LEXIKON DER GESAMTEN TECHNIK

UND IHRER HILFSWISSENSCHAFTEN

VIERTER BAND

Holzfreies Papier

LEXIKON
DER GESAMTEN TECHNIK
UND IHRER HILFSWISSENSCHAFTEN

IM VEREIN MIT FACHGENOSSEN
HERAUSGEGEBEN VON

OTTO LUEGER

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN

ZWEITE, VOLLSTÄNDIG NEU BEARBEITETE AUFLAGE

VIERTER BAND

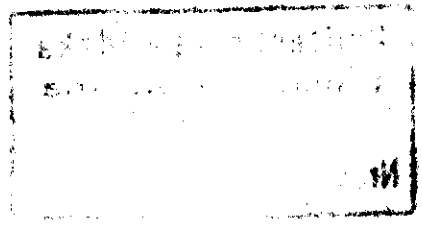
FEUERUNGSANLAGEN BIS HAUSTELEGRAPHEN

Politechnika Łódzka
Biblioteka Główna
Nr 26 [illegible] IV

Wycofane ze zbiorów
Biblioteki Głównej P.Ł.

STUTTGART UND LEIPZIG
DEUTSCHE VERLAGS-ANSTALT

Alle Rechte, besonders die der Uebersetzung, vorbehalten



Druck der Deutschen Verlags-Anstalt in Stuttgart
Papier von der Papierfabrik Salach in Salach, Württemberg

F

Feuerungsanlagen, Einrichtungen, die den Zweck haben, irgend einen Stoff zu verbrennen (ſ. Brennſtoffe), um die dadurch entſtehende Wärme zu gewinnen. Die Einrichtungen hierfür ſind verſchieden, je nachdem die erzeugte Wärme zur Heizung von Dampfkeſſeln oder zum Brennen von Tonwaren, für metallurgiſche Prozeſſe, für Abdampf-, Trocknungs-, Heizungsanlagen, für häusliche, für chemiſche, für Beleuchtungszwecke u.ſ.w. dienen ſoll. In manchen Fällen iſt der Verbrennungsprozeß ſo innig mit dem techniſchen Prozeß verſchmolzen, daß die Feuerungsanlage gar nicht ſelbſtändig als ſolche auftritt, z. B. bei Hochöfen, Schmelzöfen, Ringöfen u. ſ. w. Wir haben an dieſer Stelle mit der Einteilung keine Rückſicht auf ſolche Spezialfeuerungen zu nehmen, da dieſelben in geſonderten Artikeln behandelt werden, und unterſcheiden deshalb nach Art des zur Verbrennung kommenden Materials: Feuerungen für 1. ſtückige, 2. ſtaubförmige, 3. flüſſige und 4. gasförmige Brennſtoffe. Die erſtere Art läßt ſich wiederum einteilen nach ihren Einrichtungen in betreff der Art und Lage des Roſtes, der Zuführung und Aufſchichtung der Brennſtoffe ſowie der Entwicklung und Führung der Flamme. Aber alle die letztgenannten Unterſchiede ſind ebenfalls nicht ſcharf begrenzt; doch werden wir dieſelben an der Hand einer ſyſtematiſchen Entwicklung kennzeichnen. Auch die ſogenannten rauchfreien Feuerungen bilden keine beſtimmt abgegrenzte Klaſſe für ſich; wir werden deshalb nur der rauchfreien Verbrennung als ſolcher, unter Hineinziehung der hauptſächlichſten Feuerungsarten, einen Abſchnitt einräumen.

I. Feuerungen für ſtückige Brennſtoffe.

Die einfachſte Einrichtung einer Feuerungsanlage in Form eines einfachen Holzhaufens genügt nur für wenige Zwecke, wie etwa als ſogenanntes Kaminfeuer. Dieſes beſteht in einem Haufen Holz, das in einer Niſche der Zimmerwandung brennt, von welcher aus ein Kanal den Rauch nach oben hinaus ins Freie führt. Wohl in keinem andern Falle darf die erzeugte Wärme aus dem Feuer einfach nach allen Seiten ausſtrahlen; gewöhnlich muß ſie in einen beſonderen Raum (Ofen) behufs ihrer nutzbringenden Verwendung hineingeführt werden, und dann iſt das Feuer an ſeiner Entſtehungsſtelle ſelbſt rundherum durch unverbrennliche Wandungen einzuſchließen, in denen einige Oeffnungen vorgeſehen werden müſſen.

Die ſo entſtehende Feuerungsanlage iſt in Fig. 1—4 abgebildet. Die Wandungen *W* ſchließen einen viereckigen Raum ein, in den durch die Oeffnung *L* (Luftluke) die zur Verbrennung erforderliche Luft eintritt, weil der allſeitige Luftzutritt jetzt abgeſperrt iſt. *R* iſt ein eiſernes Gitter (Roſt, auch Herd genannt), auf dem der Brennſtoff lagert, nachdem er durch die Oeffnung *T* (Feuertür) eingeführt worden iſt. Die durch *L* eintretende Verbrennungsluft durchſtrömt den Aſchenfall *A*, zieht durch den Roſt *R* und durch den darauf locker und luftig aufgeſchichteten, glühenden Brennſtoff, wo ſich ihr Sauerſtoff mit dem Kohlenſtoff zu Kohlenſäure und mit dem Waſſerſtoff zu Waſſerdampf verbindet, welche beiden Produkte nebſt den übrigen auftretenden Gaſen (vgl. Brennſtoffe) die „Verbrennungsgaſe“ oder „Feuergaſe“ bilden, die in dem Verbrennungsraume *V* ſich miſchen, um die Verbrennung der noch unverbrannten Gaſe zu vervollſtändigen und zu ſichern, um dann in glühendem Zuſtande durch die Oeffnung *F* (Feuerluke) abzuziehen. Es iſt in allen Fällen weſentlich, daß gleich hinter der Feuerluke ſich der Raum *O* (Ofen) befinde, in welchem die Feuergaſe ihre Wärme abgeben ſollen, weil ſelbſt auf dem kürzeſten Zwiſchenwege etwas Wärme und Temperatur verloren gehen würden. Aus dem Ofen werden die Feuergaſe dann durch den Kanal *K* (auch Fuchs genannt) nach dem Schornſteine *S* (auch Eſſe oder Kamin genannt, vgl. Schornſtein) in höher liegende Luft-

ſchichten abgeleitet, wo ſie möglichſt wenig läſtig werden. Zu einer vollſtändigen Feuerungsanlage gehört alſo immer: die Feuerung ſelbſt und der Schornſtein (ſ. d.); zwiſchen beiden wird die Verwendungsſtelle, der Ofen, angeordnet.

Die Feuerluke *F* iſt über einem niedrigen Damm *D* (Feuerbrücke) angebracht, der den Brennſtoff zuſammenzuhalten hat, aber auch dafür ſorgt, daß nicht ein Teil der Feuergaſe auf der Kanalſohle entlangſchleicht und ſich der Miſchung entzieht, denn der Feuerluke fällt mit die weſentliche Aufgabe zu, für die vollſtändigſte Miſchung der Feuergaſe die letzte Gelegenheit

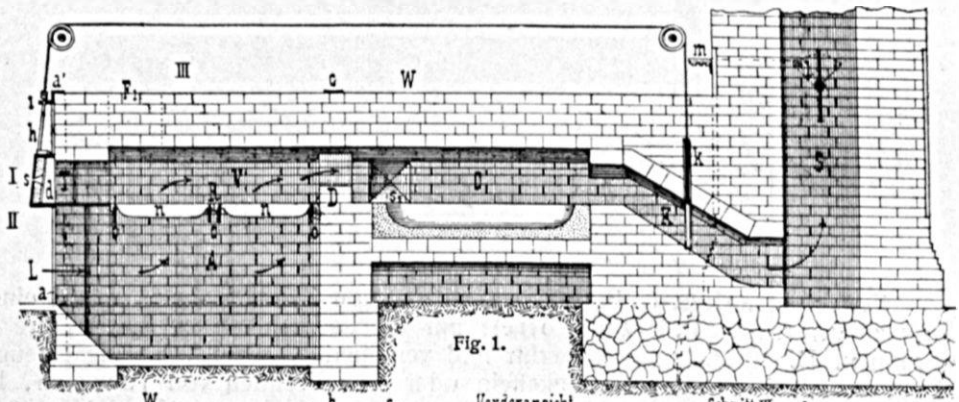


Fig. 1.

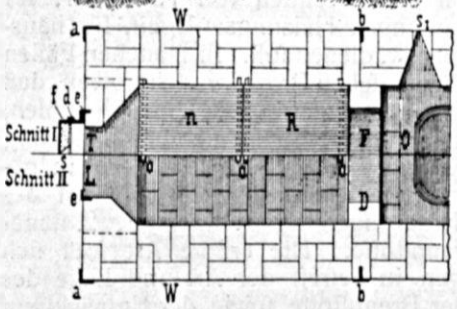


Fig. 2.

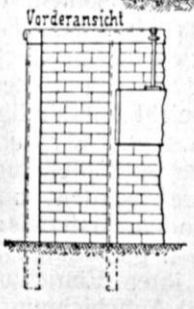


Fig. 3.

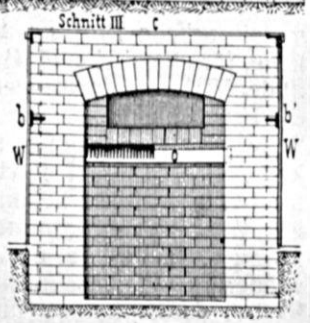


Fig. 4.

zu bieten, indem alle Gaſe durch dieſe möglichſt klein gehaltene Oeffnung hindurchziehen müſſen. Die Feuerluke kann auch in jeder andern Wand des Verbrennungsraumes angebracht ſein, z. B. in der Decke bei F_1 oder, was ſeltener vorkommt, in einer Seitenwand; denkbar iſt ſie auch in der Vorderwand. — Die ſoeben beſchriebene Feuerungseinrichtung, bei welcher der Roſt eine ebene (plane) Fläche bildet und wagerecht oder nahezu wagerecht liegt, iſt allgemein bekannt unter dem Namen **Planroſtfeuerung.** — Liegt dabei die Feuerung vor dem Ofen (Fig 1), ſo nennt man ſie auch im beſonderen Planroſtvorfeuerung. Es kann zweckmäßig ſein, ſie unter den Ofen zu legen und die Flamme durch F_1 überzuführen; dann nennt man ſie Planroſtunterfeuerung. Auch in den Ofen kann man ſie einbauen, wie man es mit Vorteil bei Dampfkeſſeln (ſ. d.) tut; dann nennt man ſie Planroſtinnenfeuerung, zwiſchen zwei Keſſelteilen angeordnet heißt ſie Planroſtzwiſchenfeuerung.

Die Wandungen der Planroſtfeuerung müſſen eine genügende Dicke haben, um die Wärme möglichſt vollſtändig zuſammenzuhalten, und aus einem Material (vgl. Schamotte unter Tonwaren) beſtehen, das in der Hitze möglichſt widerſtandsfähig iſt, d. h. nicht ſchmilzt. Die Wanddicke ſollte immer mindeſtens 40 cm betragen, wo angängig, auch 50—60 cm. Luftſchichten in den Wänden, der Iſolierung wegen, anzulegen, hat wenig Erfolg, da die Teilwände ſelbſt dann weniger dicht und kompakt werden. Die Innenfläche der Wandungen, zum Schutze dieſer, mit einem feuerfeſten Mörtel abzuputzen, iſt zweckmäßig, da dieſer gelegentlich, wenn er dennoch abſchmelzen ſollte, leicht wieder erneuert werden kann. Auch iſt ein Ueberzug der Außenflächen mit Aſphalt der Dichtheit wegen empfehlenswert. Bei Dampfkeſſeln eignen ſich die ſtets durch Waſſer gekühlten Keſſelwandungen ſelbſt hervorragend gut gleichzeitig als Feuerungswände, weshalb dort die Innenfeuerungen gern angewendet werden.

Verankerungen. Durch die Hitze entſtehen in den Feuerungswänden ſehr leicht Riſſe und Sprünge, die ſchädlich wirkende Luft einlaſſen und die Anlage bald baufällig machen. Das einzige Mittel hiergegen iſt eine von vornherein gut angelegte Verankerung. Man umkleidet deshalb mitunter die ſämtlichen Wände mit gußeiſernen Platten, die unter ſich feſt verbunden werden. Das Verfahren iſt koſtſpielig, die Platten brechen oft genug ſelbſt und verhindern eine Ueberwachung der eigentlichen Wandungen auf ihren Zuſtand. Ausreichend und zweckmäßig iſt eine Einfaſſung aller Mauerkanten durch gewalztes Winkeleiſen *a* (Fig. 2).

Das Vermauern von heiß werdenden Eiſenteilen vermeidet man ſo viel wie nur irgend möglich, da ſonſt durch deren größere Ausdehnung das Mauerwerk immer zerſtört wird; vorkommende Einſteigeöffnungen verſchließt man deshalb nicht durch eiſerne Einſätze,

ſondern durch Zuſetzen mit Mauerſteinen. Bei der Feuertür iſt allerdings Eiſen nicht zu vermeiden, das man aber der ſtrahlenden Hitze möglichſt entzieht. — Eine gußeiſerne Zarge *d* wird außen gegen die gemauerte Wandung gelegt und durch zwei Anker *e* feſtgehalten. Die Tür ſelbſt beſteht aus einem gußeiſernen Rahmen *f* mit einer Schamottefüllung; ſie führt ſich beim Auf- und Abſchieben in der Zarge ſowie mit dem Stabe *h* in der Oeſe *i*. Die Tür hängt an einem Seil (Kette), das am hinteren Ende mit dem Fuchsſchieber *k* verbunden iſt, ſo, daß beide Schieber miteinander ausbalanciert ſind, ſich leicht bewegen und beim Oeffnen der Kohlentür der Fuchsſchieber „ſelbſttätig" nahezu geſchloſſen wird, um den Durchzug ſchädlicher Mengen kalter Luft zu verhüten und um ebenſo ſelbſttätig durch Schließen der Tür wieder geöffnet zu werden. Durch Verkürzungen und Verlängerungen am Verbindungsſeile läßt ſich der Schieberabſchluß weniger oder mehr vollſtändig bewirken. Wo man einen ſelbſttätigen Verſchluß durch *k* nicht braucht oder wo man außer ihm, wie bei Dampfkeſſeln, die Zugſtärke viel zu regulieren hat, bringt man einen beſonderen Verſchluß, am beſten eine Drehklappe, und zwar im Schornſtein an, wie bei *l* Fig. 1. Von dem Drehhebel *l* aus kann eine Zugſtange *m* bis nach dem Heizerſtande hin geführt werden.

Der Roſt könnte aus einer einfachen durchlochten Platte beſtehen, wie er auch hin und wieder ausgeführt wird, und zwar mit Löchern, die ſich nach unten erweitern. Durch das nicht immer zu vermeidende Erhitzen derſelben zerſpringen dieſe Platten aber, ziehen ſich krumm und klaffen an den Auflagen. Deshalb wird der Roſt gewöhnlich aus einer oder mehreren Reihen gußeiſerner Stäbe *n* (Fig. 1 und 2), „Roſtſtäbe" genannt, gebildet, die auf mehrere eiſerne Balken *o* gelegt werden.

Fig. 5 zeigt den Querſchnitt eines ſolchen Stabes, der ſich nach unten verjüngt, damit der Spalt ſich erweitert und weder Schlacke noch Kohle ſich feſtklemmen können. Infolge einer Knagge *p* an jedem Kopfende bleibt zwiſchen zwei aneinander gelegten Stäben ein Zwiſchenraum, „Roſtſpalte" genannt. Fig. 5a zeigt den Querſchnitt ſchmiedeeiſerner Stäbe, welche gewöhnlich gruppenweiſe zuſammengenietet ſind. Dieſe können leichter gehalten werden. Die Summe der Oeffnungen aller Spalten nennt man die „freie Roſtfläche", gegenüber der „totalen Roſtfläche", d. i. der Geſamtfläche des Roſtes. Die Roſtſtäbe würden bald glühend werden und verzundern, wenn die hindurchſtreichende kalte Luft ſie nicht fortgeſetzt wieder abkühlte; je größer die Zugſtärke, deſto beſſer die Kühlung. Bei geringer Zugſtärke werden ſie leicht ſehr heiß, ziehen ſich krumm und zundern ab; deshalb macht man ſie möglichſt hoch, damit die Wärme von oben beſſer nach unten geleitet und mehr Berührungsfläche mit der Kühlluft geboten wird. Damit bei Erwärmung die Stäbe ſich frei dehnen können, läßt man an ihren Enden einen Spalt frei, und gegen unwillkürliches Verſchieben werden ſie durch hakenartiges Uebergreifen der Roſtbalken geſichert. Schwere kräftige Roſtſtäbe ſind dauerhafter als leichte, ſchmale Stäbe, weshalb man ſie nicht unter 10 mm dick machen ſollte. Noch beſſer iſt eine obere Dicke von 20—25 mm, wobei ſie jedoch Querſchlitze erhalten müſſen, damit die freie Roſtfläche nicht zu klein wird; dieſe Schlitze verhüten auch ſehr das Krummwerden, wenn die Stäbe oben entlang einmal weſentlich heißer werden ſollten als unten. — Auch dieſe Querſpalten müſſen ſich nach unten erweitern, und ſolche Roſte erhalten dann die Form der Fig. 6, bekannt unter dem Namen „Sparroſt". Sind bezüglich Widerſtandsfähigkeit gegen Hitze große Anforderungen an die Roſtſtäbe zu ſtellen, wie es zeitweiſe vorkommt, ſo werden ſie mit der oberen Fläche in weißem Gußeiſen hart, abgeſchreckt, gegoſſen, während der Schaft möglichſt weich und grau bleibt, um das Springen zu verhüten. Da ſolche Stäbe ſich nicht mit Querſchlitzen gießen laſſen, nähert man ſich letzteren durch Wellenform an, wie in Fig. 7, „Schlangenroſt" genannt. Die Querſchlitze führt man — mit wenig Berechtigung — in den verſchiedenſten Formen aus und ſetzt damit die mannigfachſten Muſter zuſammen, wie z. B. den Polygonroſt (Fig. 8). — Mehr Berechtigung haben die Roſteinrichtungen, die für beſondere Fälle den Zweck künſtlicher Kühlung verfolgen. Steht in dem Aſchenfalle unten beſtändig etwas Waſſer, ſo wirkt es durch Strahlung kühlend auf den Roſt; ferner bildet ſich durch die herabfallenden glühenden Schlacke- und Koksſtücke etwas Dampf, der auch entſprechend kühlend wirkt. Mehr kommt dieſe Kühlung zur Geltung, wenn möglichſt nahe unter den Roſt ein Waſſerkaſten geſchoben wird. Noch wirkſamere Kühlung erzielt man durch Einleiten von verbrauchtem Dampfe in den Aſchenfall, und noch beſſere durch Waſſerſtaub, der an die Roſtſtäbe von unten her geblaſen wird. Ferner hat man die Roſtſtäbe ſelbſt hohl gegoſſen und Luft durchgezogen (Caddy, Fig. 9), was wenig wirkſam iſt, oder man leitet Waſſer hindurch, was wieder Waſſer und Wärme koſtet. Auch hat man die ganze Roſtfläche als niedrigen Kaſten *K* ausgeführt (Fig. 10), durch welchen aus *B* (Kühlbottich) beſtändig Waſſer hindurchgeleitet wird, während die Luft durch beſondere Düſen von genügend großer Anzahl hindurchtritt (Walther & Cie., Kalk-Köln).

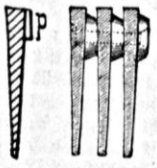


Fig. 5. Fig. 5a.

Fig. 6.

Fig. 7.

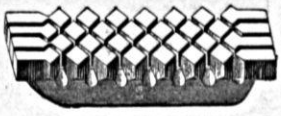


Fig. 8.

Schauöffnungen. Es iſt wichtig, beim Betriebe der Feuerungen die Kohlenſchicht und die Flamme während ihrer ganzen Entwicklung beobachten und beurteilen zu können. Zu

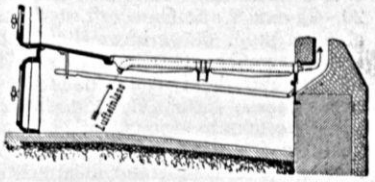


Fig. 9.

dem Zwecke müſſen Schauöffnungen *s* (ſ. Fig. 1 und 2) angebracht werden, die außen nicht größer ſind als das Auge, ſich nach innen aber ſtark erweitern, um ein großes Geſichtsfeld zu eröffnen. Will man das Einſtrömen kalter Luft durch dieſe engen Oeffnungen vermeiden, ſo ſtöpſelt man ſie mittels eines Steinpfropfens zu. — Der Verbrennungsherd ſelbſt iſt durch eine Oeffnung *s* in der Feuertür, die ſonſtige Flammenentwicklung teilweiſe durch eine ſeitliche Oeffnung s_1 (Fig. 2) zu überſehen; am beſten wird letztere hinter dem Ofen, gerade in der Richtung der Flamme angebracht, was bei der gezeichneten Anordnung allerdings nicht möglich iſt, da der Schornſtein ſich unmittelbar anſchließt; es wird aber gewöhnlich zwiſchen Ofen und Schornſtein ein zugänglicher großer Raum gelaſſen. Im übrigen kann man auch mit Spiegel- und Linſeninſtrumenten die Sichtbarkeit von faſt jeder beliebigen Stelle aus erreichen.

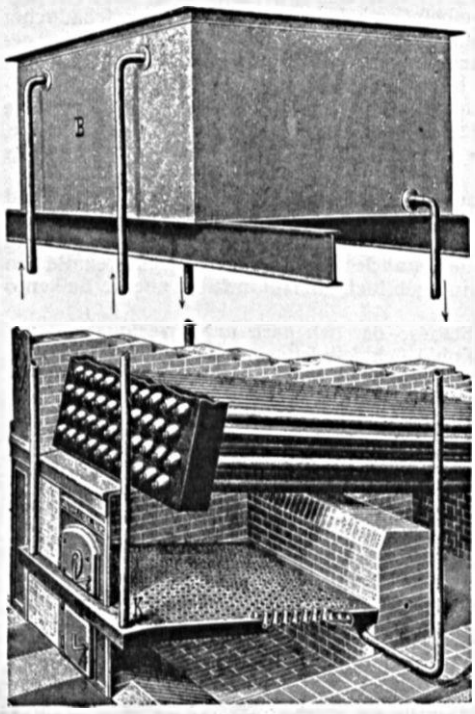


Fig. 10.

Größe und Leiſtung des Roſtes. Die Leiſtung einer Feuerung der Menge nach iſt abhängig von der Größe der Roſtfläche, der Stärke des Zuges und der Art des Brennſtoffes. Unter gewöhnlicher, guter Zugſtärke verbrennen ſtündlich auf der Roſtflächeneinheit von rund 1 qm 80 kg Koks, 100 kg ſchwere Steinkohle, bis 140 kg leicht brennbare Steinkohle (oberſchleſiſche), 180 kg böhmiſche Braunkohle, 300 kg erdige Braunkohle. Im großen Durchſchnitt kann man alſo mit jeder Kohle auf 1 qm Roſtfläche ſtündlich 750000 Wärmeeinheiten entwickeln. Die Länge eines Roſtes ſoll der Bedienung wegen 2 m nicht überſchreiten; die von einer Feuertür aus zu beherrſchende Breite iſt 1 m. Die Roſthöhe über Fußboden iſt am bequemſten 0,7 m, nicht unter 0,6 und nicht über 0,8 m. Die Höhe des Verbrennungsraumes über dem Roſt wählt man bei kleinſtückiger Kohle 0,4 m, bei großſtückiger Kohle 0,5 m. Die Feuertür macht man 0,4 m breit, 0,3 m hoch. Die Roſtſtablänge bewährt ſich am beſten mit 0,5—0,8 m, die Höhe mit 90—110 mm. Die Roſtſpalten dürfen bei ganz feinſtückigen Kohlen nicht weiter ſein als 3 mm; aber auch für größtſtückige empfiehlt ſich nicht mehr als 5 mm. Nur bei ſtark ſchlackenden und backenden Kohlen iſt bis 8 mm Spaltweite zuläſſig. Die Feuerbrücke wird 120—150 mm hoch, und die Feuerluke bei kleineren Schornſteinen $^1/_6$, bei größeren Schornſteinen bis ca. $^1/_{10}$ der totalen Roſtfläche gemacht; ſie wird möglichſt quadratiſch oder kreisrund geſtaltet.

Zugſtärke. Je mehr Luft in derſelben Zeit durch die Feuerung zieht (ſ. Schornſtein), um ſo größer iſt die „Zugſtärke“. Um dieſe zu meſſen, müßte die ſtündliche Luftmenge nach Kubikmetern beſtimmt werden, ein unmöglich durchführbares Verfahren. Auch die Methode, die Geſchwindigkeit und den Einſtrömungsquerſchnitt zu meſſen, gibt unſichere Reſultate. Sehr einfach iſt die Methode, den Druckunterſchied außerhalb und innerhalb der Feuerung zu meſſen, da hiervon die Zugſtärke ebenfalls abhängt. Das bewährteſte Inſtrument hierzu iſt ein U-Rohr aus Glas mit teilweiſer Waſſerfüllung. Der eine Schenkel wird mit dem Innern der Feuerung durch Schlauch oder Rohr in Verbindung gebracht, während auf den andern Schenkel die äußere Luft drückt. Infolgedeſſen ſtellt ſich der Waſſerſpiegel im erſten Schenkel um ſo höher über den andern, je größer der Druckunterſchied iſt, und man mißt den Abſtand beider nach Millimetern. Man ſagt deshalb, daß die Zugſtärke beiſpielsweiſe 20 mm Waſſerſäule entſpreche. Um eine zweckmäßige Zugſtärke hervorzubringen, ſind bei Dampfkeſſelanlagen im Schornſtein etwa 20—25 mm Waſſerſäule erforderlich, die nach dem Verbrennungsraum hin bis auf etwa 10 mm abfallen muß. Je geringer dieſer Abfall, um ſo ſchwächer iſt die Zugſtärke. Der mittels Waſſerſäule gemeſſene Druckunterſchied iſt nicht die Zugſtärke, alſo nicht die Luftbewegung ſelbſt, ſondern nur die Urſache dazu; er iſt daher am richtigſten als „Zugkraft der Schornſteine“ zu bezeichnen. — Der „Zugwiderſtand“ kann mit einer Verengung des wirklich vorhandenen Zugkanalquerſchnitts äquivalent gedacht werden [16]. Die Zugſtärke ſoll für die Verbrennung nicht zu klein ſein, um eine lebhafte und heiße Verbrennung zu erzielen. In wenig Fällen nur iſt eine niedere Temperatur beabſichtigt und zweckmäßig. Wenige Kohlenſorten verbrennen bei mäßigem Zuge genügend vorteilhaft. Jedes auf dem Roſte liegende glühende Kohlenſtück wird durch die umſpülende Luft nur auf der Oberfläche oxydiert, verbrannt; je mehr Luft bei größerer Zugſtärke daran vorbeiſpült, um ſo mehr verbrennt Kohle in der Zeiteinheit, auch werden die entſtandenen Feuergaſe ſchärfer fortgeſpült und der nachſtrömenden friſchen Luft ſchneller Platz gemacht. Daher die lebhaftere Verbrennung bei größerer Zugſtärke. Man kann in Wirklichkeit auf 1 qm Roſtfläche ſtündlich, je nach der am Fuchsſchieber oder der Eſſenklappe eingeſtellten Zugſtärke, 50—150 kg Steinkohle verbrennen; in erſterem Falle ſpricht man von geringer, in letzterem Falle von ſtarker Anſtrengung (Forcierung) des Roſtes. — Verſchiedene Eigenſchaften der Kohlenarten bei der Verbrennung ſind von außerordentlich großem Einfluß auf die Lebhaftigkeit und den Effekt der Verbrennung. Die meiſten Kohlenſorten enthalten Harze, Teer,

Bitumen, allgemein „Kohlenwaſſerſtoffe“ genannt. In der Hitze der Feuerung vergaſen dieſe, treten aus dem Innern des Stückes heraus, zerklüften es, entzünden an der Oberfläche, erhitzen es ſchneller und tragen die Glut raſch bis in das Innere hinein. Je bituminöſer die Kohle, um ſo leichter entzündet ſie ſich und um ſo ſchneller verbrennt ſie. Deshalb entzündet ſich waſſerſtoffarme Kohle, Anthracit, ſchwerer, Graphit noch viel ſchwerer, Diamant unter gewöhnlichen Verhältniſſen überhaupt nicht. In den Braunkohlen iſt der Kohlenſtoff durch Waſſergehalt ſtark aufgelockert; ſie entzünden ſich daher im allgemeinen leicht, haben ſie aber wenig Bitumengehalt, ſo entzünden und verbrennen ſie trotzdem ſo langſam, daß ſie manchmal für ſich allein kaum zu gebrauchen ſind und mit Steinkohle gemiſcht werden müſſen. — Die Stückigkeit der Kohle hat einen ſehr großen Einfluß, indem die Kohlenſchicht um ſo dichter liegt und die Luft um ſo ſchwerer hindurchläßt, je kleinſtückiger und feiner die Kohle iſt. Kopfgroße Stücke liegen zu hohl und verbrennen ungünſtig; die Luft ſtreicht durch die weiten Zwiſchenräume, ohne mit der Kohle gehörig in Berührung zu kommen. In fauſt- bis herab zu nußgroßen Stücken eignet ſich die Kohle am beſten. In der Größe von Bohnen und Linſen bietet ſie der durchziehenden Luft ſchon Schwierigkeiten, in der Größe von Gries und feinem Sand geht die Luft nur noch bei künſtlicher Preſſung hindurch. Die Kudlicz-Feuerung [1] hat ſeit Anfang der neunziger Jahre dieſes Prinzip häufig verwirklicht, indem durch etwa vier Dampfdüſen mit je 4 mm dickem Dampfſtrahl Luft in den durch eiſerne Wandungen vollſtändig abgedichteten Aſchenfall (Windkaſten) gepreßt wird. Dieſer Raum iſt durch eine gußeiſerne Platte mit düſenförmigen Löchern abgedeckt, auf der das klare, minderwertige Brennmaterial liegt, durch das die Preßluft hindurchbläſt und deſſen Verbrennung erzwingt. Dieſe Feuerung hat den Nachteil, daß ſie eine nicht unbedeutende Menge Dampf verbraucht (auf 100 kg Kohle etwa 72 kg Dampf), daß dieſer Dampf auch noch kühlend auf das Feuer wirkt und heißer abzieht, als er eingeblaſen wird. — Unterwindgebläſe ſind ſchon früher angewendet und wieder verlaſſen worden. Auch bei Schiffskeſſeln wurden ſie verſucht [2].

Betrieb der Feuerungen. Liegt auf einem Roſte eine Anzahl glühender Kohlenſtücke in normaler Höhe aufgeſchichtet, ſo werden ſie alle von der hindurchſtreichenden Luft umſpült, während der Sauerſtoff der letzteren vollſtändig in Kohlenſäure und Waſſerdampf umgewandelt wird. Die Kohlenſtücke zeigen alle, auch die ganz oben liegenden, eine hochweiße Glut. Ebenſo iſt die Flamme weiß und intenſiv leuchtend, aber undurchſichtig; ſie bildet einen vollen, unzerriſſenen, glühenden Gasſtrom, der ſich wogend und wallend durch die Feuerung und den Ofen wälzt, 5—10 m weit hin mit abnehmender Helligkeit ſichtbar, das Kennzeichen einer guten, effektvollen Flamme. Nach einigen Minuten indeſſen ſind die einzelnen Kohlenſtücke auf dem Roſte kleiner, die Zwiſchenräume größer, die Schicht im ganzen niedriger geworden. Die durchziehende Luft findet nicht mehr Berührungsgelegenheit genug, um ihren Sauerſtoff vollſtändig abgeben zu können; durch die dünnere Schicht zieht außerdem mehr Luft ein und ſie kann nur teilweiſe — kaum die Hälfte oder ein Drittel — verbrennen. Die Flamme iſt nicht mehr voll, ſondern zerriſſen, aus einzelnen flackernden Strahlen beſtehend, das Zeichen eines ſchädlichen Luftüberſchuſſes innerhalb derſelben. Die Kohlenwaſſerſtoffe ſind aus den Kohlen auch alle ausgetrieben, deren glühende Kohlenſtoffpartikelchen bei der Verbrennung die Flamme undurchſichtig machten; letztere wird daher immer dünner, durchſichtiger und ſchwächer leuchtend. Es befindet ſich nur noch feſter Kohlenſtoff, Koks, in der Verbrennung; da und dort züngelt wohl auch ein blaues Flämmchen empor, ein Zeichen für eine Stelle reichlich hoher Kohlenſchicht, an der ſich Kohlenoxydgas bildet, das in dem in der Umgebung ſich vorfindenden Luftüberſchuſſe noch zu Kohlenſäure verbrennt. Dann iſt es hohe Zeit, friſchen Brennſtoff aufzuwerfen; es hätte ſchon früher geſchehen ſollen. Mit der Schaufel ſoll dieſer von dem Heizer ſchnell und gleichmäßig über die Schicht hinweg geſtreut werden, die dünneren Stellen voller, die dickeren Stellen weniger voll, ſo daß zuletzt eine recht gleichmäßig hohe Schicht entſteht, die aber nicht die vorhergehende Glut vollſtändig begraben darf, ſondern ſie nur an verſchiedenen Stellen, im ganzen etwa zur Hälfte, überdeckt. Die Glut ſoll noch an verſchiedenen Stellen ſichtbar bleiben, ungeſtört hindurchbrennen und den jetzt in großer Menge aus den friſchen Kohlen aufſteigenden Gaſen und Rauchen zur Entzündung verhelfen. Aber dieſe ſteigen ſo raſch und maſſig auf, daß der ſchon in der Kohlenſchicht großenteils verbrauchte Sauerſtoff der eingetretenen Luft zu ihrer Verbrennung nicht mehr hinreicht; die rauchigen Gaſe können trotz genügender Temperatur nicht zur Verbrennung kommen, ſie werden dunkelrot, zuletzt ſchwarz und vollkommen undurchſichtig; dem Schornſteine entſteigen dicke Rauchwolken, und das Feuer leidet, entgegen dem Zuſtande kurz vorher, an Luftmangel, unverbrannte Gaſe ziehen ab und erzeugen Verluſte. Dieſe entſtehen alſo einmal durch Luftmangel, das andre Mal durch Luftüberſchuß; ein recht unvollkommener Zuſtand, der aber oft noch verſchlimmert wird durch Anwendung übermäßiger Zugſtärke, zu weit gehende Abkühlung vor der folgenden Beſchickung und vollſtändiges Begraben des kleinen Glutreſtes unter der friſchen Kohle, wodurch vollends jede Temperatur zur Entzündung beſeitigt wird, zumal da während der Zeit des Aufwerfens friſchen Brennſtoffes die Feuertür weit geöffnet war. Die Beſchickung ſoll möglichſt oft (5—6 minutlich) mit jedesmal wenig Kohle (zwei Schaufeln auf ca. 1 qm Roſtfläche) erfolgen.

Schwierigkeiten und Störungen im Betriebe der Feuerungen. Außer den ſoeben genannten Urſachen mangelhafter Verbrennungsvorgänge gibt es noch eine ganze Reihe andrer Einflüſſe, die auf eine gute Verbrennung erſchwerend und ſtörend einwirken. Sie ſind vielſeitiger Natur, weil die ſtückigen Brennſtoffe außerordentlich verſchiedenartige Eigenſchaften beim Verbrennen aufweiſen, denn die Mengen und Arten der Kohlenbeſtandteile und die gegenſeitigen Verbindungsverhältniſſe wechſeln ſehr ſtark. Es kommen z. B. in Betracht die Mengen und die Zuſammenſetzungen des Bitumens, der ſehr ſchwankende Gehalt an Waſſer ſowie die Menge und die Art der unverbrennlichen gasförmigen Stoffe und feſten Rückſtände (Schlacke).

Vor- und Nachteile der Planroſtfeuerungen. Vorteile: 1. Die gewöhnliche, vorſtehend geſchilderte Planroſtfeuerung iſt die einfachſte aller exiſtierenden und denkbaren Feuerungseinrichtungen, und dieſer Umſtand bürgt jedenfalls dafür, daß ſie durch andre Einrichtungen nie ganz verdrängt werden wird; 2. ſie leiſtet der Menge nach mindeſtens dasſelbe und jedenfalls mehr als die meiſten andern Roſtfeuerungen; 3. unter ſonſt nicht ungünſtigen Umſtänden und bei ſachgemäßer Behandlung läßt ſich mit ihr eine hohe Ausnutzung, alſo eine hohe Leiſtung der Güte nach, erzielen; 4. ſie iſt anwendbar für faſt alle Kohlenſorten und techniſchen Zwecke. — Nachteile: 1. Die Beſchickung mit friſchem Brennſtoff findet nicht regelmäßig, ſondern nur zeitweiſe ſtatt, wodurch ſtarke Schwankungen in der Wärmeerzeugung und Temperatur, Verluſte an brennbaren Gaſen und bereits erzeugter Wärme, Entwicklungen von Rauch, Ruß u. ſ. w. entſtehen; 2. die Arbeit des Beſchickens und Abſchlackens muß bei geöffneter Feuertür ausgeführt werden, wodurch Unterbrechung der Verbrennung und Verluſt an Wärme entſtehen; 3. die Arbeit des Beſchickens und Abſchlackens iſt ſchwierig, für die Heizer anſtrengend und für den Beſitzer mit fortwährenden Koſten verknüpft; 4. die Verbrennung bedarf einer beſtändigen Beobachtung und ſachgemäßen Behandlung, ihr wirtſchaftlicher Erfolg iſt von dem Fleiß, der Aufmerkſamkeit, den Fähigkeiten und dem guten Willen des Heizerperſonals abhängig; 5. die Verbrennung kleiner, grieſiger Kohle bietet auf dem Planroſte Schwierigkeiten, indem ſolche Kohle dicht und feſt liegt, die Luft nicht hindurchläßt und mindeſtens eines verſtärkten Zuges bedarf; 6. von ſolcher Grieskohle fällt zuviel durch die Roſtſpalten hindurch; 7. es läßt ſich vorerhitzte Verbrennungsluft nicht anwenden, weil durch dieſe die Roſte zerſtört würden.

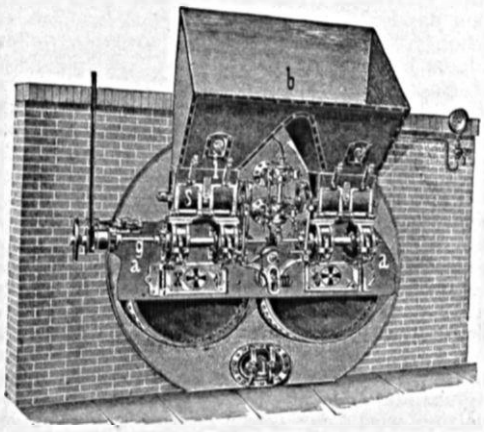


Fig. 11.

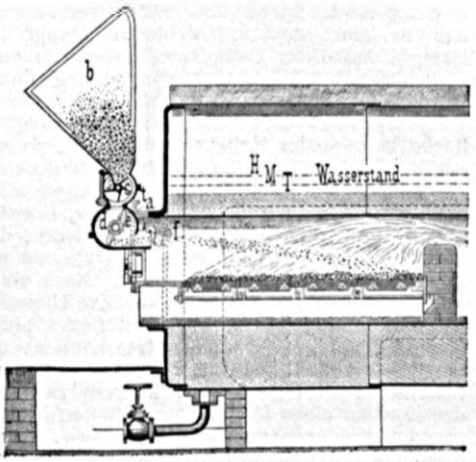


Fig. 12.

Abänderungen der Planroſtfeuerung ſind hauptſächlich auf Beſeitigung des unter 1. genannten Nachteils gerichtet, wodurch mehr oder weniger auch gleichzeitig die übrigen Nachteile mit fortfallen oder gemildert werden ſollen. Das Ideal der Roſtbeſchickung würde in einem Verfahren beſtehen, bei dem jedes Kohlenſtück einzeln, regelmäßig, eins nach dem andern auf den Roſt und zwar auf die Stelle geworfen wird, wo die Schicht am dünnſten liegt, ohne daß eine Feuertür geöffnet würde. Dieſes Ideal iſt noch nicht verwirklicht worden; jedoch hat man ſich demſelben anzunähern geſucht und zwar durch mechaniſch wirkende Wurf- oder Schleudervorrichtungen.

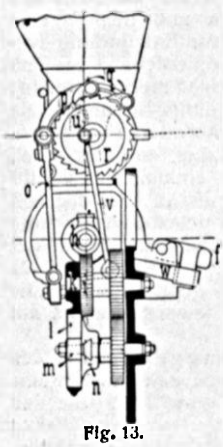


Fig. 13.

Solche Einrichtungen ſind zuerſt in England beſonders für Dampfkeſſel ausgeführt von Inkes, Dumery, Arnott, Henderſon u. ſ. w.; dieſelben ſind alle veraltet. In neuerer Zeit werden noch hier und dort angewendet die von Proctor, gebaut von Münckner & Co. in Bautzen i. S. [3]. Ferner wird von L. Vojácek eine ſolche Einrichtung, „Whittakers Patent Stokers", geliefert. Der automatiſche Roſtbeſchickungsapparat von Axer iſt mit einer ſelbſttätigen Zerkleinerung der Kohlenſtücke kombiniert, eine für viele Kohlen nützliche Einrichtung, ausgeführt durch H. Pauckſch, A.-G., Landsberg a. W. Der Apparat von Leach, der von der Sächſiſchen Maſchinenfabrik in Chemnitz in Deutſchland eingeführt worden iſt, ſoll als Beiſpiel dieſer Klaſſe hier beſchrieben werden. In Fig. 11—13 iſt derſelbe abgebildet in der Anordnung für einen Zweiflammrohrkeſſel. Der ganze Apparat iſt an der Grundplatte *a* montiert (Fig. 11 und 12). Der Trichter *b* dient zur Aufnahme der Kohle und führt die letztere der Speiſewalze *c* zu, die fünf Abteilungen beſitzt. Infolge der Rotation dieſer Walze fällt die Kohle regelmäßig in das Wurfradgehäuſe *d* und wird durch die Wurfräder *e* auf den Roſt geſchleudert. Dabei fliegen die Kohlenſtücke teilweiſe gegen die Prellklappe *f*, die infolge ihrer ſtetig veränderten Stellung eine gleichmäßige Verteilung auf der Roſtfläche bewirkt. Die Welle *g* wird durch einen etwa 40 mm breiten Riemen angetrieben und macht 300—400 minutliche Umdrehungen, wodurch der ganze Mechanismus in Bewegung geſetzt wird. Von der Schnecke *h* aus wird die Bewegung nach der Speiſewalze *c* abgeleitet durch den in Fig. 13

abgebildeten Mechanismus, mittels deſſen die Bewegung der Walzen in ſo weiten Grenzen verändert werden kann, daß die eingeführte Kohlenmenge im Verhältnis 1 : 10 veränderlich iſt. Die Prellklappe *f* wird durch einen Exzenter *u* mit Stange *v* und Hebel *w* in ſchwingende Bewegung verſetzt. Um zu verhindern, daß die oft harten Kohlenſtücke beim Abſtreichen einer Abteilungsfüllung der Walzen *c* zerquetſcht werden müſſen, iſt die Vorderwand *s* (Fig. 11) der Walzengehäuſe *t* federnd eingerichtet und zwar ſo, daß dieſelbe bei gewöhnlicher Stückgröße einfach nachgibt; wenn aber etwa ein größeres Stück Kohle, ein Stein, ein Stück Eiſen u. dergl. im Brennſtoff enthalten iſt, ſo klappt die Vorderwand auf und läßt das Hindernis herausfallen. Die Feuertüren *x* dienen zum Abſchlacken und Schüren ſowie zum Beſchicken von Hand bei vorkommendem Stillſtand der Transmiſſion.

Alle dieſe Einrichtungen bilden aber noch keine vollkommenen Beſchickungsvorrichtungen und die Selbſttätigkeit findet nur innerhalb enger Grenzen ſtatt, denn die Mitwirkung eines Heizers kann nicht entbehrt werden, da nicht nur die Verbrennung zu überwachen und die mechaniſche Beſchickung zu regulieren iſt, ſondern auch dünnere und dickere Schichtſtellen auf dem Roſt ausgeglichen, backende Kohlen aufgebrochen und aufgelockert werden müſſen; auch bleiben alle Uebelſtände des Abſchlackens in vollem Umfange beſtehen. Ein ſehr fühlbarer Mangel beſteht ferner darin, daß die Einrichtung nicht für jede Stückigkeit der Kohle geeignet iſt, da durch weſentliche Verſchiedenheit in der Stückgröße die Mechanismen in Unordnung kommen. Die Kohlen dürfen auch nicht naß ſein. Endlich iſt die Einrichtung nicht von der Einfachheit, wie ſie für Feuerungen erwünſcht iſt; der gute Gang des Apparates wird durch die ſtrahlende Hitze des Feuers ungünſtig beeinflußt.

Aus dieſen Gründen iſt auf eine allgemeine Einführung dieſer Feuerungsart nicht zu rechnen.

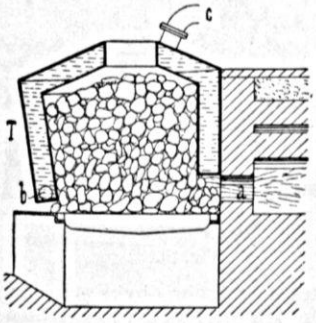


Fig. 14.

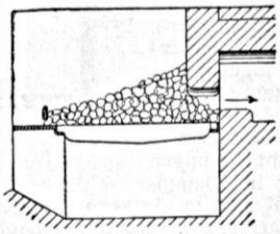


Fig. 15.

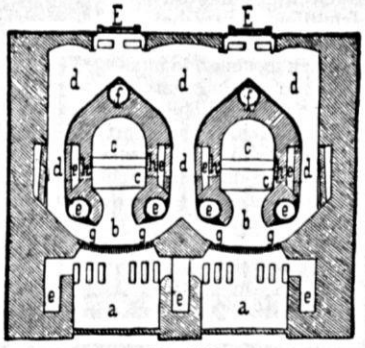


Fig. 16.

Auch andre Methoden der Planroſtbeſchickung ſind verſucht worden. In neuerer Zeit iſt ſpeziell von der Aktiengeſellſchaft Deutſche Babcock- & Wilcox-Dampfkeſſelwerke in Oberhauſen die mechaniſche Kettenroſtfeuerung aufgenommen worden, nachdem Verſuche von andrer Seite vor ca. 40 Jahren geſcheitert waren [4]. Das Prinzip der wandernden Kohlenſchicht hat ſich in Deutſchland nach Art der „Mechanical Stoker“ von McDougall noch in einigen Ausführungen erhalten, z. B. von der Sparfeuerungsgeſellſchaft, A.-G. in Düſſeldorf [4].

Die Unvollkommenheiten der mechaniſchen Beſchickungsvorrichtungen ſind Grund genug, um andre Mittel anzuſtreben, mit Hilfe welcher die Kohle regelmäßig auf den Roſt befördert wird. Es läßt ſich z. B. denken, daß man auf den Roſt einen beliebig hohen Haufen Kohlen ſchüttet (Fig. 14), wie Müller in Hamburg eine Feuerung eingerichtet hatte, wobei die Flamme nicht nach oben durch die Kohlenſchicht hindurch, ſondern unter ihr parallel mit dem Roſte über dieſen hinwegzieht und bei *a* austritt. Der dazu erforderliche Trichter *T* muß feuerfeſt ſein, weshalb Müller denſelben aus Eiſen doppelwandig machte und die Zwiſchenräume mit Waſſer füllte, ihn bei Dampfkeſſeln mit dieſen ſo zuſammenbaute, daß Keſſelwaſſer bei *b* ein-, bei *c* mit dem entſtandenen Dampfe austrat. Sehr viel einfacher iſt die Einrichtung von Wilmsmann (Fig. 15), die ſogenannte Wehrfeuerung, auf demſelben Prinzip beruhend. Dieſe benötigt überhaupt weder Trichter noch Feuertür. Leider iſt eine ſolche Flammenführung nur möglich bei ganz dazu geeigneten Kohlen, die großſtückig ſind, nicht backen, nicht ſchlacken u. ſ. w., und da ſolche Kohlen zu ſelten vorkommen, ſo iſt dieſen Feuerungseinrichtungen nur wenig Bedeutung beizumeſſen. Hierher gehört auch die Feuerung von Fränkel & Co. in Leipzig-Lindenau (Fig. 16), bei welcher der Roſt *g g* nicht ganz plan-, ſondern etwas muldenförmig angeordnet iſt. Die Kohle wird durch *E* eingefüllt und liegt vorrätig in dem Raume *d d*, aus dem ſie, dem Abbrande entſprechend, auf den Roſt rieſelt. Von dieſem zieht die Flamme durch die Räume *c c* ab. Dieſe Einrichtung iſt für Meuſelwitzer Braunkohlen in der Leipziger Gegend vielfach eingeführt. Selbſtverſtändlich eignet ſie ſich nur für Braunkohlen.

Ein andres Mittel zur Ausbreitung des Brennſtoffes über den Roſt bildet das Eigengewicht der Kohlen, indem der Planroſt ſchräg gerichtet wird, damit die friſchen Kohlen fortwährend aus einem an der höchſten Stelle angebrachten Fülltrichter ſelbſttätig nachfallen, in dem Maße, in welchem ſie unten wegbrennen; ſie werden **Schrägroſtfeuerungen**, auch **Schüttroſtfeuerungen** genannt. Es ſind ſolche in Fig. 17 und 18 nach Otto Thoſt in Zwickau dargeſtellt. Die Neigung des Roſtes iſt für jedes Brennmaterial durch Probieren auszuwählen; mindeſtens muß der Winkel dem Böſchungswinkel des Brennſtoffes entſprechen; je mehr aber die Kohle backt und ſchlackt, um ſo ſteiler muß der Winkel ſein. Der Roſt ſelbſt kann im übrigen ebenſo geformt und geſtaltet ſein wie der wagerechte Planroſt. Unten jedoch ſchließt er nicht unmittelbar an die Wandung der Feuerung an, denn es bleibt ein Zwiſchenraum, der

Biblioteka Główna P. ł.

durch einen Planroſt (Fig. 17) oder durch einen Haufen Aſche (Fig. 18) abgeſchloſſen wird. Die Aſche wird teilweiſe abgezogen, ſobald ſie ſich zu hoch in den Feuerraum hinein anhäuft. Dabei entſteht der Vorteil, daß während des Abſchlackens weder die Verbrennung unterbrochen noch kalte Luft eingelaſſen wird; auch iſt die Arbeit weniger mühſam. Ein prinzipieller Nachteil liegt in dem Umſtande, daß die glühende Kohle allmählich nach unten zuſammengeſchoben wird und die friſche von oben her auf dem Roſte nachſchurrt. Letztere findet aber durch die von ihr abgewendete Flamme nur wenig Gelegenheit zur Entzündung, und ſie brennt deshalb im allgemeinen zu langſam an.

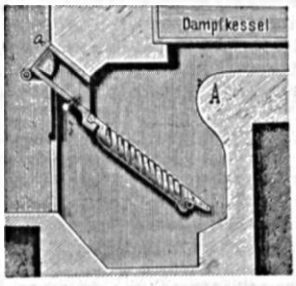


Fig. 18.

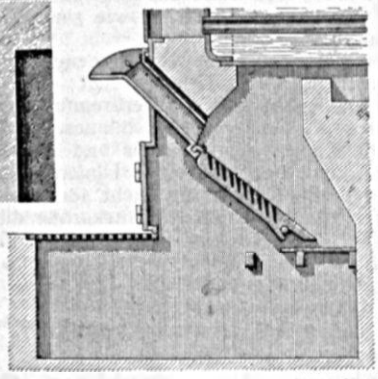


Fig. 17.

Dieſem Uebelſtande hilft die **Ten Brink-Feuerung** ab. Dieſe, in Fig. 19 dargeſtellt, iſt auch eine Schrägroſt-ſchüttfeuerung; bei ihr wird aber die unten brennende Flamme nach oben über den friſchen Brennſtoff hinweggeführt (wie der Pfeil andeutet), um ihn ſchneller zu entzünden. Dieſe Flammenführung iſt das weſentliche Prinzip der ſogenannten „Gegenbrenner" oder „Rückbrenner" und der Vorzug der Ten Brink-Feuerung unter allen Schrägroſten. Ausführlicheres in [5], [6]. Die Ten Brink-Feuerung hat die mannigfachſten Abänderungen erfahren, ſo z. B. als Außenfeuerung bei Dampfkeſſeln (Fig. 20); auch wird ſie von Kuhn in ein vorn erweitertes Flammrohr direkt eingebaut (Fig. 21). Auch ſogenannte Halb-Ten Brink-Feuerungen (ähnlich wie in Fig. 17), ganz in Mauerwerk ausgeführt, ſind angewendet worden.

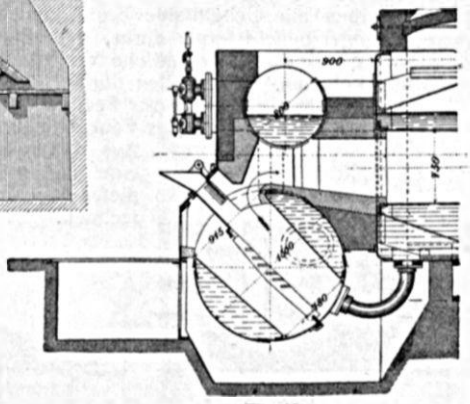


Fig. 19.

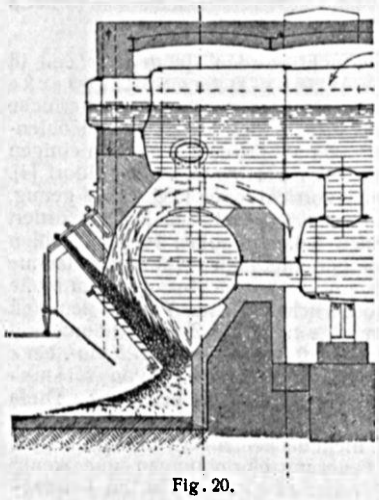


Fig. 20.

Das Prinzip der Schrägroſte hat den mechaniſch beſchickten Planroſten gegenüber die Vorteile großer Einfachheit, der leichteren Abſchlackung, der nicht unterbrochenen Verbrennung und der geringeren Abhängigkeit von der Stückgröße des Brennſtoffes voraus. Als ſchwerwiegender Nachteil iſt aber anzuführen, daß in Wirklichkeit die Kohle nicht ſo zuverläſſig abwärts gleitet, wie es erwünſcht wäre. Backende Kohlen bilden einen feſten Klumpen, der erſt mehr oder weniger weit ausgebrannt ſein muß, bevor er nachſinkt und die obere Kohle weitergleiten läßt. Dann aber bricht er plötzlich zuſammen, wodurch der ganze Roſt mit friſcher Kohle überſchüttet wird, oft mehr noch, als es beim wagerechten Planroſte aus Unverſtand des Heizers geſchieht, und es treten dann dieſelben Uebelſtände wie bei dieſem Roſt ein. Deshalb ſind die Schüttfeuerungen nur für beſtimmte Sorten, wie Braunkohlen, leichte, nicht backende Steinkohlen mit trockener, nicht ſchmelzender Schlacke, geeignet. Auch klare, grieſige Kohle iſt dafür nicht geeignet, weil dieſe während des Heruntergleitens durch die Spalten ſiebt und in die Aſche verloren geht. Die Gewölbe ſolcher Feuerungen haben auch gewiſſe Nachteile; ſie ſchmelzen bei hoher Temperatur an der Oberfläche, Flugaſche bleibt daran haften, dieſe ſchmilzt wieder, wenn ſie leicht ſchmelzbar iſt, und dadurch kann es vorkommen, daß der ganze Verbrennungsraum bis auf einen nicht mehr genügenden Reſt „zuwächſt". Ferner wirkt die ſtrahlende Glut der Gewölbe ungünſtig auf die

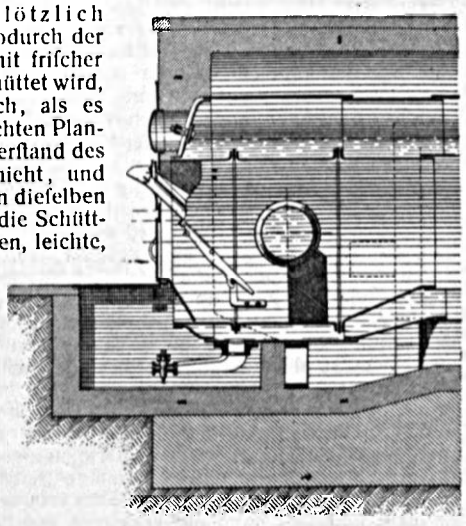


Fig. 21.

Schlacke ein, indem ſie dieſelbe zum Schmelzen bringt. Endlich ſind die Gewölbe häufigen Reparaturen unterworfen. Ein läſtiger Umſtand aller Schrägroſte liegt ferner in der ſtarken Abnutzung der Eiſenteile, da dieſe unten in der glühenden Aſche, oben in der Nähe der heißeſten Flamme liegen. Deshalb läßt man ſie unter Umſtänden in Waſſer tauchen.

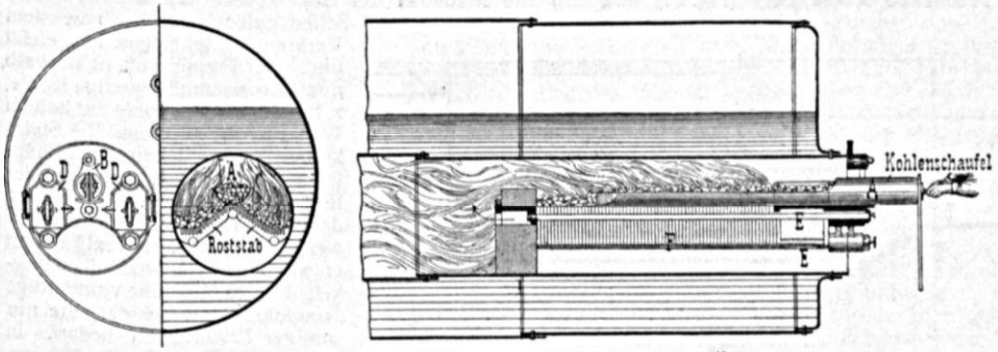


Fig. 22.

Eine beſondere Art der Schrägroſtfeuerungen iſt die **Carlo-Feuerung** (Fig. 22) mit ſeitlicher Neigung und zwangsweiſem Nachſchub der Kohlenſchicht [17]. Dieſer Nachſchub wird dadurch bewirkt, daß die friſchen Kohlen mittels einer muldenartigen Schaufel *A* eingeſchoben werden, wobei letztere die ausgebrannte Kohlenſchicht durchſchneidet und ſie nach beiden

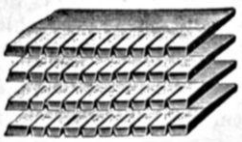


Fig. 25.

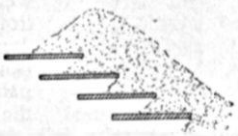


Fig. 24.

Seiten abwärts zuſammenſchiebt. In die erzeugte Furche werden die friſchen Kohlen geſchüttet, wodurch ſie weniger ſtürmiſch vergaſen. Die zweiſeitig pendelnde Tür *B* öffnet und ſchließt beim Einſchieben und Ausziehen der Mulde ganz ſelbſttätig, ſo daß ſie entweder geſchloſſen iſt oder durch die Kohlenmulde ausgefüllt wird. Durch die Türen *D* wird abgeſchlackt.

Um das ſelbſttätige Nachfallen der Kohle möglichſt ſicher und ſelbſttätig zu erreichen, hat man die Roſte nicht nur ſehr ſteil, ſondern ſogar vertikal gerichtet, d. h. man hat die Kohle zwiſchen zwei ſenkrechte, nahezu parallele Roſte gebracht (Donneley-Feuerung, Fig. 23). Die friſche Verbrennungsluft zieht durch den einen Roſt hinein, durch den andern Roſt zieht die Flamme hinaus. Damit letzterer nicht verbrennt, muß er aus mit Waſſer gekühlten Röhren beſtehen; er iſt alſo nur für Waſſer- oder Dampfkeſſel anwendbar, mit denen er ſo verbunden wird, daß das Waſſer unten in die Röhren ein-, oben heraustritt. Trotzdem ſind dieſe Röhren meiſt einer ſtarken Abnutzung ausgeſetzt. Backende Kohle eignet ſich für dieſe Feuerung gar nicht, da ſie zum Auflockern ſehr ſchwer zugänglich iſt. Deshalb hat man dieſen Röhrenroſt auch wagerecht, mit dem Röhrenroſt nach unten, angeordnet, wodurch der gewöhnliche Roſt ganz in Wegfall kommen kann und die Kohlenſchicht beſtändig frei und offen vor Augen liegt. Aber hier zirkuliert das Waſſer noch weniger als vorher, die Röhren verbrennen leichter und werden ſeitens des Heizers mehr beſchädigt. Bei beiden zuletzt genannten Roſtlagen aber tritt auch noch der Nachteil auf, daß die Flamme vom friſchen Brennſtoff abgewendet iſt.

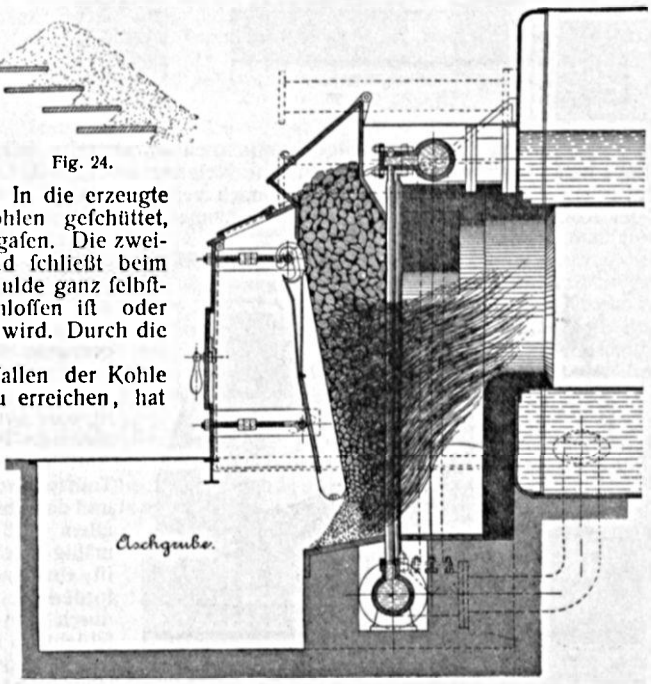


Fig. 23.

Treppenroſte ſind von den Schrägroſten trotz der äußeren Aehnlichkeit prinzipiell wohl zu unterſcheiden. Es handelt ſich hier nicht um einen geneigten Planroſt mit Längsſtäben, ſondern um eine Reihe von querliegenden Stäben, ſtufenartig angeordnet wie in Fig. 24. Sie können geſchlitzt (Fig. 25) oder auch glatt ſein. Gemeinſam mit den Schrägroſten haben ſie den Charakter der Schüttfeuerungen. Zweck der Treppenroſte iſt, horizontal gerichtete Spalten zu bilden, bei denen auch die klarſte Kohle nicht hindurchfallen kann (Fig. 24). Dieſe Anordnung hat aber auch noch den großen Vorteil gegenüber den Schrägroſten, daß die glühende

Kohle nicht darauf heruntergleiten und oben einen kalten Roſt zurücklaſſen kann, ſondern es bleibt auf jeder Stufe ſtets ein Teil der Glut liegen, der für ſchnelle Entzündung der nachfallenden friſchen Kohle ſorgt. Dieſe Roſte ſind daher beſonders gut für grieſige, kleine Kohle geeignet. Leider hat die Einrichtung den weſentlichen Nachteil, daß zwiſchen den Stäben brennende Kohle liegt (Fig. 24) und daß die Stäbe in der Glut ſtecken faſt wie in einem Schmiedefeuer, wodurch ſie dem Verbrennen ſehr ſtark ausgeſetzt ſind. Der Treppenroſt iſt deshalb nur für ganz minderwertige Kohle, z. B. erdige Braunkohle mit hohem Waſſergehalt, geeignet. Bei Steinkohlen, ſogar ſchon bei böhmiſchen Braunkohlen, verbrennt der Roſt in kurzer Zeit. So wichtig daher der Treppenroſt für minderwertige Kohle iſt, ſo wenig beſitzt er allgemeine Anwendungsfähigkeit. Fig. 26 ſtellt eine vollſtändige Treppenroſtfeuerung dar, die nur weniger Erklärungen bedarf. In den Trichter *T* werden die friſchen Kohlen vorrätig geworfen, aus dem ſie, der einſtellbaren Weite *a b* entſprechend, in paſſender Schichtdicke über die abbrennende Kohlenſchicht faſt beſtändig hinwegriefeln. Die Neigung des Roſtes iſt abhängig von verſchiedenen Umſtänden, zunächſt vom Böſchungswinkel der Kohle, der nahezu 38° beträgt. Damit aber die Kohlenſchicht oben höher liege als unten, weil ſie oben weniger verbrennen als vergaſen ſoll, ſo legt man den Roſt flacher, und zwar bewährt ſich am beſten eine Neigung von 28—32°. Um dieſe Lage herum ſchwankt aber die richtigſte Neigung noch je nach verſchiedenen Nebenumſtänden, wie Trockenheitsgrad der Kohle, Feinheit des Kornes, Schlackengehalt, Zugſtärke u. dergl.; ſie wird deshalb auch einſtellbar eingerichtet an dem Auflager *d*. Am Fuße der Treppe *A* liegen zwei Schieber *B* und *C*, der obere *B* iſt roſtartig durchbrochen, der andre iſt voll. Hat ſich auf *B* ein Haufen Schlacke angeſammelt, ſo wird der Schieber gezogen; die Schlacke fällt auf *C*, ohne daß für die Kohlenſchicht die untere Stütze verloren geht. Nachdem *B* wieder geſchloſſen iſt, wird auch *C* entleert. Eine richtig funktionierende Treppenroſtanlage muß bis auf das Anfüllen des Trichters, das oft auch durch Transportvorrichtungen mechaniſch erfolgt, und das Abſchlacken ſelbſttätig geſchehen; vor allem muß die Kohle ſelbſttätig und regelmäßig nachfallen. Geſchieht das nicht und iſt ein Nachſchüren durch den Heizer erforderlich, was gewöhnlich mit einer Stange durch den Zwiſchenraum *D* hindurch geſchieht, ſo iſt der Effekt mangelhaft. Sonderkonſtruktionen wie die von Schulze in Halle, Völker in Bernburg, C. Reich in Hannover, J. A. Topf & Söhne in Erfurt bieten prinzipiell nichts Neues. Vorgeſchlagen hat man dagegen Treppenroſte mit ſeitlicher Neigung (D.R.P. Nr. 32833), die manche Vorteile verſprechen, da das Feuer überſichtlicher und der Roſt beim Abſchlacken zugänglicher iſt. — In Süddeutſchland kommt der „Münchner Stufenroſt" vorzugsweiſe zur Anwendung (Fig. 27) und zwar für die oberbayriſche Kleinkohle. Dieſelben vertragen höhere Temperatur, indem die Stufen nicht horizontal, ſondern geneigt ſind und die ſonſt glühende Aſche unter dem Roſte durch Waſſer immer kaltgehalten wird.

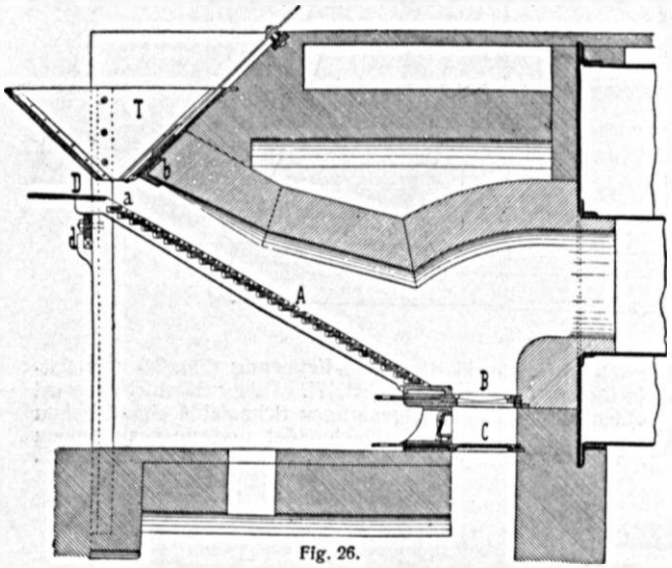


Fig. 26.

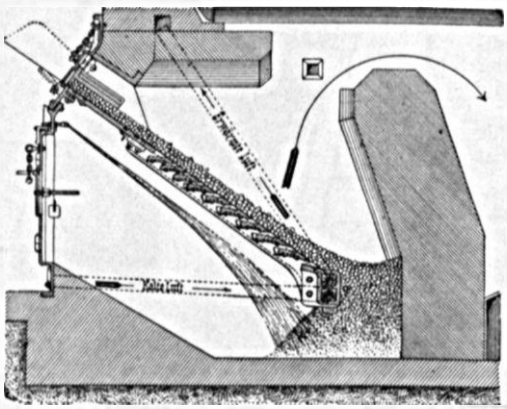


Fig. 27.

II. Feuerungen für ſtaubförmige Brennſtoffe.

Es iſt hier zunächſt der Unterſchied zwiſchen Staubkohle und Kohlenſtaub klarzuſtellen, da im Kohlenbergbau der Ausdruck „Staubkohle" für das bei der Kohlengewinnung und beim Umladen durch Rütteln und Werfen der Kohlen entſtehende ſtaubartige Kohlenklein gebräuchlich iſt, ein Produkt, das auf dem Roſte kaum, höchſtens mit verſtärktem Zuge (Kudlicz-Feuerung), brennbar iſt, während „Kohlenſtaub" nur durch Mahlen künſtlich erzeugt wird und den feinſten Puder darſtellt, der durch ein Sieb mit 900 Maſchen auf 1 qcm ohne Rückſtand geht und auf Roſten überhaupt unverbrennlich iſt. Dagegen verbrennt er momentan, wenn er in einem

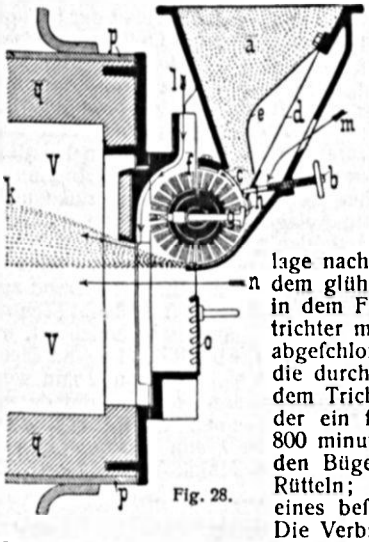


Fig. 28.

glühenden Verbrennungsraum und in der Luft fchwebend fich befindet. Demnach befteht eine Feuerung für Kohlenftaub aus nichts weiter als aus einem Verbrennungsraum mit glühenden Wandungen und einem Apparate vor demfelben, der den Kohlenftaub hineinftreut, die dazu erforderliche Verbrennungsluft eintreten läßt und eine möglichft innige Mifchung beider befördert. Der Schornfteinzug forgt für beftändige Abführung der entftehenden Feuergafe und Nachfaugung frifcher Verbrennungsluft. Ein Roft ift demnach nicht erforderlich, und diefe Art gehört deshalb zu den „roftlofen Feuerungsanlagen". In Fig. 28 ift eine folche Anlage nach Rich. Schwartzkopff in Berlin gezeichnet. *V* ift der von dem glühenden Mauerwerk *q* umgebene Verbrennungsraum, der z. B. in dem Flammrohr *p* eines Dampfkeffels angeordnet ift. *a* ift ein Fülltrichter mit dem Kohlenvorrat, der unten durch ein federndes Blech *c* abgefchloffen wird; *d* ift eine federnde Rückwand des Fülltrichters, die durch ein ftarres Blech *e* von dem Kohlendruck entlaftet ift. Unter dem Trichter liegt eine rotierende, walzenförmige Drahtbürfte *f*, in der ein fogenannter Hammer *g* befeftigt ift. Bei jeder der etwa 800 minutlichen Umdrehungen der Bürfte drückt der Hammer *g* gegen den Bügel *h* des Bleches *d* und öffnet dadurch den Trichter unter Rütteln; es fällt ein Quantum Kohle auf die Bürfte, die es in Form eines beftändigen Strahles *k* in den Verbrennungsraum fchleudert. Die Verbrennungsluft zieht wie der Pfeil *n* ein; außerdem tritt kalte Luft in der Richtung der Pfeile *c*, *l*, *m* ein und kühlt gleichzeitig die Bürfte und die übrigen Eifenteile. An der Schraube *b* wird das federnde Blech *c* mehr oder weniger zurückgebogen, wodurch die Trichteröffnung nach Bedarf mehr oder weniger erweitert und die Kohlenzufuhr dem Bedarf angepaßt wird. Die erforderliche Luftmenge wird zum Teil an dem Regifter *o*, genauer aber an dem Schornfteinfchieber eingeftellt. Zur ficheren Entzündung ift das Vorhandenfein einer Schamotteauskleidung *q* des Verbrennungsraumes erforderlich, die fich immer in hoher Glut befinden muß.

Vorausfetzung der Kohlenftaubfeuerung ift das Vorhandenfein von Kohlenftaub, der vorläufig im Handel noch nicht vorkommt und deshalb an der Verbrauchsftelle erzeugt werden muß. Aber die Schwierigkeiten, hohen Koften und Umftändlichkeiten der Kohlenmüllerei haben die Kohlenftaubfeuerungen nicht aufkommen laffen, und die Ausfichten auf Ueberwindung diefer Schwierigkeiten find gering. An fich ift die Kohlenftaubfeuerung eine für Kohlen ideale Einrichtung. Ihre befonderen Vorzüge find: 1. Wegfall des Roftes und aller damit zufammenhängenden Schwierigkeiten, wie Abfchlacken, Verfchlacken, Backen der Kohlen, Schüren derfelben, Befchickung von Hand, offene Feuertüren, Schwankungen im Luftüberfchuß und Luftmangel; 2. die Regulierung der Verbrennung auf Menge fowohl wie auf Güte läßt fich fehr leicht erzielen, und mit Sicherheit ift eine Verbrennung dauernd aufrecht zu erhalten, die der theoretifchen fehr nahe kommt; 3. die Verbrennung ift mit Sicherheit und ohne jeden Nachteil vollftändig rauchfrei zu führen; 4. volle Verwertbarkeit jeder beliebigen, kleinen, griefigen, abfallenden und geringwertigen Kohle, die fchon bis zu 40 % Afchegehalt mit Vorteil verwendet worden ift.

III. Feuerungen für flüffige Brennftoffe.

Diefe Feuerungsart befitzt wegen des befchränkten Vorkommens flüffiger Brennftoffe keine allgemeine, für befondere Fälle jedoch eine hervorragende Bedeutung. In den Gegenden des Vorkommens von Erdölen werden fie vielfach in induftriellen Feuerungen verbrannt, und in neuerer Zeit find auch Kriegsfchiffe vielfach damit ausgerüftet. — Es handelt fich heutzutage meift um die Verbrennung von Abfallölen, Teerrückftänden u. f. w. Technifch hat eine Oelfeuerungsanlage die größte Aehnlichkeit mit einer folchen für Kohlenftaub. Wie diefe beftehl auch jene aus demfelben gemauerten, glühenden Verbrennungsraum, vor dem fich ein Apparat befindet, der das Oel fein zerftäubt und, mit der erforderlichen Verbrennungsluft gemifcht, in den Verbrennungsraum einführt, wo es fich fofort zu einer hellen, weißglühenden Flamme entzündet. Die früheren Verbrennungsmethoden, das Oel in eine Schale zu gießen und Luft darauf zu leiten (Schalenfeuerung, Fig. 29) oder es im Verbrennungsraum heruntertropfend zu entzünden (Tropffeuerung) oder es vorher zu vergafen, fei es in größerem Vorrat oder laufend unmittelbar vor der Verbrennung, find alle veraltet. Ein Flüffigkeitszerftäuber ift unter dem Namen „Refraïchiffeur" allgemein bekannt. Durch ein Rohr *a* (Fig. 30)

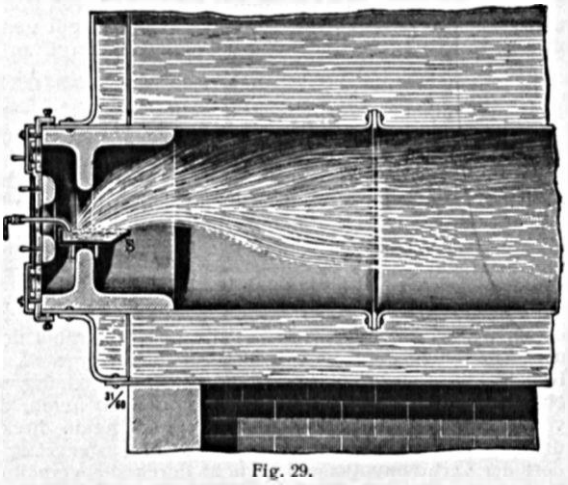


Fig. 29.

wird das betreffende Oel, durch Rohr *b* Dampf unter Druck zugeführt. Bei *c* zerbläft der Dampfftrahl den austretenden Flüffigkeitsftrahl zu Staub; durch die umgebende Oeffnung in der Feuertür *A* wird gleichzeitig die Verbrennungsluft angefaugt, die ftch mit dem Oelftaub vermifcht und in dem glühenden Raum *V* entzündet. Die Tür *A* fowohl wie die Rohre *a* und *b* gehen zum Zweck des Oeffnens in einem Scharnier *d*. Der Dampfftrahl hat den Nachteil, daß er Dampf verbraucht, daß der Dampf das Feuer kühlt und daß diefer zu feiner Ueberhitzung Wärmeverlufte erzeugt. Man hat deshalb den Dampf durch Luft erfetzt, die gleichzeitig zur Verbrennung dient; aber da diefe Luft vorher durch Komprefforen zufammengepreßt werden muß, fo wird die Anlage umftändlich und die Luftftrahlerzeugung teuer. Beide Methoden befitzen noch den Nachteil eines unangenehmen Geräufches. Die vollkommenfte Einrichtung ift deshalb die von Tentelew, bei welcher der Strahl rotierend aus einer Düfe tritt und durch Schleuderkraft ftch felbft zerftäubt (Zentrifugalzerftäuber). In Fig. 31 ift diefe Düfe, aus Stahl beftehend, im Durchfchnitt dargeftellt (Bezugsquellen: Gebr. Körting in Hannover, Schäffer & Budenberg in Magdeburg). Die Oeffnungen find $^1/_2$, 1, 1,5 und 2 mm weit je nach der beabfichtigten Leiftung. Das Petroleum muß auf 40° erwärmt, filtriert und darauf wiederholt auf 70—80° erwärmt werden, damit es, durch Pumpen unter einen Druck von 3—6 Atmofphären gebracht, ausfpritzend zerftäubt. Eine Düfe von 1 mm Oeffnung liefert ftündlich 0,2 kg zerftäubtes Petroleum. Für dick- und zähflüffige Oele, Mafut, Teer u. dergl. ift,

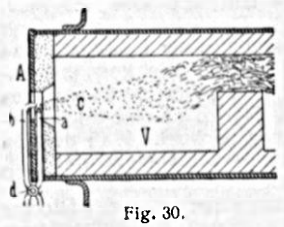


Fig. 30.

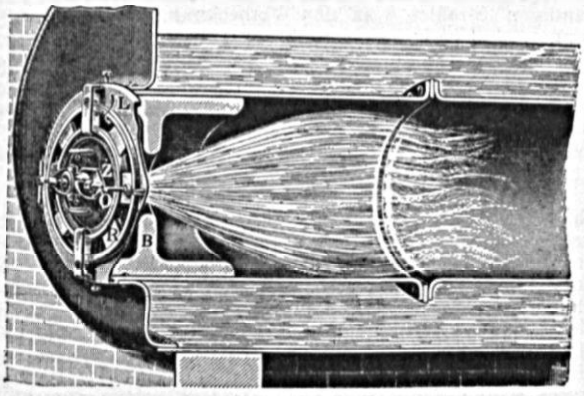


Fig. 31b.

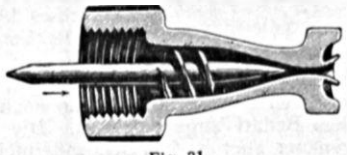


Fig. 31.

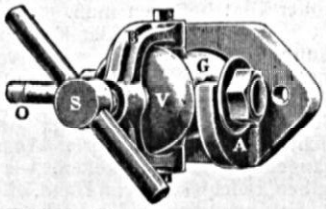


Fig. 31a.

wenn fte durch Erwärmung nicht genügend dünnflüffig werden, der Zerftäuber nach Fig. 30 erforderlich. Fig. 31a zeigt die Armierung einer folchen Düfe, behufs leichter Zugänglichmachung im Betrieb. Darin ift *G* das Zerftäubergehäufe, *V* der Verfchlußdeckel, *S* die Verfchlußfchraube, *B* der Verfchlußbügel, *A* der Halter für das Zerftäubergehäufe und *O* die Oelzuführung. Fig. 31b zeigt die Anbringung einer folchen Zerftäubereinrichtung an einer Feuerung, wo *Z* der Zerftäuber, *R* der Ringfchieber für die Luftregulierung, *L* die Lufteintrittsöffnungen und *B* die fogenannte Feuerbrücke find. Letztere beftcht aus Schamotte und zieht ftch nahe an die Spitze des Strahlenkegels heran, damit das Schamottefutter weniger weit in das Rohr hinein verlängert werden muß, wo es der Abnutzung ftärker ausgefetzt fein würde. —. Das Anfeuern gefchieht durch Schalenfeuerung. Diefe Art der Oelgasfeuerungen hat ftch am beften bewährt. Eine andre Art beftcht noch darin, das Oel durch ein Syftem von Röhren zu leiten, das im Feuer liegt, fo daß es in Dampfform ins Feuer tritt und mit Luft gut gemifcht werden kann. Indeffen fetzen ftch in den Verdampfern Rückftände, Oelkoks u. dergl. an, die den Betrieb fehr ftören.

IV. Feuerungen für gasförmige Brennftoffe.

Wir nehmen zunächft das brennbare Gas hier im Sinne des Brennftoffes als vorhanden und gegeben an, entweder als natürlich vorkommendes oder als künftlich dargeftelltes. Die Einrichtung zur Verbrennung desfelben beftcht aus nichts weiter als aus dem mehrfach erwähnten Verbrennungsraum *V* (Fig. 32), in den das Gas durch den Kanal *g* und die Verbrennungsluft durch den Kanal *l* eintritt, fo daß ftc ftch erft während des Eintrittes in den Verbrennungsraum mifchen und keine Explofion herbeiführen können. Um die Mifchung zu befördern, wird das leichtere Gas immer unterhalb, der fchwerere Luftftrom oberhalb eingeführt. Aus diefem Grunde find auch die Kanäle *l* und *g* niedrig und dafür breit geftaltet. Hierdurch entftcht eine allmähliche Mifchung und Verbrennung, deshalb eine lange Flamme, die ftch über eine große Ofenfläche hin verbreitet. Soll ftc kürzer werden, dann führt man die beiden Kanäle unter einem Winkel zufammen, fo daß die beiden Ströme ftch durchfchneiden, fchneller mifchen und eine kürzere Flamme geben, die um fo kürzer wird, je ftumpfer der Winkel zwifchen beiden Kanälen ift. Die intenfivfte und fchnellfte Mifchung wird dadurch erzielt, daß die Luft durch einen fenkrechten Kanal *l* (Fig. 33) von oben herab, das Gas durch einen fenkrechten Kanal *g* von unten herauf zugeführt wird, wodurch beide direkt gegeneinander ftoßen, ftch fcharf durchdringen und innigft mifchen. Soll eine Gasfeuerung auf Dampfkeffel angewendet werden, fo darf der Verbrennungsraum *V* nicht durch die verhältnismäßig kalten Keffelwandungen gebildet

werden; er ist vielmehr aus demselben Grunde, der bei Kohlenstaubfeuerungen erörtert worden ist, und ebenso, wie in Fig. 30 gezeichnet, mit Mauerwerk auszukleiden. Der Zweck der Gasfeuerungen ist zunächst, die in der Natur oder als Nebenprodukt (z. B. bei Hochöfen) vorkommenden Gase nutzbringend zu verwerten. Die Vorteile derselben sind dieselben wie die der Kohlenstaubfeuerungen in erhöhtem Grade, und die Gasfeuerungen müssen als die vollkommensten aller Feuerungsarten bezeichnet werden. — Als Nachteile sind nur aufzuführen: 1. die größere Möglichkeit von Gasexplosionen, sobald durch fehlerhafte Bedienung explosible Gasgemische sich im Ofen ansammeln und nachträglich entzünden; 2. das seltene Vorkommen von brennbaren Gasen und die Notwendigkeit der künstlichen Herstellung des Gases.

Methoden der künstlichen Gaserzeugung gibt es verschiedene: A. Die trockene Destillation, wie sie zum Zweck der Leuchtgasbereitung erfolgt. B. Verdampfung von Oelen. C. Generatorgasbereitung. D. Wassergasbereitung. Methode A und B s. unter Gasfabrik und Leuchtgas.

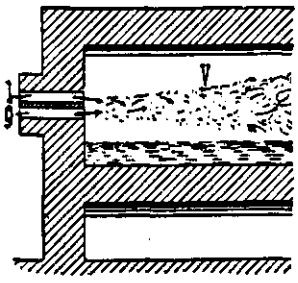


Fig. 32.

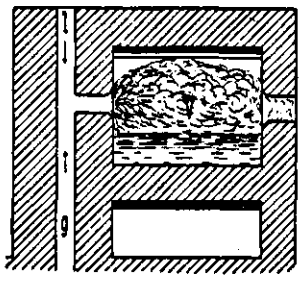


Fig. 33.

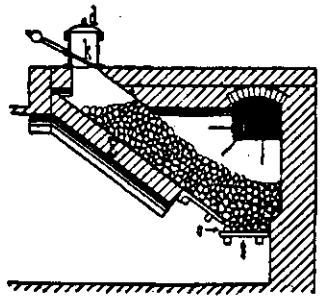


Fig. 35.

Generatoren sind Feuerungsanlagen, bei denen die Verbrennung unter Luftmangel stattfindet, so, daß die entstehenden Gase noch brennbar sind, sobald ihnen unter Erhitzung Luft zugemischt wird. — In Fig. 34 ist ein solcher Generator in seiner natürlichsten Form abgebildet. *R* ist der Rost, auf dem die zu vergasende Kohle liegt. Bei gewöhnlicher Verbrennung würde die Kohle nur die Schichthöhe *h* erhalten, während sie im Generator die Höhe *H* hat, etwa 1 m hoch und eventuell noch höher. Unmittelbar über dem Roste innerhalb der Schichthöhe *h* findet im Generator auch eine gewöhnliche Verbrennung zu CO_2 statt. Indem diese Kohlensäure aber emporsteigt und die darüber liegende, hohe, glühende Kohlenschicht passiert, verbindet sich ein Teil des *O* der CO_2 mit Kohlenstoff zu *CO* (Kohlenoxydgas) und die CO_2 wird auch in *CO* umgewandelt; so entstehen 2 Teile *CO* neben dem Stickstoff der eingetretenen Verbrennungsluft, und diese Gase zusammen heißen „Generatorgase". Sie sind brennbar und dienen den Gasfeuerungen als Brennstoff, wobei sich *CO* wieder mit *O* zu CO_2 verbindet und von neuem Verbrennungswärme erzeugt wird, allerdings nur ein Bruchteil von der Wärme, die bei dem direkt zu CO_2 verbrennenden *C* entsteht; aber der andre Bruchteil ist bei der Verbrennung von *C* zu *CO* entstanden, welches letztere Gas diese Wärme größtenteils mit in die Gasfeuerung hinüberführen und dort zur Geltung bringen kann. Die Zusammensetzung der Generatorgase, aus Koks erzeugt, ist nach Edelmann durchschnittlich $CO = 34$, $H = 0{,}1$, $CO_2 = 1{,}9$, $N = 64$ Gewichtsprozente; 1 kg desselben entwickelt beim Verbrennen 860 W.E. und eine mäßige Temperatur von ca. 800°. Solche Gase sind zuerst von Siemens in die Industrie eingeführt worden, man nennt sie daher Siemens- oder Generatorgase. Der Vorgang im Generator ist nach Vorstehendem sehr einfacher Art; weniger einfach ist aber der praktische Betrieb des Generators. Zunächst darf keine Außenluft in den Generator eintreten; die Beschickung erfolgt deshalb von oben durch den Trichter, der oberhalb mit einem Deckel *d* in Sanddichtung, unten durch eine Klappe *k* verschließbar eingerichtet ist. Der frische Brennstoff wird zuerst in den unten durch *k* geschlossenen Trichter gebracht, der darauf mittels des oberen Deckels *d* geschlossen wird; dann wird durch Oeffnen von *k* der Trichterinhalt in den Generatorraum gestürzt.

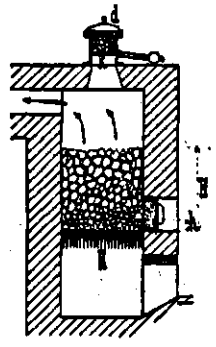


Fig. 34.

Auch die Mauerung muß dicht und sorgfältig hergestellt sein; der Vorsicht wegen soll aber im Generator etwas höherer Druck als außen herrschen; die Verbrennungsluft muß also mechanisch eingeblasen werden, was auch schon der hohen Kohlenschicht wegen erforderlich ist, eine wenig angenehme Zugabe. Sehr wählerisch muß man zu Werke gehen bei Anwendung der Kohlen; sie dürfen nicht backen, weil sonst das stärkste Gebläse die Luft nicht hindurchzudrücken vermag, eventuell müssen sie durch Beimischen von Koks locker gehalten werden. Aus demselben Grunde darf die Kohle nur möglichst wenig schlacken. Die Entfernung der Schlacke vom Roste aber bereitet große Schwierigkeiten. Um diese besser zu überwinden, hat Siemens einen Schrägrost (Fig. 35) angewendet, bei dem die Schlacke durch den Zwischenraum *o* abgezogen werden kann. Soll ganz kleinstückiger Brennstoff, erdige Braunkohle, Sägespäne, Kohlengries u. dergl. vergast werden, in deren Verwendung ein Hauptvorteil der Gasfeuerung liegt, da das Gas aus diesen Stoffen denselben Wert erhält wie aus besten Steinkohlen, so wendet man einen Treppenrost für den Generator ebensowohl an wie für die direkte Verbrennung. Indessen ist die gewölbte, schiefe Ebene *E* nicht erforderlich und die neueren Einrichtungen der Schachtgeneratoren von Bleziger verdienen den Vorzug. Hierbei fällt die Schlacke zwischen zwei gegeneinander

liegenden Schrägroſten heraus und hält (wie bei der Ten Brink-Feuerung) die Oeffnung geſchloſſen, indem ſie ſich in einem Haufen unter den Roſten anſammelt. Auch in Form rotierender Zylinder ſind Generatoren von Biezinger in neuerer Zeit ausgeführt worden [9]. Bei allen Generatoren iſt eine ſorgfältige Ueberwachung des Prozeſſes erforderlich, damit nicht unverbrannter Sauerſtoff oder nicht reduzierte Kohlenſäure in erheblichen Mengen mit in die Gaſe gelangen und daß die Verbrennung immer in dem Maße des Bedarfes vor ſich geht. Beſonders bei etwas ſchlackender oder backender Kohle iſt das Schüren und rechtzeitige, wenig ſtörende Abſchlacken des Generators eine wichtige und ſchwierige, gutes Urteil und Sorgfalt erheiſchende Arbeit. Eine einzige Ungeſchicklichkeit bringt oft große Störung in der Gasentwicklung hervor und es bedarf mitunter mehrerer Stunden angeſtrengter Nachhilfe, um wieder einen regelmäßigen Gang zu erzielen. Ein großer Uebelſtand des Generatorbetriebes liegt auch in dem Umſtande, daß er nur für kontinuierlichen Betrieb geeignet iſt. Unterbrechungen während der Nacht ſind unmöglich, weil die In- und Außergangſetzung viel zu viel Zeit (6—10 Stunden) beanſprucht.

Waſſergasbereitung. Wird Waſſerdampf durch eine mindeſtens meterhohe, weißglühende Kohlenſchicht, am beſten von oben nach unten, hindurchgeleitet, ſo verbindet ſich der Sauerſtoff des Waſſers mit Kohlenſtoff zu CO und der Waſſerſtoff wird frei ($C + H_2O = CO + H_2$). Es entſteht demnach theoretiſch ein Gemiſch von 50 Volumprozenten Kohlenoxydgas und ebenſoviel Waſſerſtoffgas, ein vorzüglich reines und brennbares Gasgemiſch. Dem Gewicht nach beſteht es aus $CO = 93\frac{1}{3}\,\%$, $H = 6\frac{2}{3}\,\%$. Praktiſch iſt das Gas in dieſer vollkommenen Reinheit nicht herſtellbar, ſondern es beſteht bei gutem Gange des Entwicklers aus 50 % H, 43 % CO, 4 % CO_2 und 3 % N. Der durchſtrömende Dampf kühlt die Glut allmählich ab, wodurch der CO_2-Gehalt allmählich größer, CO dagegen geringer wird und gleichzeitig auch mit ausſtrömt, bis weiterhin neben Dampf nur noch CO_2, dann, auch dieſes abnehmend, überhitzter Dampf allein austritt. Bevor deshalb das erzeugte Gas das zuläſſige Maximum von CO_2 erreicht hat, wird noch der Dampf abgeſtellt und ſtatt deſſen von unten nach oben Luft hindurchgeblaſen, wodurch die Kohlenſäule wieder in Brand und zur Weißglut kommt und die Dampfdurchſtrömung wieder eingeleitet werden kann. Während der Luftdurchſtrömung arbeitet die Anlage wie ein Generator und es entſteht deshalb das dort geſchilderte Siemensgas, das für ſich verwendet wird, entweder zur Vorüberhitzung des zu zerſetzenden Dampfes, der dann weniger kühlend, alſo ſparſamer auf die Kohlenglut einwirkt, oder für andre Zwecke (Dampfkeſſelheizung u. dergl.). Mit 1 kg weſtfäliſcher Steinkohle erhält man rund 1 cbm Waſſergas, und ein Apparat liefert ſtündlich etwa 240 cbm Gas. Die geſamten Nebenkoſten werden für 1 cbm Gas zu 0,25 bis 1 ₰ angegeben. Näheres über die Einrichtung zur Erzeugung von Waſſergas in [10]. Als Vorteile des Waſſergaſes werden angeführt: Rußfreies Verbrennen bei hoher Temperatur, Reinheit der Verbrennungsprodukte von ſchwefliger Säure, gleichzeitige Verwendung des Gaſes zu Heiz- und Leuchtzwecken aus einer Leitung, ruhiges, angenehmes Licht bei Anwendung glühender Magneſiaſtäbe und Billigkeit des Gaſes. — Als Nachteil gilt ſeine Giftigkeit, gepaart mit Geruchloſigkeit, wegen des hohen Gehaltes an CO, gegenüber Leuchtgas mit ca. 8 % CO. Durch die erforderlichen Perioden beim Herſtellungsprozeß und die dazu bedingten Umſchaltvorrichtungen ſowie die erforderliche Sorgfalt bei dem Betriebe ſtellt ſich die Anlage und der Betrieb noch nicht ſo billig und einfach, wie es erwünſcht wäre. In den Fällen, bei denen es weniger auf ein von unbrennbaren Gaſen reines Waſſergas ankommt, wie zum Betriebe von Gasmotoren, wird die Anlage und Erzeugung desſelben weſentlich vereinfacht dadurch, daß man Dampf und Luft gleichzeitig gemiſcht durch die Kohlenſäule bläſt, damit durch Verbrennung der Luft fortwährend die Wärme erzeugt wird, die der Dampf zu ſeiner Zerſetzung verbraucht, ſo daß die Kohlen immer in Weißglut verharren (vgl. Kraftgas und [11]). Allerdings iſt dem ſo produzierten Waſſergaſe (Dowſongaſe, Kraftgaſe) dann aller Stickſtoff aus der Verbrennungsluft und ein Quantum CO_2 beigemiſcht, das beides mit in Kauf genommen werden muß, wofür aber der Betrieb ohne jede Unterbrechung dauernd glatt von ſtatten geht. Sauggas iſt dasſelbe wie Dowſongas, bei dem die Verbrennungsluft aber nicht durch den Kohlenvorrat hindurchgeblaſen, ſondern geſaugt wird, und zwar durch den damit zu betreibenden Gasmotor ſelbſt.

Regeneratoren ſind Einrichtungen, die den Zweck haben, das Verbrennungsgas und die Verbrennungsluft vor der Verbrennung zu erhitzen, um dadurch die Verbrennungstemperatur zu ſteigern, wenn höhere Temperaturen erforderlich ſind, als ohne die Vorerhitzung entſtehen, z. B. zum Schmelzen von Eiſen und Stahl, Glasmaſſe u. ſ. w. Die Wärme zum Vorerhitzen wird den aus dem Ofen abgehenden Feuergaſen entzogen, die in dieſen Fällen gewöhnlich noch eine ſehr hohe, nahezu die Verbrennungstemperatur haben. Die Regeneratoren ſind zuerſt von Howard angewendet, von Siemens aber umgebildet und in die Praxis eingeführt worden; Fig. 36 und 37 zeigen die Einrichtung derſelben im Auf- und Grundriß. — Iſt V ein Schmelzofen (z. B. für Glasmaſſe), in dem auch die Verbrennung ſtattfindet, ſo treten bei L und G Luft und Gas ein (wie bei Fig. 32 ſchon beſchrieben), ziehen in der Richtung der Pfeile verbrennend durch den Ofen und ſtrömen durch L_1 G_1 wieder aus, durch die mit Ziegelſteinen ausgeſetzten Kammern I und II. Hier geben ſie ihre Wärme an die Steine mehr oder weniger vollſtändig ab, indem dieſe bis zur lebhaften Glut erhitzt werden; die Gaſe ziehen dann weiter in der Richtung der Pfeile I und II (Fig. 36) durch den Fuchs nach dem Schornſteine. Das aus dem Generator kommende Gas aber zieht in der Richtung der Pfeile III durch die Kammer III empor nach der Brenneröffnung G (Fig. 36), während die friſche Verbrennungsluft in der Richtung der Pfeile IV durch die Kammer IV empor nach der Brenneröffnung L (Fig. 36) ſtrömt. Beide nehmen, ſich erhitzend, die in den Kammern III und IV aufgeſpeicherte Wärme auf, wodurch erſtere ſich allmählich abkühlen, während I und II erhitzt werden. Hat die Abkühlung in III und IV einen gewiſſen Grad erreicht, ſo werden die Klappen k_1 und k_2 in die punktierten Stellungen gebracht und das Kammernpaar I und II vertauſcht ſeine Rolle mit dem Kammernpaar III und IV; erſtere dienen zum Erhitzen der Brenngaſe und Luft, während III und IV die

Abhitze zurückhalten und auffpeichern. — Auf diefe Weife läßt fich faft jeder beliebige Grad von Verbrennungstemperatur erzielen, man nimmt an bis 3000° C. Die Grenze wird mehr durch die unvollkommene Widerftandsfähigkeit der Baufteine gegen Hitze als durch die erreichbare Temperaturfteigerung fixiert. Am meiften leiden die Klappen k_1 und k_2 von der Hitze, die beffer durch Glockenventilverfchlüffe mit Sand- oder Waffer dichtung erfetzt werden. Die Abhitze kann jedoch nur mangelhaft ausgenutzt werden, indem die Steine der Kammern nur einen gewiffen Teilbetrag der Abgangstemperaturen annehmen können, und diefe kann auch nur angenähert bis auf denfelben Teilbetrag herab erfchöpft werden; die übrige Wärme geht in den Schornftein verloren. Ferner fchwanken durch die wechfelnden Perioden der Vorerhitzung die Verbrennungstemperaturen und damit der erzielbare technifche Wärmeeffekt fehr ftark, was für die erzeugten technologifchen Produkte gewöhnlich nachteilig ift. Durch häufigeres Umfchalten

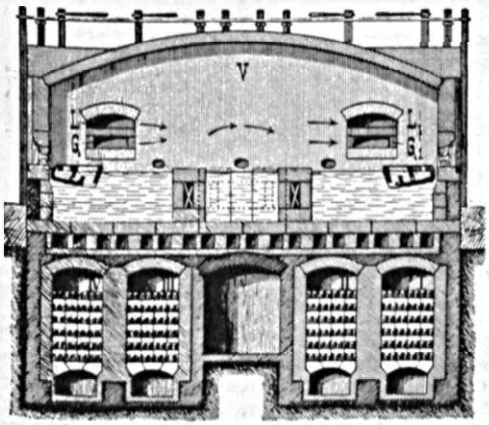


Fig. 36.

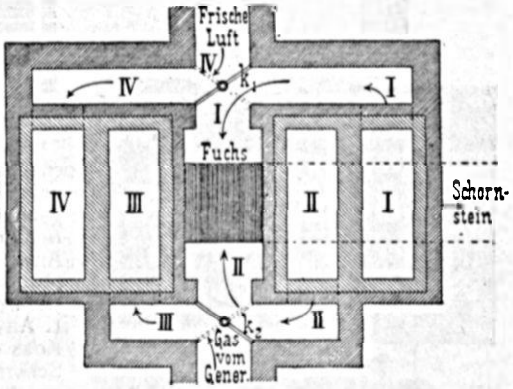


Fig. 37.

der Kammern läßt fich zwar eine größere Gleichmäßigkeit erzielen, es geht aber in demfelben Maße mehr Wärme in den Schornftein verloren. Es ift deshalb in neuerer Zeit verfucht worden, z. B. durch Blezinger, die Regenerierung mittels Wechfelkammern zu erfetzen durch eine folche mittels Gegenftrömung der heizenden und der zu erhitzenden Gafe, womit man wieder auf die einfachere Art von Howard zurückkommt [12] und weit einfachere Bauart und Bedienung, Wegfall der häufigeren Reparaturen und beffere Ausnutzung der abgehenden Wärme erzielt (vgl. a. [3] und die unter Brennftoffe aufgeführte Literatur). — Das Wort Regenerierung würde genau genommen bedeuten: die zu Kohlenfäure verbrannten Gafe wieder in Kohlenoxydgas rückbilden, neu beleben, ein Verfahren, das nicht ausfichtslos ift (vgl. Brennftoffe, Bd. 2, S. 294). Weitere als die dort befchriebenen Erfolge find mit dem Syftem Gobbe von Hennig & Wrede in Dresden erzielt worden, indem dabei ein Teil des im Waffergasgenerator entftehenden Gafes durch ein Dampfftrahlgebläfe abgefaugt und das Gemifch von Gas und Dampf durch einen Erhitzungsapparat (Rekuperator) geführt und hoch erhitzt wird; von hier wird es wieder dem Generator zugeführt, für den es die Wärme mitbringt, die zur Reduktion des Waffer dampfes fonft aus dem Generator verbraucht wird. Hierbei läßt fich aber ftatt des Gasgemifches $CO + H_2$ aus dem Generator Kohlenwafferftoff anwenden, z. B. CH_4 unter gleichzeitiger Benutzung der CO_2 aus den Abgafen von Oefen hoher Temperaturen, und es entfteht dann folgender Prozeß der Regenerierung: $C + CH_4 + CO_2 + H_2O = 3\,CO + 3\,H_2$. Aber auch hier müffen praktifche Erfolge erft noch abgewartet werden [14].

Feuerungen für rauchfreie Verbrennung.

Unter Rauch pflegt man in weiterem Sinne die gasförmigen Verbrennungsprodukte überhaupt zu verftehen. Im engeren Sinne verfteht man darunter die fichtbaren, mehr oder weniger braun und fchwarz gefärbten abziehenden Gafe, die für das Auge, die Geruchsnerven und die Sauberkeit der Umgebung unangenehm und läftig find. Bei vollftändiger Verbrennung beftehen die Rauchgafe aus Stickftoff, Kohlenfäure und Waffer dampf, alles vollkommen unfichtbare Gafe, es fei denn, daß der letztere vorübergehend fichtbar würde, der aber fofort in der Luft aufgelöft oder niedergefchlagen wird und nicht die geringfte Beläftigung herbeiführt. Auf S. 5 ift die Rauchentftehung gefchildert. Die Urfachen der Rauchbildung find demnach: 1. Derart plötzliche und maffenhafte Vergafung der in der Kohle enthaltenen pechartigen Kohlenwafferftoffe (Bitumen), daß die durch den Roft eintretende Luft zur Verbrennung nicht ausreicht; 2. Temperaturmangel und Unmöglichkeit der Entzündung infolge der zu weit abgebrannten Kohle auf dem Rofte und zu weitgehender Abdeckung des Reftes der Glut, zu welcher Fahrläffigkeit gewöhnlich eine zu große Roftfläche verleitet. Bei einer mittleren Temperatur verbrennt oft von den vergafften CH der leichter entzündliche H allein und C bleibt in feinften Partikelchen übrig, die fich zu den bekannten Rußflocken zufammenballen. Es ift daher zwifchen Rauch und Ruß wohl zu unterfcheiden. 3. Ungenügende Mifchung der entftehenden Verbrennungsgafe. 4. Ungenügende Zeit zur Verbrennung der benötigten Kohlenmenge oder, mit andern Worten, zu fchwacher Zug oder zu kleine Roftfläche. Werden diefe vier Punkte bei Abmeffung der Roft- und Zugverhältniffe und bei der Bedienung gebührend berückfichtigt, fo ift jeder Heizer in der Lage, mit jeder gewöhnlichen Planroftfeuerung einen beläftigenden Grad

Biblioteka Główna P. Ł.

des Rauchens zu vermeiden. Aber die fortwährend dazu erforderlichen Beobachtungen und die richtige Beurteilung der Verhältniſſe und Vorgänge, die fortwährende Veränderung der Luftmenge nach den entſtehenden Rauchgasmengen derart, daß auch kein ſchädlicher Luftüberſchuß

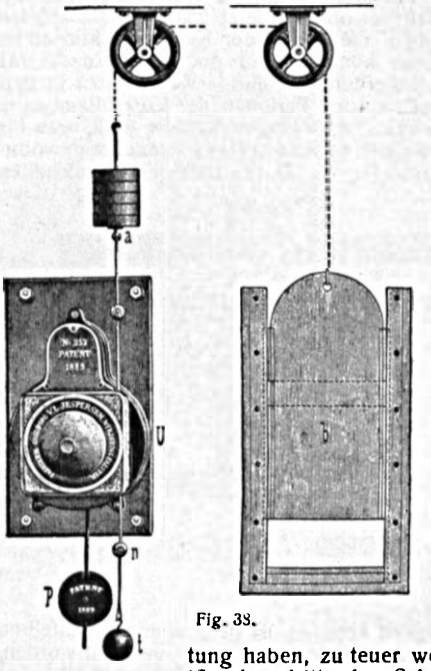


Fig. 38.

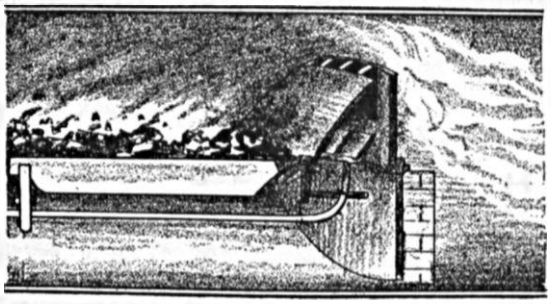


Fig. 39.

entſteht, iſt eine Aufgabe, der kein Heizer, überhaupt kein Menſch ſo leicht gewachſen iſt. Um dieſe Aufgabe zu erleichtern, kann man Mittel in der Einrichtung der Feuerungen und ihrer Bedienung zur Anwendung bringen, und Feuerungen, mit ſolchen Mitteln ausgerüſtet, nennt man „rauchfreie Feuerungen". Die beſonderen Mittel der Rauchvermeidung und zwar: 1. Anwendung eines bitumenfreien Brennſtoffes, wie Koks oder Anthracit; 2. Errichtung beſonders hoher Schornſteine; 3. Waſchen des Rauches, indem man ihn durch einen künſtlichen Regen ziehen läßt, bleiben hier außer Betracht, weil ſie nur in ganz vereinzelten Fällen anwendbar ſind, alſo keine allgemeine Bedeutung haben, zu teuer werden, das zweite meiſt auch nur von geringer Wirkung iſt, das dritte den Schornſteinzug vernichtet u. ſ. w. Wir befaſſen uns nur mit der Rauchverbrennung innerhalb des Verbrennungsraumes der Feuerung oder, mit andern Worten, der Rauchvermeidung.

Die Hauptaufgabe iſt die Vermeidung der erſten Urſache der Rauchbildung, die Unregelmäßigkeit der Raucherzeugung. Hat der Heizer ſoeben die zur Rauchverbrennung erforderliche Lufteinſtrömung angeſtellt, ſo iſt in der nächſten Minute ſchon wieder ein ganz andrer Luftbedarf eingetreten, ſo daß eine fortwährende Regulierung erforderlich ſein würde. Zur Erleichterung dieſer Aufgabe iſt der ſogenannte „Zugregler" mehrfach angewendet worden, eine Vorrichtung, die den Rauchſchieber offen hält und ihn nach jeder Beſchickung des Roſtes langſam niederſinken läßt, in dem Maße, in dem wegen der abbrennenden Kohlenſchicht der Luftbedarf geringer wird. Einer der älteſten Apparate iſt der von V. L. Jesperſen in Nykjöbing (Fig. 38). Der Rauchſchieber *b*, durch Gegengewicht *a* größtenteils ausbalanciert, hängt an dem Uhrwerk *U*, das durch den Reſt des Rauchſchiebergewichtes angetrieben und durch Pendel *p* gehemmt wird und den Schieber allmählich herunterſinken läßt, ſobald dieſer an der Kugel *t* nach Schluß der Feuertür aufgezogen worden iſt. Durch Einſtellung der Pendellinſe auf der Pendelſtange kann die Periode des Schieberſchluſſes verlängert oder verkürzt werden. Andre Konſtrukteure, z. B. Otto Hörenz in Dresden, erſetzen das Pendel durch einen hydrauliſchen Widerſtand (Flügel in Waſſer). Andre wiederum, wie Th. Speckbötel in Hamburg, Jürgens & Martens in Hamburg, erſparen dem Heizer das jedesmalige Aufziehen des Schiebers, indem ſie letzteren ſo mit der Feuertür in Verbindung bringen, daß er ſelbſttätig beim Oeffnen der Tür mit aufgezogen wird. Dieſe Einrichtungen haben unter Umſtänden dort einen wirtſchaftlichen Erfolg, wo der Heizer gewohnt iſt, die Kohlenſchicht weit niederbrennen zu laſſen, weil dann durch die Wirkſamkeit des Apparates gegen Ende der Periode weniger Luftüberſchuß entſteht; aber auf die Rauchvermeidung wirken ſie weniger ein, weil nach Beſchickung im letztgenannten Falle gewöhnlich Temperaturmangel entſteht und weil trotz des geöffneten Schiebers doch noch lange nicht Luft genug durch den Roſt zieht, um den Rauch zu verbrennen. Wirkſamer für die Rauchverbrennung iſt dann ſchon die Einrichtung, bei der die erforderliche Rauchverbrennungsluft durch einen beſonderen Kanal in der Feuerbrücke zugeführt wird [15]. Ein Beiſpiel zeigt Fig. 39 in der nach Kowitzke aus gußeiſernen Platten hergeſtellten hohlen Feuerbrücke. Dieſe Art der Apparate hat den vorigen gegenüber betreffs Rauchverbrennung den Vorzug, daß die Luftklappen ſich leichter bewegen laſſen und daß reine, entzündungsfähigere Luft dem Rauche beigemiſcht wird; die Wirkung kann auch der Zeit und den Verhältniſſen der Rauchbildung in jedem Falle ſpezieller angepaßt werden. Noch einfacher iſt es, die zum Rauchverbrennen erforderliche Luft durch die nicht ganz geſchloſſene Feuertür einſtrömen zu laſſen und letztere zu ſchließen, wenn der Luftbedarf vorüber iſt, zumal die ſelbſttätigen Apparate dem wirklichen, fortwährend ſchwankenden Luftbedarfe ſich nicht genügend anpaſſen laſſen, auch leicht in Unordnung kommen, weil die Beſchickungsperioden gewöhnlich wechſelnd ſind, von ſeiten des Heizers ſachverſtändige Behandlung und Pflege notwendig iſt, eine Sorgfalt, die, dem Feuer ſelbſt zugewendet, ohne jeden Apparat faſt denſelben Vorteil zu

erreichen geſtattet. Die Aufmerkſamkeit und Mühe des Heizers wird um ſo geringer, je gleichmäßiger der Rauch in der Feuerung entſteht, weil dann der Luftbedarf auch ein gleichmäßigerer und weniger regulierbedürftig wird. Auf dieſen Umſtand ſtützt ſich daher eine ganze Reihe von Beſchickungsmethoden und Feuerungseinrichtungen. Eine alte Beſchickungsregel lautet: „Den friſchen Brennſtoff auf den vorderen Teil des Roſtes aufhäufen, ihn abgaſen und verkoken laſſen und ihn vor der nächſten Beſchickung über den ganzen Roſt hinweg ausbreiten.“ Da hierbei die friſche Kohle weniger dicht mit der Glut in Berührung kommt, ſo iſt auch die Entgaſung eine wenig ſtürmiſche, der entſtehende Rauch kann gleichmäßiger verbrennen. Bedenklicher aber iſt es beim Ausbreiten des Kohlenhaufens; dabei entſteht meiſt viel Rauch, da in der verfügbaren Zeit ein Durchglühen des Haufens bis innen hinein nicht möglich iſt; ferner hat der Heizer die doppelte Arbeit, es ſteht längere Zeit die Türe offen und die Leiſtung des Roſtes iſt deshalb eine geringere, auch wegen der langſameren Entzündung. — Dieſes Prinzip der ruhigeren Deſtillation des friſchen Brennſtoffes liegt der Carlo-Feuerung (Fig. 22) zugrunde. Noch beſſer wird das Prinzip gleichmäßiger Rauchentwicklung verwirklicht durch die regelmäßigen, mechaniſchen Beſchickungsvorrichtungen. Dieſe vermeiden tatſächlich die Rauchbildung, die ſonſt durch die Beſchickung verurſacht wird, aber die meiſten Kohlenſorten müſſen zeitweiſe geſchürt und aufgelockert werden, wobei oft mehr Rauch entſteht als beim Kohlenaufwerfen.

Die Abſicht einer Reihe andrer Einrichtungen iſt auf beſtändige Sicherung der Entzündungstemperatur (zweite Urſache der Rauchbildung) gerichtet. Man führt deshalb beſondere Gewölbe auf, wo ſolche, wie bei Dampfkeſſelinnenfeuerungen, nicht ſchon vorhanden waren, oder man erteilt der Feuerluke die Form vieler kleinen Oeffnungen in der Feuerbrücke. Dabei bewirkt aber die Glut der Gewölbe eine ſchnellere, alſo eine ungleichmäßigere Gasentwicklung und ein leichteres Schmelzen der Schlacken. Dieſe Mauern ſind bei Steinkohlen auch häufigeren Reparaturen unterworfen. Ferner verſetzt die anſchmelzende Aſche die Oeffnungen in der Feuerbrücke, und endlich ſind alle ſolchen Hilfsmittel doch unwirkſam, wenn der Zutritt der Verbrennungsluft nicht gleichzeitig dem Bedarfe genau angepaßt wird. Die Temperatur zu erzielen und nicht zu tief ſinken zu laſſen, iſt die leichteſte Aufgabe für den Heizer; dazu können beſondere Einrichtungen entbehrt werden. Dagegen wirkt es etwa wie läuternd, weil zerſetzend, auf den Rauch, wenn er durch eine Schicht glühender Kohlen hindurchgeleitet wird. Dieſe Methode wird angenähert verwirklicht durch die Donneley-Feuerung (Fig. 23), vollſtändiger durch den horizontalen Röhrenroſt (vgl. S. 9), ferner durch die Müllerſche Feuerung (Fig. 14) und die Wilmsmannſche Wehrfeuerung (Fig. 15), ferner durch den bereits veralteten Langenſchen Etagenroſt; doch haben alle dieſe Einrichtungen aus den dort erörterten Gründen keine allgemeine Bedeutung.

Aus dieſen Darlegungen geht hervor, daß keine Roſtfeuerung als allen Anſprüchen genügende Rauchverbrennungsanlage gelten kann. Dagegen ſind die neueren roſtloſen Feuerungsanlagen, wie Kohlenſtaub-, Oel- und Gasfeuerungen, als zuverläſſige rauchfreie Feuerungen zu erachten, da es bei dieſen ſehr leicht iſt, das richtige Verhältnis zwiſchen Kohlen- und Luftmenge momentan herzuſtellen und es bei allen Wechſeln und Schwankungen des Wärmebedarfes zu erhalten, weil ferner die Temperatur des Feuerungsraumes nicht zu tief ſinken kann und weil endlich die Roſtgröße in Ermanglung eines Roſtes ohne Einfluß iſt.

Die Kontrolle der Feuerungsanlagen

hat den Zweck, die Wärmeverluſte zu überwachen und möglichſt einzuſchränken; ſie bildet einen weſentlichen Punkt in dem Beſtreben, einen wirtſchaftlichen und vorteilhaften Betrieb zu ſichern. Bei einer ſolchen Ueberwachung iſt zunächſt für die Richtigkeit und den guten Zuſtand der Einrichtungen und Baulichkeiten, z. B. für beſtändige Dichtheit und gute Iſolierung der Wandungen, für die notwendigſte Reinheit der Zugkanäle, guten Zuſtand des Roſtes u. dergl. Sorge zu tragen. Im weiteren aber, und das iſt die mühſamere Kontrolle, ſind die Vorgänge der Verbrennung laufend zu überwachen, z. B. der Luftüberſchuß und Luftmangel, Angemeſſenheit der Zugſtärke, Anfangs- und Endtemperatur, Roſtgröße, gewonnene und verlorene Wärmemengen, Güte des Brennſtoffes, ſeine Eigenſchaften für den vorliegenden Zweck, Frage nach dem für den beſonderen Fall geeignetſten und billigſten Brennſtoff, Sammlung von Erfahrungswerten und Vergleich derſelben mit den jeweils beobachteten Daten. — Auf den erſten Teil, betreffs Zuſtandes der baulichen Einrichtungen, näher einzugehen, iſt entbehrlich, dagegen bedarf der andre Teil, die laufende Kontrolle, der Erörterung.

Wärmeverluſte durch Luftüberſchuß. Wenn 1 cbm Luft mit bituminöſer Kohle vollſtändig verbrennt, ſo verbinden ſich erfahrungsgemäß, alles in Volumprozenten ausgedrückt, 18—19% *O* mit *C* zu ebenſoviel Prozent CO_2 (vgl. Brennſtoffe). 2—3% *O* verbinden ſich mit *H* zu doppelt ſo viel, 4—6% Waſſerdampf; dieſe Gaſe miſchen ſich mit den 79% *N* der Luft zu den ſogenannten Verbrennungsgaſen. Es entſtehen alſo durch vollſtändiges Verbrennen von 100 cbm Luft 102—103 cbm Verbrennungsgaſe (bei gleicher Temperatur). Bei gewöhnlicher Temperatur kondenſiert der Dampf als Waſſer aus und es bleiben 97—98 cbm Verbrennungsluft übrig, deren Gewicht um das Gewicht des aufgenommenen *C*, d. i. 10,97 kg, größer iſt als vor der Verbrennung. Da 98 cbm Luft 126,71 kg wiegen, ſo iſt das ſpez. Gew. der Verbrennungsgaſe $126{,}71 + 10{,}97 : 126{,}71 = 1{,}087$, das ſich dem ſpezifiſchen Gewicht der Luft (d. i. 1) um ſo mehr nähert, je mehr ſolche unverbrannte Luft in den Verbrennungsgaſen enthalten iſt. Da ſich durch feine chemiſche Gaswagen (ſ. Dafymeter und Gaswagen) das ſpezifiſche Gewicht von Gaſen laufend beobachten läßt, ſo bieten ſolche ein einfaches Mittel zur Feſtſtellung des CO_2-Gehaltes; leider ſind ſie für den rohen Betrieb der Praxis zu fein und empfindlich.

Zur Beſtimmung der vollſtändigen Zuſammenſetzung der Feuergaſe iſt die chemiſche Unterſuchung anzuwenden. Ergibt eine ſolche Unterſuchung z. B. CO_2% Gehalt an Kohlen-

ſäure, O% Sauerſtoff- und N% Stickſtoffgehalt (immer Volumprozent), ſo iſt die durch das Feuer wirklich hindurchgezogene Luftmenge $21 : [21 - 79\,(O : N)]$ mal ſo groß als die zur Verbrennung theoretiſch erforderliche Luftmenge. Da die Feuerluft bei allen techniſchen Anlagen wärmer ab- als zuſtrömt, ſo nimmt der hierdurch entſtehende Wärmeverluſt zu mit der Luftmenge und mit dem Temperaturunterſchied zwiſchen der abſtrömenden (T° C.) und der einſtrömenden (t° C.). Da die Temperatur T gewöhnlich über 100° beträgt, ſo geht das durch Verbrennung entſtehende und in der Kohle enthaltene Waſſer als Dampf ab, ſo daß deſſen Verdampfungswärme auch mit verloren iſt. Die in den Feuergaſen noch enthaltene, von jedem Kilo Brennſtoff verloren gehende Wärme beſtimmt ſich deshalb durch die Formel

$$100\left[\frac{0{,}32\,C}{0{,}536\,CO_2} + 0{,}0048\,(9H + W)\right](T - t) : \text{W.E.} = \text{Prozent des aufgewendeten Wärmewertes,}$$

worin bedeutet: C = Kohlenſtoffgehalt der verbrannten Kohle in Gewichtsprozenten,
CO_2 = Kohlenſäuregehalt der Feuergaſe in Volumprozenten,
H = Waſſerſtoffgehalt der verwendeten Kohle in Gewichtsprozenten,
W = Waſſergehalt " " " " "
W.E. = Wärmeeinheiten " " " " 1 kg,
T = Temperatur der abziehenden Feuergaſe,
t = Temperatur der in die Feuerung einſtrömenden Luft.

Für Steinkohlen kann man ſtatt vorſtehender mit genügender Genauigkeit die Annäherungsformel $0{,}65\,(T - t) : CO_2$ ſetzen [18]. Die Gleichung läßt ſich bequem graphiſch darſtellen [19].

Wärmeverluſte durch Luftmangel. Bei Luftmangel enthalten, wie oben erörtert, die Feuergaſe noch brennbare Gaſe, und zwar CO, bei bituminöſen Kohlen auch H, C_4H_4, C_2H_4, C_4H_2 u. ſ. w. Dieſe chemiſch feſtzuſtellen iſt für die Praxis zu umſtändlich; man begnügt ſich daher, CO_2 und O zu beſtimmen. Wenn beide zuſammen 19% ausmachen, ſo können keine brennbaren Gaſe mehr vorhanden ſein; iſt die Summe aber kleiner als 18,5, dann kann der Fehlbetrag als brennbares Gas angenommen werden. Nimmt man an, daß dasſelbe nur aus CO beſteht, ſo iſt der Prozentſatz des Verluſtes durch unvollkommene Verbrennung $= (CO \cdot 70) : (2\,CO_2 + CO)$, worin CO und CO_2 die bei der Gasanalyſe gefundenen Prozentzahlen des Kohlenoxydes und der Kohlenſäure bedeuten. Iſt alſo z. B. $CO_2 = 14$, $CO = 1$, ſo iſt der Verluſt $= (1 \cdot 70) : (2 \cdot 14 + 1) = 2{,}4$%. Kohlenwaſſerſtoffgaſe kommen nur während des Rauchens in den Feuergaſen vor und kann ihre Menge dann allerdings erfahrungsmäßig bis 4%, ihr Heizwert bis 12% betragen.

Ein weiterer Verluſt an Wärme entſteht bei allen Feuerungsanlagen **durch Ausſtrahlung und Ableitung.** Dieſen Verluſt zu beſtimmen gibt es noch keine bewährten Methoden, weshalb er ſtets als Reſt berechnet wird [20]. Hat z. B. eine beſtimmte Steinkohle einen kalorimetriſch oder analytiſch beſtimmten Heizwert von 7300 W.E. und iſt mit 1 kg derſelben bei einem Dampfkeſſel 8,34 kg Waſſer von 40° in Dampf von 7 Atmoſphären Ueberdruck verwandelt worden, ſo läßt ſich die Wärmebilanz in folgender Weiſe aufſtellen. Der Dampf von 8 Atmoſphären abſolut enthält in 1 kg 658 W.E. (vgl. Dampf); 40 W.E. enthielt das Waſſer bereits, mithin ſind $658 - 40 = 618$ W.E. für 1 kg Dampf aufgewendet worden. Um Waſſer von 0° in Dampf von 100° zu verwandeln, ſind aber 637 W.E. erforderlich; mithin entſpricht obige Dampfmenge von 8,34 kg der reduzierten Dampfmenge von $8{,}34 \cdot 618 : 637 = 8{,}09$ kg. Dieſelbe hat alſo $8{,}09 \cdot 637 = 5154$ W.E. zu ihrer Erzeugung verbraucht, d. i. ausgenutzt, oder $5154 \cdot 100 : 7300 = 70{,}6$% der von 1 kg Kohle aufgewendeten Wärmemenge aufgenommen, d. h. der Nutzeffekt der Anlage beträgt 70,6%, ein Verhältnis, wie es bei beſſeren Dampfkeſſelanlagen gewöhnlich beſteht. Je nach dem Grade des guten Zuſtandes, fachverſtändigen Betriebes, geeigneter Kohlenſorte und mäßiger Anſtrengung kann der Nutzeffekt bis etwa 80% geſteigert werden, allerdings findet man ihn nicht ſelten zu 50% und noch niedriger. — Hat nun die Abgangstemperatur fraglicher Anlage 275° und die Außentemperatur 25° betragen, ſo iſt in obiger Formel $T - t = 250°$. War ferner der CO_2-Gehalt im Fuchs 8%, der C-Gehalt der Kohle 75%, der H-Gehalt 5% und der Waſſergehalt 3%, ſo ſtellt ſich der Schornſteinverluſt auf

$$100\left[\frac{0{,}32 \cdot 75}{0{,}536 \cdot 8} + 0{,}0048\,(9 \cdot 5 + 3)\right]\frac{250}{7300} = 20{,}0\%.$$

Es bleibt dann für die Ausſtrahlung $100 - 70 - 20 = 10$% Verluſt übrig.

Bei oberflächlicherer Unterſuchung einer Dampfkeſſelanlage wird nur der Kohlenſäuregehalt und die Temperatur gemeſſen, und man begnügt ſich, wenn erſterer nicht unter 13—14%, letztere nicht über 250—300° beträgt. — Die Beſtimmung des Heizwertes der Kohlen wird entweder auf Grund einer chemiſchen Analyſe berechnet (vgl. Brennſtoffe) oder kalorimetriſch direkt gemeſſen (vgl. Kalorimeter).

Beſondere Feuerungsanlagen ſ. in den Artikeln: Brotfabrikation, Dampfkeſſel, Dampfkeſſelberechnung, Dampfkeſſelbetrieb, Eiſengießerei, Flußeiſen, Gießerei, Glas, Glasöfen, Heizung geſchloſſener Räume, Kehrichtverbrennung, Leichenverbrennung, Lokomobilen, Lokomotiven, Oefen, metallurgiſche, Oefen zum Brennen von Ziegeln, Retortenöfen, Roheiſen, Schiffskeſſel, Schweißeiſen u. ſ. w.

Literatur: [1] Glaſers Annalen, Bd. 33, 1893, S. 31. — [2] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1891, S. 627, 691, 728, 937, 970. — [3] Zeitſchr. f. Dampfkeſſel- u. Maſchinenbetr. 1902, S. 338. — [4] Dief., S. 340. — [5] Reiche, H. v., Anlage und Betrieb der Dampfkeſſel, Leipzig 1886, S. 161. — [6] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1887, S. 351; 1889, S. 150. — [7] Zeitſchr. d. intern. Verbandes der Dampfkeſſelüberwachungsvereine 1895, Nr. 16, 18, 19, 20; 1896, Nr. 12 und 13. — [8] Dief. 1896, Nr. 1. — [9] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1892, S. 23. — [10] Dief. 1884, S. 666;

1885, S. 499 und 800; 1886, S. 407. — [11] Dief. 1887, S. 1007. — [12] Dief. 1892, S. 24. — [13] Stegmann, H., Gasfeuerung und Gasöfen, Berlin 1877. — [14] Uhlands Wochenfchrift 1896, Nr. 27. — [15] Zeitfchr. d. intern. Verb. d. Dampfkeffelüberwachungsvereine 1894, Nr. 15 (Kowitzke). — [16] Zeitfchr. f. Dampfkeffel u. Mafchinenbetr. 1904, Nr. 46. — [17] Dief. 1902, Nr. 37. — [18] Siegert, A., Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ingen. 1888, S. 1099. — [19] Dief. 1891, S. 791. — [20] Protokoll der 33. Verfamml. des Intern. Verbandes der Dampfkeffelüberwachungsvereine 1904 zu Barmen, S. 252. — Sonftige Literatur: Jüptner v. Jonstorff, H., Heizverfuche an Keffelfeuerungen, Leipzig 1894; Barr, W. M., Boilers and furnaces consid. in their relations to steam engineering, Philadelphia 1879; Püttfch, Neuere Gas- u. Kohlenftaubfeuerungen, Berlin 1899; Haier, Dampfkeffelfeuerungen zur Erzielung einer möglichft rauchfreien Verbrennung, Berlin 1899. *C. Cario.*

Feuer, unterbrochenes, Feuer, das in gleichen, längeren Zeitabfchnitten durch eine oder mehrere kurze Verdunklungen unterbrochen wird und ein Licht von gleichbleibender Stärke zeigt. Die Farbe des Lichtes ift in der Regel weiß, kann aber auch wechfeln, fo daß einmal ein weißes, nach der Paufe ein rotes und dann wieder ein weißes Feuer zu fehen ift (f. die Figur). Vgl. a. Leuchtfeuer.

Literatur: Verzeichnis der Leuchtfeuer aller Meere, Reichsmarineamt. *von Nießen.*

Feuervergoldung, -verfilberung, f. Vergolden, Verfilbern.

Feuerwehr und damit zufammengefetzte Stichwörter f. unter Feuerfchutz und Feuerrettungswefen.

Feuerweiher, f. Feuerfchutz und Feuerrettungswefen, Bd. 3, S. 788.

Feuerwerkerei (Pyrotechnik), die künftliche Anfertigung und Anwendung jener Mittel, durch die mittels Verbrennung geeigneter Materialien fowohl die Hervorbringung einer großen Hitze und die gleichzeitige Entwicklung ftarken Gasdrucks zur Benutzung als bewegende Kraft als auch Feuerleitungs-, Zünd- und Beleuchtungszwecke erreicht werden. Die Geftaltung diefer Mittel (der fogenannten Feuerwerkskörper), die mannigfaltigen Bedingungen, unter denen fie gezwungen werden, ihre Kraft auszuüben, laffen die Feuerwerkerei in Kriegs- oder Ernftfeuerwerkerei und Luftfeuerwerkerei einteilen. Der Zweck der Luftfeuerwerkerei ift, dem Auge angenehme Feuergebilde, dem Ohr das Ertönen von Kanonaden, Maffengewehrfeuer u. f. w. unter Ausfchluß jeder Gefahr für die Zufchauer vorzuführen; im Kriege werden — wenn hier von der Munition abgefehen wird — die im folgenden befprochenen Feuerwerkskörper teilweife zu Signalen u. f. w. verwendet.

Die Sätze. Jedes in der Feuerwerkerei verwendete Gemenge brennbarer Subftanzen nennt man einen Feuerwerksfatz oder kurzweg einen Satz. Je nach den Wirkungen, die man von den Feuerwerksfätzen haben will, und je nach den Zwecken, denen fie dienen follen, ift ihre Zufammenfetzung eine wechfelnde. Nur aus einer verhältnismäßig kleinen Anzahl von Körpern werden die Mifchungen hergeftellt. Einerfeits dienen als Beftandteile der Sätze leicht verbrennbare Körper, wie Kohle, Schwefel, Schwefelantimon, Harze, Teer, anderfeits müffen fauerftoffabgebende Körper zugemifcht werden, wie Salpeter (Kalifalpeter) und chlorfaures Kali. Eine dritte Reihe von Körpern dient zur Hervorbringung der Lichteffekte (Baryum-, Strontium-, Kupfer- und andre Salze), alfo zur Färbung der Flammen, und feingerafpelte Metalle, gröbere Kohlenpartikelchen zur Erzeugung von Funken- und Sprühfeuern. Man unterfcheidet folgende Fundamentalfätze:

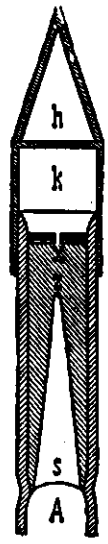
1. Schießpulver. Man verwendet Kornpulver zu Stoßladungen, alfo zum Herausfchleudern von Feuerwerkskörpern aus Bomben, Mörfern, Gewehren u. f. w., oder zur Hervorbringung eines Knalles (Kanonenfchläge, Knallfatz in Raketen, Schwärmer u. f. w.). Die Körnung ift notwendig zur Erzielung einer lebhaften Verbrennung und fchnellfter Gasentwicklung. Mehlpulver ift gemahlenes Sprengpulver und wird in wechfelnder Zufammenfetzung benutzt; es kommt zur Anwendung, wenn ein langfames Abbrennen erforderlich ift.

2. Salpeterfchwefel, ein Gemenge von 3 Teilen Salpeter und 1 Teil Schwefel. Er liefert bei der Verbrennung nur wenig Gas und dient als Grundlage für die meiften Leuchtfätze.

3. Grauer Satz, eine Mifchung von 7 Teilen Mehlpulver auf 100 Teile Salpeterfchwefel; er dient z. B. zur Herftellung von Feuerballen und in Mifchung von Schwefelantimon zur Herftellung von Leuchtfackeln.

4. Kohlenfatz, ein Mehlpulver, dem auf 500 Teile 6—8 Teile Kohle zugefetzt find. Hierher gehören die als faule oder matte Sätze bezeichneten Mifchungen, die aus Mehlpulver beftehen, deffen Wirkung durch weiteren Kohlezufatz verlangfamt ift. Außerdem fpricht der Pyrotechniker noch von raffchen und langfamen Schwärmerfätzen und grünen Sätzen, das find folche, die aus „grauen und faulen Sätzen" oder aus Mifchungen von diefen bereitet find. Weiter gehören hierher die aus Mehlpulver, Salpeter, Kohle (und zuweilen etwas chlorfaurem Kali) beftehenden Treibfätze und die ihnen ähnlichen Funkenfätze, welche Mifchungen aus Salpeter, Schwefel und Kohle (oder Salpeterfchwefel und Kohle) vorftellen. Erftere werden in der Kriegsfeuerwerkerei zur Herftellung von Signalraketen und in der Kunftfeuerwerkerei ebenfalls zu Raketen verwendet.

Raketen find ftarke Papierhülfen, die mit einem ftark verdichteten, über einen „Dorn"



geſchlagenen Treibſatze gefüllt ſind und an der Spitze einen Knallſatz oder ſonſt eine Verſetzung enthalten (farbige Sterne u. ſ. w.). Die geladene Hülſe iſt an einem leichten vierkantigen Holzſtab angebracht, welcher der Rakete die Balance und die Richtung zu geben hat. Das Wichtigſte bei der Rakete iſt die Seele oder Ausbohrung. Die Raketen dienen nicht nur zu Feuerwerksſchauſtücken, ſondern auch zu Signalzwecken, zum Wetterſchießen und die großkalibrigen (5—8 cm lichte Weite und 70—90 cm Länge) zur Rettung Schiffbrüchiger, indem man mit der Rakete vom Strand aus Leinen zum Schiff (Wrack) hinüberſchießt, an denen Taue nachgezogen werden. Die Hülſen ſind häufig von dünnem Blech. Die Wurfraketen werden auf beſonders konſtruierten Lafetten aufgelegt, die man wie ein Geſchütz mittels Kurbel nach dem Zielpunkt richten kann. Außerdem dienen ſie auch als Torpedofortbewegungsmittel (ſogenannte Waſſerraketentorpedos).

Nebenſtehende Figur gibt den Durchſchnitt einer Rakete mit Hut. *Z* iſt die Zehrung, d. h. der dicht eingeſtampfte Teil des Satzes; die Zehrung iſt durch die durchlochte Schlagſcheibe *x* abgeſchloſſen; hinter *x* befindet ſich der Knallſatz; *h* iſt der Hut, *k* die Kammer, in welche die Verſetzungen kommen, *s* die Seele, d. h. die Ausbohrung der Rakete; *A* enthält die Anfeuerung.

Die Funkenſätze werden zur Herſtellung von ſogenannten Brändern (Hülſen, am vorderen Ende, der Kehle, zu einer engen Ausſtrömungsöffnung gewürgt), benutzt, welche dann in entſprechender Montierung und Gruppierung die Sonnen, Kaskaden, Fächer, Palmbäume, Fixſterne, Triangelfeuerräder u. ſ. w. liefern. Dieſe Funkenſätze werden außer mit der ein rötliches Licht gebenden Kohle mit Metallſpänen u. ſ. w. verſetzt; im letzteren Fall nennt man ſie Brillantſätze. Andre Satzmiſchungen und ihre Bezeichnung ſind in der Zuſammenſtellung weiter unten angegeben, die auch die Verwendungsart der Sätze in einer Reihe von Feuerwerksſtücken erkennen läßt. Näheres über die Herſtellung derartiger Artikel, auch der Raketen u. ſ. w., iſt in den zahlreich vorhandenen „Rezeptbüchern“ der Kunſtfeuerwerkerei nachzuleſen [1]—[3].

Leucht- oder Farbenſätze enthalten ebenfalls einen der obengenannten Sätze oder Miſchungen derſelben, ferner faſt ausnahmslos chlorſaures Kali und die entſprechenden farbige Feuer erzeugenden Chemikalien (Strontian-, Barytſalpeter u. ſ. w.). Die Sätze müſſen aus ſcharf getrockneten Chemikalien zuſammengemiſcht werden. Die Erzeugung der Buntfeuer (ſogenanntes bengaliſches Feuer), die ſich unterſcheiden laſſen in Flammen (zur Beleuchtung großer Räume mit farbigem Licht), die gewöhnlich in Tiegeln und ähnlichen Gefäßen, alſo offen, abgebrannt werden, in Lichter, bei denen der Satz in dünne Hülſen gefüllt iſt (zur Gruppierung von Farben), und in Sterne, deren Zweck ſchon der Name angibt (Verbrennung, während ſie in der Luft ſchweben), beruht auf der Eigentümlichkeit der in Betracht kommenden Chemikalien, beim Verbrennen farbiges Licht auszuſtrahlen. Hiernach erſcheint es auf den erſten Blick leicht, einen Leuchtſatz ſich ſelbſt zuſammenzumiſchen; die Sache iſt jedoch ſo einfach nicht, weil noch einige Faktoren mitſprechen, wie die Geſchwindigkeit des Abbrennens (bei Sternen muß ſie am größten, bei den Lichtern geringer und bei den offenen Flammen am geringſten ſein), die Temperatur, bei welcher der farbgebende Körper am ſchönſten wirkt, die Schlackenbildung und die Schmelzbarkeit der Schlacken. Miſcht man verſchiedenartig brennende Sätze zuſammen, ſo erhält man teils andre Farbentöne, teils, anſtatt der zu erwartenden Miſchfarbe, eine nahezu weiße Flamme. Durch Miſchen von Rot und Gelb erhält man ein ſchwaches Orange. Blau und Gelb geben ein nicht intenſives ſchwaches Grün. Rot und Blau zuſammen geben Violett, als die einzige durch Miſchen der andern Farbenfeuer herſtellbare gute Miſchfarbe. Rot und Grün geben Weiß. So beſteht z. B. ein Weißfeuer, ein franzöſiſches Präparat, aus Strontiumnitrat (rot brennend), Baryumnitrat (grün brennend) und Schellack. Laſſen ſich die Satzbeſtandteile unmittelbar einfach zuſammenmiſchen, ſo nennt man die Sätze kalte Sätze (das Kaltgeſchmolzenzeug unſrer alten Bombardiere und Feuerwerker). Warme Sätze (Warmgeſchmolzenzeug) ſind dagegen diejenigen Miſchungen, die durch Zuſammenſchmelzen hergeſtellt ſind.

Kaliumchloratſchwefel nennt man einen aus 125 Teilen Kaliumchlorat und 35 Gewichtsteilen Schwefel beſtehenden Satz, der als Beimiſchung für Leuchtſätze genommen wird. Hier kann das Kaliumchlorat durch das weniger gefährliche Kaliumperchlorat erſetzt werden.

Aus dieſen Sätzen ſeien noch erwähnt die Brandſätze, mittels deren man den Zweck verfolgt, brennbare Objekte auf größere Entfernungen hin in Brand zu ſtecken. Dieſelben müſſen ſo gemiſcht ſein, daß ſie mit der Eigenſchaft, langſam abzubrennen, eine möglichſt große Wärmeentwicklung verbinden. Der preußiſche Satz für Brandgeſchoſſe beſtand z. B. aus 76 Teilen grauem Satz und 24 Teilen Kolophonium. In Bayern war ein Satz von Mehlpulver und ſogenanntes „Warmgeſchmolzenzeug“ üblich.

Die Stankkugelſätze haben den Zweck, beim Abbrennen eine große Menge unatembares Gas zu liefern, was mit Hilfe von ſtark ſchwefelhaltigen Sätzen (z. B. Verſetzen des Salpeterſchwefels mit ſo viel Kohle, daß er fortbrennt) durch Entwicklung der ſtechend riechenden und die Atemwerkzeuge reizenden ſchwefligen Säuren erreicht wird. Mit ähnlichen Sätzen ſind die Feuerlöſchdoſen gefüllt, da eine reichliche Entwicklung ſchwefliger Säure die Verbrennung unterdrückt oder, mit andern Worten, das Feuer erſtickt. Auch die „Desinfektionsſchwärmer“, die früher zur Desinfektion von Wohnräumen u. ſ. w. empfohlen worden ſind, waren mit ſolchen Sätzen hergeſtellt. Ihre Wirkung beruhte auf den desinfizierenden Eigenſchaften der ſich bei ihrem Abbrennen entwickelnden ſchwefligen Säure.

Ueber die Hauptrepräſentanten der Kunſtfeuerwerkſtücke mit ihren Sätzen kann nur ein Ueberblick zur Orientierung gegeben werden. Die quantitative Zuſammenſetzung der Sätze und die Herſtellung der Feuerwerkskörper iſt in den untenangegebenen Anleitungen

zur Kunſtfeuerwerkerei nachzuſehen. Brillantfontänen ohne Knall enthalten Mehlpulver, gröbere Kohle, grobe Stahlſpäne (beſonders ſogenannte Filière). Der Kanonenſchlag enthält Kornpulver (Scheiben-) und Mehlpulver. Zu Kaskaden mit Brändern benötigt man Mehlpulver, Kohle, feine Stahlſpäne. Umläufer mit zwei Brändern: ein Bränder enthält z. B. Goldſandſatz (das iſt ein Satz aus Mehlpulver, Kohle und Goldſand [„Katzengold"]), der andre Mehlpulver, Kohle und Stahlſpäne. Kaskaden mit drei Brändern (drehend): Mehlpulver, Kohle und grobe Stahlſpäne. Triangelfeuerräder mit drei Brändern werden z. B. je mit Kohlenſatz, mit grünem Satz und mit Goldſandſatz geladen; Tourbillons (Tiſchraketen) brauchen Kohlenſatz. Telegraphenraketen, einfache und doppelte, die auf Schnüren laufen, enthalten Kohlenſatz. Chineſiſche Fächer mit drei Brändern lädt man mit Kohlenſatz und bengaliſchen Körnern (Strontian, Baryt), letztere chlorathaltig. Kometenkäſten (Pots-à-feu) erfordern eine Stoßladung (Pulver), dann Brändер mit Schwärmerſatz und mit Kohlenſatz. Zum Laden großer Schwärmer und kleiner Schwärmer dient halbgrüner Satz (Mehlpulver, Schwefel, Kohle und Salpeter); zu Salonſchneckenrädchen grüner Satz. Die Kaloſpinthe erhält grünen Satz mit groben Stahlſpänen und Pfeifſand (pikrinſaure Magneſia) — der Feuerſtrahl entführt beim Entzünden dem in der Hand gehaltenen Feuerwerkskörper unter lautem Pfeifen. Brillantbuketts erfordern grünen Satz mit groben Stahl- und Aluminiumſpänen. Pots-à-feu mit Schwärmern: Stoßladung von Pulver und kleine Schwärmer. Pots-à-feu mit Fröſchen: Stoßladung von Pulver und Fröſche. Die Konfettibomben erhalten eine Stoßladung (Pulver) und ausgehauene verſchiedenfarbige Papierblättchen in der Größe und Form eines ſilbernen Zwanzigpfennigſtückes. Brillantpalmen erhalten Kohlenſatz mit groben Stahlſpänen. Römiſche Lichter mit bunten Leuchtkugeln führen eine Stoßladung von Pulver, ſchwachen oder matten Satz und Leuchtkugeln, letztere aus chlorathaltigem Farbenſatz hergeſtellt. Raketen erhalten faulen Satz (Kohlenſatz); von Wichtigkeit iſt hier die Seele (Ausbohrung). Magneſiumfackeln grün: Baryumnitrat und Schellack, rot: Strontiumnitrat und Schellack, mit wenig Kaliumchlorat. Brillantſterne enthalten vorne Schellackkugelfeuer (auch grün bengaliſches Feuer), dann Kohlenſatz. Handſchlangen ſind Hülſen mit wenigen Pulverkörnchen (Stoßladung), die einen kleinen Schwärmer herausſtoßen. Knallraketen: fauler Satz mit Knall (Scheibenpulver). Prachtſtäbeumläufer werden aus Brändern hergeſtellt, die zur Abwechſlung je mit Kohlenſatz und Bleiglätte und mit Goldſandſatz geladen ſind. Vulkane führen grauen Satz mit Stahlſpänen. Fröſche, große und kleine, enthalten Mehlpulver. Goldchop-Pelotonfeuer: a) aus ganz kleinen Schwärmern, b) aus größeren Schwärmern hergeſtellt; bengaliſche Fackeln beſtehen aus bengaliſchem Schellackfeuer (chlorathaltig). Radfahrerbomben (große Knallerbſen): grobe Sandkörner mit etwas Knallqueckſilber.

Chemiſche Unterſuchung der Sätze: Bei der Mannigfaltigkeit der Miſchungen laſſen ſich hierfür Normen nicht aufſtellen. Man hat die Analyſe wie die Pulverunterſuchung [4] vorzunehmen und die anorganiſchen Körper nach dem allgemeinen Gang der Analyſe zu ermitteln.

Die **Zündungen** für die Feuerwerkskörper ſind ein wichtiger Hilfsteil der Feuerwerkerei; von ihrem richtigen Funktionieren hängt das Gelingen des ganzen Feuerwerks ab. Man unterſcheidet:

1. Den Anfeuerungsteig, ein Gemenge von Mehlpulver und Alkohol (Spiritus). Die Anfeuerung dient zur Beſtreichung der Stoppinen bei den Brandlöchern in den durch das Würgen der Hülſen entſtandenen Keſſeln (Befeſtigung des Zunders bei Fröſchen und Schwärmern) und derjenigen Stellen, die Feuer fangen ſollen.

2. Die Zündſchnüre (Lunten, Ludelfäden, Stoppinen). Dieſe beſtehen aus drei- bis vierfachem, mit dicker Anfeuerung vollſtändig imprägniertem und mit Mehlpulver beſtreutem Baumwollgarn. Nach einer Artillerievorſchrift benötigt man zu einer Zündſchnur von 100 m Länge und 0,52 cm Durchmeſſer an Materialien: 2,94 kg Mehlpulver, 4,35 l Spiritus, 21,2 g Gummiarabikum und 0,24 kg Baumwollgarn. Brennzeit: 1 m = 24 Sekunden. Beim ſogenannten Leitfeuer iſt die Stoppine durch Papierhülſen verdeckt. Dieſe Verdeckung dient zur Sicherung der zu entzündenden Feuerwerkskörper. Ludelfäden oder Papierſtoppinen ſind ebenfalls in Papierhülſen befindliche Zündſchnüre. In der Regel ca. 28 cm lang und von 0,33—0,21 cm Durchmeſſer, dienen ſie dem gleichen Zweck wie die Leitfeuer. Die Luntenbeize: Der Zweck der Luntenbeize iſt ein doppelter; einesteils ſoll ſie den Luntenfaden oder die Zündſchnur brennbarer machen, d. h. die Verbrennung beſchleunigen, anderenteils verlangt man ein ſicheres, ruhiges und gleichmäßiges Fortbrennen der damit gebeizten Zündfäden (z. B. bei den Zeitzündern). Die Beize beſteht aus einer Salpeterlöſung, und zwar 1 Teil Salpeter auf 10 Teile Waſſer. Man legt die trockenen Baumwollfäden in Strähnen in die Löſung ein, läßt ſie 12 Stunden darinnen, ringt aus und trocknet. Langſam brennende Lunten, z. B. für Taſchenfeuerzeuge, beſtehen aus locker geſponnenen oder geflochtenen Stricken aus Baumwollgarn, die mit Bleinitrat oder mit Bleiacetat und Kaliumchromat imprägniert ſind. Letztere Schnüre ſind infolge des gebildeten Bleichromats ſchön gelb. Zündpapier kann bei trockenem Wetter unmittelbar anſtatt der Lunte zu Feuerleitungen dienen, auch wird es zu mannigfachen Zündzwecken benutzt. Man ſtellt es dar, indem man auf Löſchpapier beiderſeitig dünne Anfeuerung gleichmäßig aufträgt und ſie mit Mehlpulver beſtreut.

3. Schießwollzündſchnüre. Darſtellung wie Schießbaumwolle (ſ. Sprengſtoffe und [4]). Unter allen Zündvorrichtungen pflanzen ſie das Feuer am raſcheſten fort. Ein ſolcher Zündfaden dient hauptſächlich zum Entzünden großer kombinierter Feuerwerksſchauſtücke. Er brennt ungeheuer raſch und teilt das Feuer z. B. einem Zündpapier, um das er gewickelt iſt, abſolut ſicher mit. Dieſe Zündung hat noch den Vorteil der Billigkeit (gegenüber elektriſcher Zündung) und der Verwendbarkeit bei Regenwetter.

4. Zündlichter. Die Zündlichter ermöglichen die ſichere und raſche Entzündung von Ladungen und Feuerwerkskörpern. Das Zündlicht muß außerordentlich gut brennen und darf ſelbſt beim heftigſten Sturzregen nicht verlöſchen. Sie ſind warm, d. h. durch Zuſammen-

ſchmelzen von Salpeterſchwefel, Mehlpulver und Kolophonium und nachheriges Pulvern zu bereiten; ihre Hülſen ſind, damit ſie mit verbrennen, mit Salpeter getränkt.

5. Satzröhrchen. Die Satzröhrchen ſind im weſentlichen Zündlichter in kleinerem Maßſtabe, ſind an den Feuerwerksſtücken befeſtigt und ſollen eine ſichere Zündung bewerkſtelligen.

6. Zeitzünder. Dieſelben werden in der Feuerwerkerei gebraucht, wenn man Sprengladungen oder Feuerwerkskörper nach Ablauf einer beſtimmten Zeit entzünden will. Manche Feuerwerksſtücke können nur glücken und die verlangte Wirkung hervorbringen, wenn ihre Teile, z. B. Bränder, Schwärmer u. ſ. w., eine genau feſtgeſtellte Brennzeit haben. Sie ſtellen an einer Seite geſchloſſene Röhren dar, die mit einem aus grauem Satz und Mehlpulver beſtehenden Satz derart gefüllt ſind, daß eine ganz beſtimmte Brenndauer erzielt wird. Dies wird erreicht durch Einhaltung eines geeigneten Miſchungsverhältniſſes und einer geeigneten Satzdichte. Ueber elektriſche Zündungen, Momentzündſchnüre, Initialzündungen ſ. Initialzündungen und Bohr- und Sprengarbeit, Bd. 2, S. 219.

Verkehr mit Feuerwerkskörpern. In der Polizeiverordnung (19. Oktober 1893), betreffend den Verkehr mit Sprengſtoffen (die württembergiſche Miniſterialverfügung iſt vom 16. Auguſt 1905), ſind die Feuerwerkskörper den Sprengſtoffen zugezählt. Von Intereſſe iſt der § 26 dieſer Verordnung, der ſogenannte Spielwarenparagraph. Nach der neuen Verordnung ſind gewiſſe Feuerwerkskörper, wie Kanonenſchläge, Fröſche, Schwärmer, direkt zu denjenigen Sprengſtoffen gezählt, die an „Perſonen, von welchen ein Mißbrauch zu befürchten iſt, insbeſondere an Perſonen unter 16 Jahren“ nicht abgegeben werden dürfen. Dieſe Verordnung zählt obengenannte Feuerwerkskörper nicht zu den Spielwaren, die nur ganz geringe Mengen Sprengſtoffe enthalten und die ohne weiteres verkauft werden dürfen. Ferner ſei der § 29 erwähnt, der von den in den Kaufläden geſtatteten Vorratsmengen handelt. Im Kaufladen dürfen nicht mehr als $2\frac{1}{2}$ kg, im Hauſe nicht mehr als 10 kg Vorrat gehalten werden. Bei der polizeilichen Durchführung dieſer Vorſchrift dürfte bei den Feuerwerkskörpern der Umſtand zu berückſichtigen ſein, daß hier nicht das Bruttogewicht, ſondern nur das Gewicht der Satzmengen in den im Hauptgewicht meiſt aus Pappe, Papier, Holz beſtehenden Körpern in Anrechnung gebracht wird. Näheres ſ. in [4]; vgl. a. [6].

Literatur: [1] Meyer, F. S., Die Feuerwerkerei als Liebhaberkunſt, Leipzig 1898. — [2] Websky, Luftfeuerwerkerei, 8. Aufl., Wien 1891. — [3] Priker, Kunſtfeuerwerkerei, Klagenfurt 1892. — [4] Bujard, Leitfaden der Pyrotechnik, Stuttgart 1899. — [5] Muspratts Handbuch der techniſchen Chemie, S. 865. — [6] Unfallverhütungsvorſchriften für Betriebe zur Herſtellung von Feuerwerkskörpern (Reichsanzeiger vom 25. November 1893 und vom 16. Auguſt 1897). — Geſchichtliches in [4] und a. Romocki, Geſchichte der Exploſivſtoffe, Berlin 1895; Häußermann, Sprengſtoffe und Zündwaren, Stuttgart 1894; weitere Literatur ſ. unter Initialzündungen, Geſchoßtreibmittel und Sprengſtoffe. *Bujard.*

Feuerzangen, ſ. Schmieden.

Feuerzeug, ſ. Zündwaren.

Feuerzeug, pneumatiſches. Du Montiers pneumatiſches Feuerzeug (Kompreſſions-, Luftfeuerzeug, Mollets Pumpe, Tachopyrion) iſt ein Metallzylinder mit gut paſſendem Kolben. Wird in dem unten geſchloſſenen Zylinder der Kolben raſch niedergedrückt, ſo erwärmt ſich die zuſammengepreßte Luft bis zur Entzündung eines in einer Höhlung des Kolbens befindlichen Stückchens Feuerſchwamm, das nach dem alsbaldigen Zurückziehen des Kolbens brennt.

Bei ſehr raſcher Kolbenbewegung läßt ſich die Temperaturänderung nach dem Geſetze der adiabatiſchen Zuſtandsänderung der Gaſe aus der Volumänderung oder Druckänderung berechnen [1]. Sind T und T_1 die veränderliche Temperatur und die Anfangstemperatur (abſolute Temperatur von -273° C. an gezählt), v und v_1 die entſprechenden Volume der Luft im Zylinder, p und p_1 die Drücke, ſo iſt:

$$1.\ \frac{T}{T_1}=\left(\frac{v_1}{v}\right)^{k-1};\quad 2.\ \left(\frac{T}{T_1}\right)^{k}=\left(\frac{p}{p_1}\right)^{k-1};\quad 3.\ \frac{p}{p_1}=\left(\frac{v_1}{v}\right)^{k},$$

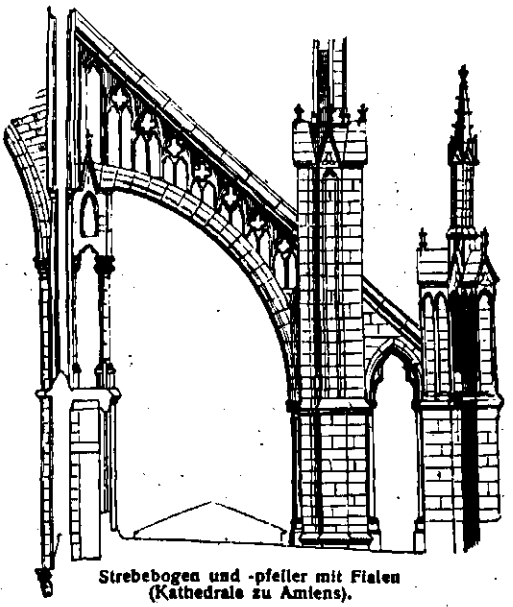
wobei $k=1{,}41$ das Verhältnis der beiden ſpezifiſchen Wärmen bei konſtantem Druck und bei konſtantem Volumen bezeichnet. Daraus berechnet Clauſius z. B. für Volumenänderungen bis zu $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{10}$ des urſprünglichen Volumens die zugehörigen Temperaturen $T-273^\circ$ zu 90°, 209°, 429° C. Für Demonſtrationszwecke kann man nach Tyndall ſich eines gläſernen Zylinders bedienen und am Kolben ein Fläſchchen mit ſchwefelkohlenſtoffgetränkter Baumwolle anbringen. Beim Niederdrücken des Kolbens entſteht dann ein Lichtblitz.

Die amerikaniſche Pulverramme von Shaw [2] iſt eine techniſche Verwertung des pneumatiſchen Feuerzeugs. Auf dem einzurammenden Pflock iſt ein Mörſer befeſtigt, in den der Rammklotz als gut paſſender Kolben hineinfällt. Je vor dem Niederfallen des Klotzes wird in den Mörſer eine Pulverladung geworfen, deren Exploſion den Pfahl nach unten, den Rammklotz wieder nach oben treibt.

Bei den chemiſchen Feuerzeugen wird die durch Einleitung eines chemiſchen Prozeſſes frei werdende Verbindungswärme zur Entzündung brennbarer Körper benutzt. Hierher gehört das Platinfeuerzeug, Tauchfeuerzeug, Phosphorfeuerzeug. Näheres ſ. unter den Einzelartikeln. Eine eingehende Behandlung der verſchiedenen Konſtruktionen findet ſich in [3].

Literatur: [1] Clauſius, Die mechaniſche Wärmetheorie, Braunſchweig 1876, Bd. 1, S. 66. — [2] Riecke, Lehrbuch der Phyſik, Leipzig 1902, Bd. 2, S. 535. — [3] Stricker, Die Feuerzeuge, Berlin 1874. *A. Schmidt.*

Fiale, seltener Viale geschrieben, ist eine übereck gestellte Pyramide, die sich bei den gotischen Bauten zumeist über den Strebepfeilern erhebt (s. die Figur). Sie besteht wesentlich aus zwei Teilen, aus dem hoch aufstrebenden Spitzdach, dem Riesen (von dem alten Wort reisen, sich erheben), auch Haupt genannt, und aus dem unteren Teil, dem Leib. Das Spitzdach ist zumeist an den Kanten mit den sogenannten Krabben verziert und endet mit einer Kreuzblume, während der Leib mit Stab- und Maßwerk dekoriert wird und sehr häufig einen Giebel an jeder Seite als oberen Abschluß hat. *Weinbrenner.*



Strebebogen und -pfeiler mit Fialen (Kathedrale zu Amiens).

Fibroin $C_{15}H_{23}N_5O_6$, der stickstoffhaltige Körper (albuminoide Substanz) der Seide.

Wenig löslich in heißem Wasser, löst sich in organischen Säuren, aber auch in kalter konzentrierter Salzsäure. Die Lösung in Salzsäure färbt sich beim Erwärmen violett. Beim Kochen mit Schwefelsäure (1 : 5) löst es sich auf und bildet nach einiger Zeit neben einer alkalische Kupferlösung reduzierenden Substanz Tyrosin, Leucin und Glykokoll. Fibroin fand sich auch in Spinnenfäden (Schloßberger). *Bujard.*

Fichte, s. Nutzhölzer.

Fichtenharz, dem Namen nach das Harz der Fichte oder Rottanne (Picea excelsa *Link*), tatsächlich aber ein Harzprodukt verschiedener Abstammung und Gewinnung. Das aus den Stamm- und Astwunden mehrerer Nadelhölzer (Coniferae) ausfließende Sekret heißt Terpentin (s. d.), der eine Lösung des Koniferenharzes in Terpentinöl darstellt. Dieses Koniferenharz ist nun das eigentliche Fichten-, Roh- oder gemeine Harz (Resina pini, Resina communis). Es kann infolge natürlicher Verdunstung des Terpentinöles während des Terpentinausflusses als Kruste an den Wundrändern (auch zwischen Holz und Rinde) zurückbleiben oder es wird bei der Darstellung des Terpentinöls als Rückstand erhalten. Demnach begreift man unter Fichtenharz zweierlei: 1. ein Sammelprodukt, das natürliche Fichtenharz, und 2. die künstlich aus Terpentin bezw. aus natürlichem Fichtenharz dargestellten Rohprodukte [1]—[6].

1. Das natürliche Fichtenharz. Von den europäischen Koniferen sind es die französische Strandkiefer (Pinus maritima *Poir.*, P. pinaster *Sol.*), die gemeine Fichte, die österreichische Schwarzföhre (Pinus laricio *Poir.*), und die gemeine Föhre (Pinus silvestris *L.*), die Fichtenharz liefern. Amerikanische Harzbäume sind Pinus australis *Michx.*, P. taeda *L.*, P. ponderosa *Dougl.* — Das der Strandkiefer, die in den „Pignadas" zwischen Bayonne und Bordeaux in ausgedehnten Forsten gezogen wird, entstammende Harz wird Gallipot genannt; was ferne von den Wunden abgescharrt oder vom Boden aufgelesen wird, ist selbstverständlich mehr oder weniger verunreinigt und wird als Barras bezeichnet [2]. Oesterle [5] gibt keinen Unterschied zwischen Barras und Gallipot an. Nach seiner Darstellung wird „im Februar an derjenigen Stelle des Stammes, an der die Verwundung, die Carre (Quarre), angebracht werden soll, mit einem scharfen Instrumente (Pousse, Barrasquite, Sarc) die Rinde bis auf eine dünne Schicht entfernt". Vom März bis Oktober wird nun in bestimmten Zwischenräumen die Carre nach oben vergrößert; ein Teil des Ausflusses gelangt als dicke Flüssigkeit (= Terpentin) in den am unteren Ende der Carre befestigten Topf, ein andrer Teil „trocknet auf dem Wege ein und bedeckt die Carre mit einer gelblichweißen Kruste, dem Barras oder Gallipot". Im Juni und September wird dieses gesammelt, indem man am Fuße des Baumes ein Tuch ausbreitet und den Barras mit einem breiten Eisenhaken abkratzt. Gegenwärtig sucht man die Bildung von Gallipot und Barras, als der viel weniger wertvollen Produkte, durch rationellere Gewinnung des Terpentins möglichst zu verhindern. Gallipot ist ein vollständig kristallinisches, zerreibliches, hellbraunes oder gelbes, mitunter fettglänzendes Harz. Ein ähnliches Produkt ist das Scharrharz, das in Niederösterreich von der Schwarzföhre gewonnen wird, und das Weißföhrenharz, das hauptsächlich in den Karpathen (Galizien) gesammelt wird. — In Finnland, im Schwarzwald, im Schweizer Jura und in den Ostalpen (Salzburg) wird die Fichte (Picea excelsa) geharzt. Das an den Rissen sich ansammelnde Rohharz ist durch seine allerdings ziemlich rasch sich verlierende pfirsichblütrote Farbe ausgezeichnet. (Eine von dem Verfasser bei Radstadt in Salzburg gesammelte Probe behielt, sorgfältig aufbewahrt, über ein Jahr

ihre charakteriſtiſche Färbung.) Von demſelben Baume ſtammt auch das in manchen Gegenden Böhmens, z. B. um Karlsbad, geſammelte Wurzelpech, das zwiſchen Rinde und Holz dicker Wurzeläſte ſchwefelgelbe Platten bildet [1]; ferner der Waldweihrauch, weißliche, gelbliche oder rötliche kleine, ziemlich weiche Körner, die vom Boden aufgeleſen werden und ſich auch reichlich in den Bauten der Waldameiſen vorfinden; ſie ſtellen wohl natürliche Tropfen vor. — Im allgemeinen bildet das natürliche Fichtenharz harte, brüchige oder noch etwas weiche, gelbliche bis rotbraune halbdurchſichtige oder durchſcheinende Körner und Klumpen, oft von ſtalaktitiſcher Form; es beſitzt einen terpentinartigen Geruch und bitteren Geſchmack [3]. Die mikroſkopiſche Unterſuchung zeigt, daß das Harz aus einer homogenen Grundmaſſe beſteht, in der zahlreiche wetzſteinförmige Kriſtalle der Abietinſäure enthalten ſind.

2. Künſtlich hergeſtellte Rohprodukte [4]. Wird der gemeine Terpentin behufs Gewinnung des Terpentinöles mit Waſſer der Deſtillation unterworfen, ſo bleibt eine gelbliche, gepulvert weiße, leicht zerbrechliche Maſſe, der gekochte Terpentin (Terebinthina cocta) zurück, der gewöhnlich in nahezu zylindriſchen oder auch ſpindelförmigen, an der Oberfläche ſpiralig gefurchten und geſtreiften, weißen oder gelben, ſtark ſeidenglänzenden, im Innern hell gelbbraunen Stücken verkauft wird; bei längerem Liegen wird er an der Oberfläche braun. Der gekochte Terpentin enthält nebſt dem Harz noch Waſſer und etwas Terpentinöl. — Weißes Pech, Weißharz, Waſſerharz (Pix alba, Résine hydraté) wird aus dem natürlichen Fichtenharz gewonnen, indem man dasſelbe ſchmilzt, Waſſer einrührt und hierauf zwiſchen Stroh oder in Hanfſäcken auspreßt; die hierdurch abgeſchiedenen Verunreinigungen („Harzkuchen") dienen zur Gewinnung des Kienruß. Das weiße Pech kommt in unregelmäßigen Klumpen oder Scheiben vor, beſitzt eine weißlichgelbe bis bräunliche Farbe, ſchwachen Terpentingeruch und iſt durch einen großen Waſſergehalt ausgezeichnet. Die waſſerhaltigen Poren ſind ſchon mit freiem Auge ſichtbar. Beim Liegen an der Luft wird es an der Oberfläche braun, und die oberflächlichen Poren ſind mit Luft gefüllt [1]. — Gelbes Harz, gelbes Pech (Resina lutea, citrina, flava) iſt ein Mittelding zwiſchen den zwei beſchriebenen Sorten und dem Kolophonium. Läßt man nämlich den gekochten Terpentin bei ſeiner Darſtellung längere Zeit unter ſtarkem Umrühren mit Waſſer erhitzen oder ſetzt man das weiße Harz längere Zeit einer höheren Temperatur aus, ſo erhält man eine hochgelbe bis gelbbräunliche Maſſe. — Als Burgunderpech (Pix Burgundica) bezeichnet man das durch Ausſchmelzen (ohne Waſſer) und Kolieren des natürlichen Fichtenharzes gewonnene Produkt. Auch verſchiedene Kunſtprodukte, z. B Gemenge von Kolophonium, Palmöl oder andern Fetten und Waſſer gehen unter dieſem Namen [3], [4]. Echtes Burgunderpech iſt blaßgelb bis gelbbraun, hart, brüchig, leicht zerreiblich, in der Oberfläche matt oder fettglänzend, muſchelig brechend, terpentinartig riechend, leicht löslich in konzentrierter Eſſigſäure, in Aether und ſtarkem Alkohol. — Kolophonium (Colophonium, Geigenharz) wird aus dem Rohharz (Terpentin), aus gekochtem Terpentin oder aus natürlichem Fichtenharz hergeſtellt. Es bildet gegenwärtig das wichtigſte Harzprodukt, das in größter Menge von Nordamerika in den Handel kommt. Daneben produzieren auch noch Frankreich, Rußland, Portugal, Spanien und Oeſterreich Kolophonium. Das amerikaniſche Produkt ſtammt vorwaltend von Pinus australis *Michx.* (= P. palustris *Müll.*) und Pinus heterophylla *Elb.* und ſtellt nuß- bis fauſtgroße, wie Bernſtein durchſichtige, oberflächlich weiß beſtäubte Stücke dar, die in Aether, Alkohol, Methyl- und Amylalkohol, Benzol, Chloroform, Terpentinöl, Toluol, Schwefelkohlenſtoff gänzlich löslich ſind. Es beſteht aus α-, β-, γ-Abietinſäure (83%), ätheriſchem Oel (0,4—0,7%), Reſen (5—6%) und Bitterſtoff.

Fichtenharz iſt ein wechſelndes Gemenge von kriſtalliſierbaren Harzſäuren mit Terpentinöl und Waſſer. Seine Verwendung iſt eine ſehr vielſeitige: zu Firniſſen, Lacken, Kitten, zur Darſtellung des vegetabiliſchen Harzleims für die Papierfabrikation, als Zuſatz zu Maſchinenſchmieren und zur Erzeugung der Kohäſionsöle; die harzreichen Holzmaſſen (Pechgriffe) zur Erzeugung von Leuchtgas, Fluid, Pinolin, Teer u. ſ. w. [4], [8].

Literatur: [1] Wiesner, Rohſtoffe des Pflanzenreiches, 2. Aufl., Leipzig 1873, Bd. 1, S. 220. — [2] Flückiger, Pharmakognoſie, 2. Aufl., Berlin 1883, S. 71. — [3] Vogl, A., Kommentar, Wien 1892, Bd, 2, S. 455. — [4] Thenius, G., Die Harze und ihre Produkte, deren Abſtammung, Gewinnung und Verwertung, Wien. — [5] Oeſterle, Harzinduſtrie im Südweſten von Frankreich, Bericht der Deutſch. Pharm. Geſellſch., Berlin 1901. — [6] Tſchirch, Die Harze und die Harzbehälter, Berlin 1900. — [7] Tſchirch u. Studer, Ueber das amerikaniſche Kolophonium, Archiv d. Pharm. 1903, Bd. 241, S. 496—522. — [8] Andres, Erwin, Die Fabrikation der Lacke, Firniſſe und des Siegellackes, 3. Aufl., Wien. *T. F. Hanauſek.*

Fidelbogen, ſ. Bohrgerät, Bd. 2, S. 187.

Fichtenrinde, ſ. Gerbſtoffe.

Fieldkeſſel, ſ. Dampfkeſſel, Bd. 2, S. 567, und Schiffskeſſel.

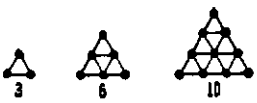
Figurenguß, ſ. Kunſtguß.

Figurenkapitäle oder Bilderkapitäle, jene Säulenknäufe, die reichen figuralen Schmuck oder ſogar hiſtoriſche Kompoſition aufweiſen.

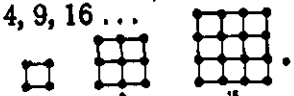
Schimäriſche Tiergeſtalten und menſchliche Köpfe, die ſich aus dem Blatt- und Rankenwerk des Kapitäls entwickeln, kommen zuweilen im griechiſchen und römiſchen Stil und ſehr häufig in der Renaiſſance vor; doch werden dieſe nicht mit dem Namen Figurenkapitäl bezeichnet.

Dagegen haben insbeſondere der byzantiniſche und romaniſche Stil Knäufe aufzuweiſen, deren faſt ausſchließlicher Schmuck aus figuralen Darſtellungen beſteht, worunter Szenen aus der bibliſchen Geſchichte recht häufig verwendet wurden. So ſieht man z. B. auf einem Kapitäl der Abteikirche von St. Benoit die Flucht der heiligen Familie dargeſtellt; die Madonna mit dem Jeſuskindlein im Arme reitet auf einem Eſel und hat trotzdem einen Schemel unter ihren Füßen. Rechts und links vom Mittelbilde ſind andre Heilige angebracht, die Ecken des Kapitäls markierend (ſ. die Figur). Pflanzliches Ornament erſcheint ſo gut wie ausgeſchloſſen. Im Dome von Monreale bei Palermo gibt es Säulenkapitäle, die Bogenſtellungen bilden, in welchen eine ganze Reihe von Heiligen untergebracht erſcheinen. Desgleichen zeigt die Kirche S. Marco in Venedig eine ganze Serie der verſchiedenartigſten Figurenkapitäle. *Weinbrenner.*

Figurierte Zahlen heißen die Glieder von arithmetiſchen Reihen, wenn ſie ſich aus verkörperten Einheiten in Form von regelmäßigen Polygonen oder Polyedern darſtellen laſſen. So läßt ſich z. B. die Zahlenreihe 1, 3, 6, 10 ... durch die Reihe der Dreiecksfiguren



die Reihe 1, 4, 9, 16 ... durch die Reihe der Quadrate



verdeutlichen u. ſ. w. Indem man alſo die Zahlen der erſten Reihe als Dreieckszahlen, diejenigen der zweiten als Viereckszahlen bezeichnet, ſetzt man dadurch einen kurzen, klaren Begriff feſt, durch deſſen Nennung man ſich das Anſchreiben der Reihen erſparen kann, ohne mißverſtanden zu werden.

In dieſem Sinne und bezogen auf weitere Polygone und auf Polyeder und Pyramiden ſind in der Mathematik als Begriffe eingeführt worden:

A. Polygonalzahlen

Dreieckzahlen (Triangular-Trigonalzahlen):

1, 3, 6, 10, 15, 21 ... $\frac{n(n+1)}{1\cdot 2}$; Summe der n erſten $S=\frac{n(n+1)(n+2)}{1\cdot 2\cdot 3}$.

Viereckzahlen: 1, 4, 9, 16, 25, 36 ... n^2; $S=\frac{n(n+1)(2n+1)}{1\cdot 2\cdot 3}$.

Fünfeckzahlen: 1, 5, 12, 22, 35, 51 ... $\frac{n(3n-1)}{1\cdot 2}$; $S=\frac{1}{2}n^2(n+1)$.

. . . . . .

$(r+2)$eckzahlen: 1, $2+r$, $3+3r$, $4+6r$ ... $n\left(1+\frac{n-1}{2}r\right)$; $S=\frac{n(n+1)}{1\cdot 2}\left\{1+\frac{n-1}{3}r\right\}$.

B. Polyedralzahlen.

Tetraedralzahlen: 1, 4, 10, 20, 35, 56 ... $\frac{1}{6}n(n+1)(n+2)$; $S=\frac{n(n+1)(n+2)(n+3)}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}$.

Oktaedralzahlen: 1, 6, 19, 44, 85, 146 ... $\frac{1}{3}n(2n^2+1)$; $S=\frac{1}{6}n(n+1)(n^2+n+1)$.

Hexaedralzahlen: 1, 8, 27, 64, 125, 216 ... n^3; $S=\frac{1}{4}n^2(n+1)^2$.

Ikoſaedralzahlen: 1, 12, 48, 124, 255, 416 ... $\frac{1}{2}n(5n^2-5n+2)$; $S=\frac{n}{24}(15n^3+10n^2-3n+2)$.

Dodekaedralzahlen: 1, 20, 84, 220, 455, 816 ... $\frac{1}{2}n(9n^2-9n+2)$. $S=\frac{1}{8}n(n+1)(3n+1)(3n-2)$.

C. Pyramidalzahlen, Summenreihen der Polygonalzahlen.

a) Erſte Pyramidalzahlen: 1, 4, 10, 20, 35, 56 ...; 1, 5, 14, 30, 55, 91 ...; 1, 6, 18, 40, 75, 126 ...; ...

b) Zweite Pyramidalzahlen: 1, 5, 15, 35, 70, 126 ...; 1, 6, 20, 50, 105, 196 ...; 1, 7, 25, 65, 140, 266 ...; ...

Literatur: Hagen, Synopſis der höheren Mathematik, Bd. 1, Berlin 1891, S. 84 ff. *Wölffing.*

Filet, Bezeichnung für jede durchbrochene Kettenwirkware. Vgl. a. Netze.

Filete, ſ. Goldpreſſung.

Filieren, ſ. Zwirn.

Filigran, die aus verſchiedenen Verſchlingungen von dünnem Silber- oder Golddraht hergeſtellten Schmuckgegenſtände.

Filigrangläſer, ſ. Millefiori und Kunſtgewerbe.

Filigranpapier, Luxuspapier mit zarten, geprägten, netzförmigen Muſtern.

Filling up, Wagengrundfarbe, urſprünglich aus England in den Handel gebrachte, jetzt aber überall hergeſtellte graubraune Farbe, die als Grundierung in der Wagenlackiererei vermöge ihrer beſonderen Härte und Feſtigkeit gute Dienſte leiſtet. Sie iſt aus Umbra, Schwerſpat, etwas Bleiweiß, gemahlenem Schiefer und gemahlener Glätte in wechſelnden Verhältniſſen zuſammengeſetzt. Oft wird unter der Bezeichnung Filling up auch nur eine braune Erdfarbe verkauft. *Andés.*

Films, ſ. Photographie.

Filoſelle, Filoſelleſeide, im Wiener Handel Bezeichnung für Florettſeide.

Filter. Strömt eine Flüſſigkeit ſo durch einen poröſen Körper, daß die in erſterer enthaltenen Suspenſionen dem letzteren durch Adhäſion verbleiben

oder ſich vor demſelben feſtlegen, ſo nennt man den Vorgang Filtration, den Körper das Filter und die aus dem letzteren ablaufende Flüſſigkeit das Filtrat.

Allgemeines. Es werden insbeſondere faſerige Stoffe (Aſbeſt, Celluloſe, Filz, Leinwand, Papier, Tuch, Werg, Wolle u. ſ. w.), Schwämme, körnige Materialien (Eiſenſchwamm, Erde, Kohlenpulver, Porzellan, Sand, Steine, Ton, Torf u. ſ. w.) als Filter benutzt. Durch die im Filter verbleibenden Rückſtände wird die Poroſität allmählich aufgehoben; es iſt deshalb bei der erſtmaligen Benutzung des Filters die Durchläſſigkeit ein Maximum und nimmt mit allmählicher Verſtopfung der Poren ab.

Chemiſche Löſungen werden im allgemeinen durch das Filter nicht abſorbiert; nur dann, wenn das letztere aus Stoffen beſteht, die eine Verbindung mit der durchlaufenden Flüſſigkeit eingehen oder einen Teil der Flüſſigkeit verarbeiten bezw. zurückleiten (Pflanzenabſorption), erfolgt auch eine chemiſche Umwandlung. Animaliſche und vegetabiliſche Kohle z. B. hat die Eigenſchaft, Gaſe zu abſorbieren; die Kohlenfilter nehmen alſo der durchlaufenden Flüſſigkeit Geſchmack und Geruch, jedoch nur ſo lange, als die Kohle ihre diesbezügliche Abſorptionsfähigkeit behält [1], [28]. Eiſenſchwamm reduziert Nitrate und Nitrite und bewirkt bei der Waſſerfiltration eine zufriedenſtellende Abnahme der organiſchen Beimengungen [2], [3]. Aber das Filtrat ſättigt ſich mit Eiſenſalzen im letzteren Fall, während ſich in den Kohlenfiltern nach kurzer Zeit Bakterienherde bilden. Wenn überhaupt ein Filter chemiſch gelöſte Stoffe aufnimmt, ſo werden ſich dieſe in dem Filterkörper anſammeln und denſelben durchdringen, alſo das Filter und ſomit auch deſſen Wirkung ſtetig verändern; die Veränderung und ihre Folgen treten auch ein, wenn das Waſſer dem Filterkörper fortwährend durch Löſung Stoffe entzieht. Es wird dies für die meiſten Zwecke der Filtration ein unerwünſchter Prozeß ſein. Filtriert dagegen Waſſer durch einen mit Pflanzen bewachſenen Boden, ſo kann, ſofern die Pflanzen einen großen Teil der chemiſch gelöſten Beimengungen des Waſſers zu ihrer Ernährung verbrauchen und ſo aus dem Filter zurücknehmen, eine auf die Dauer wirkſame und erwünſchte Abänderung der chemiſchen Beſchaffenheit erzielt werden, ohne daß das eigentliche Filter weſentlich verändert wird (ſ. Abwaſſer, Flußverunreinigung und Berieſelung mit ſtädtiſchem Kanalwaſſer).

Man unterſcheidet natürliche und künſtliche Filtration; bei beiden iſt der Vorgang gleich, vollzieht ſich aber im erſteren Falle ohne weiteres, indem das auf die Erdoberfläche gelangende oder in Flüſſen und Seen befindliche Waſſer Bodenſchichten durchdringt, in denen es ſich ſeiner Suspenſionen entledigt, während bei der künſtlichen Filtration die Vorbedingungen für das Durchſtrömen des Filterkörpers durch beſondere Maßnahmen geregelt werden. Letztere ſind insbeſondere bei der Filtration in Gewerben, welche die verſchiedenſten Flüſſigkeiten zu klären haben, und bei der peripheren Waſſerfiltration (Hausfiltration) ſehr mannigfaltig [4], [5], [9].

Kleinfilter. Verſchiedene Filter für Gewerbe ſollen bei Beſprechung der betreffenden Betriebe Erwähnung finden. In der Chemie wird gewöhnlich ungeleimtes weißes Papier zur Filtration in der Weiſe benutzt, daß dasſelbe in einen Glas- oder Porzellantrichter — an den Wänden anſchließend — gebracht und hierauf die zu filtrierende Flüſſigkeit eingegoſſen wird. Sind größere Mengen trüber Flüſſigkeit zu filtrieren, ſo verwendet man leinene oder wollene viereckige Tücher (Koliertücher) oder Spitzbeutel aus Filz, ſeltener Steinfilter oder ſolche aus plaſtiſcher Kohle. Aus ſchlammigen Flüſſigkeiten werden die Verunreinigungen durch Filterpreſſen (ſ. d.) abgeſchieden.

Hausfilter zum Reinigen trüben Waſſers behufs Gewinnung von Trinkwaſſer ſind ſeit älteſter Zeit im Gebrauch. In Aegypten z. B. hat ſich bis heute das ſogenannte „Sihr" erhalten, ein poröſes Tongefäß (bei deſſen Herſtellung dem Ton Kohle beigemengt wird, die im Ofen verbrennt und große Poren ermöglicht), in das man Waſſer bringt und unter dem eine Auffangſchale angebracht iſt, die das von der Außenfläche abtropfende, durch Verdunſtung bei der Prozedur gekühlte Waſſer ſammelt. Auch poröſe Steine, als ſchüſſelförmige Gefäße bearbeitet, werden in den Tropen für dieſelbe Prozedur vielfach verwendet (vgl. a. D.R.P. Nr. 33943). Die Porzellanfilter, unter denen das Syſtem Paſteur (Chamberland) die größte Verbreitung hat, beſtehen aus einem poröſen Zylinder von gebranntem Kaolin (Kerze) mit einer unten angebrachten engeren Ausgußöffnung; der Zylinder befindet ſich innerhalb eines Metallmantels. In den Zwiſchenraum zwiſchen Mantel und Kerze gelangt das zu filtrierende Waſſer unter Druck, ſetzt ſeine Unreinigkeiten an der Außenfläche der Kerze ab und liefert dem Innenraum der letzteren das Filtrat. Die Kerze kann auch ohne Ummantelung in Rohwaſſer gebracht und das letztere mittels Anſaugen zum Durchſtrömen der Wände gezwungen werden (Filtres sans pression Chamberland). Kolbenförmig konſtruierte Filter aus gebranntem Kaolin ſind von Pukall [6] eingeführt; Berkefeld [7] gebraucht Kerzen von gebrannter Infuſorienerde (in der Regel Zylinder von 260 mm Länge, 50 mm Lichtweite und 10 mm Wandſtärke). Die Filterkörper der Breyerſchen Mikromembranfilter [8] beſtehen aus einer dünnen Lamelle fein gemahlenen Aſbeſtes, der auf einem mit Tuch überſpannten gelochten Bleche lagert. Aehnliche Einrichtungen und nähere Beſchreibungen finden ſich in den Patentſchriften D.R.P. Nr. 3463, 11688, 20424, 26480, 33095, 34994, 49608, 71278, 73403, 82082, 88927, 96047, 98881, 101506; vgl. a. die Kataloge der Firma W. Schuler in Isny, der Aktiengeſellſchaft für Großfiltration in Worms u. a.

In England und deſſen Kolonien ſind die Hausfilter der Silicated Carbon Filter Company, Batterſea, London SW., viel verbreitet; deren Filterkörper beſteht aus präparierter Kohle. Eigentümliche, mit ſogenanntem Carbo calcis präparierte Filter liefert Maignen [9]. O. F. Oeberg (Stockholm) hat ſich einen Filterkörper aus plaſtiſcher Kohle, den er in eine ſiedende Löſung von kieſelſaurem Alkali und nach dem Trocknen in eine ſolche von ſchwefelſaurer Tonerde bringt, patentieren laſſen (D.R.P. Nr. 34689). Durch die bei der Benutzung in der äußeren Schicht dieſes Filterkörpers entſtehenden Niederſchläge von kieſelſaurer Tonerde ſollen die Bakterien von dem Eindringen in das Filtrat abgehalten werden, was ſich übrigens

nicht als zutreffend erweiſt. — Das bekannte Piefkeſche Schnellfilter [10] verwendet als Filterkörper Celluloſe und Aſbeſt. Wegen der beſonderen einzelnen Anordnungen verweiſen wir auf die angegebene Literatur. Bemerkt ſei nur, daß alle dieſe Hausfilter ſelbſtverſtändlich nur einige Zeit, nämlich ſo lange wirkſam ſind, bis ſich die Poren zugeſetzt haben; dann muß eine Reinigung oder Erneuerung des Filterkörpers folgen. Je nach dem hierfür zu machenden Aufwande und nach der Fähigkeit des Filters, ein nahezu keimfreies Waſſer zu liefern, beurteilt man deſſen Wert. Die Hygieniker verwerfen die Kohlenfilter allgemein; auch die andern bisher bekannten Hausfilter werden nicht empfohlen, weil ſie beim Mangel an Kontrolle bezw. zu langem Gebrauche ſehr leicht einen Nährboden für die Bakterien bilden, die dann in das Filtrat gelangen. Immerhin darf die Bedeutung dieſer Hausfilter, beſonders für die großen Diſtrikte, die heute noch der modernen Waſſerverſorgung entbehren, nicht unterſchätzt werden. Bezüglich Prüfung und Beurteilung von Hauswaſſerfiltern ſei auf [11] verwieſen.

Die Filtration im großen erfolgt faſt ausnahmslos durch Sandfilter. Durch den Sand werden alle jene Suspenſionen des Rohwaſſers zurückgehalten, die größer ſind als die Poren an der Eintrittsfläche. Iſt alſo ſchon beim friſchen Filter der zwiſchen den einzelnen Sandkörnern vorhandene Raum kleiner als die Dimenſionen der Suspenſionen im Rohwaſſer, ſo bleiben dieſe zum vornherein vom Eintritte ausgeſchloſſen. In der Regel iſt aber ein Teil der Suspenſionen kleiner und vermag dann durchzukommen; deshalb liefert ein friſch in Betrieb genommenes Filter meiſt unbrauchbares Filtrat. Erſt durch die Vorlegung der Suspenſionen, unter denen auch Algen, Bakterien u. ſ. w. ſind, die ſich raſch vermehren, verengen ſich die Poren der oberſten Filterſchicht, in der die Sandkörner überdies einen ſchleimigen Ueberzug erlangen; dieſe ſogenannte Filterſchmutzhaut befähigt das Filter, auch die feinſten Suspenſionen zurückzuhalten. Eine weitere Wirkung der Sandfiltration ſoll in der Oxydation organiſcher Subſtanzen beſtehen. Ueber dieſen Vorgang ſowie über die zu erfüllenden Bedingungen behufs möglichſt vollſtändiger Bakterienzurückhaltung durch die Sandfilter fehlen noch genauere Aufſchlüſſe. Unzweifelhaft dagegen beſteht die Möglichkeit, durch die Filtration ein klares Waſſer zu gewinnen und deſſen Qualität als Nutzwaſſer zu verbeſſern [12].

Die Einrichtung des Filters iſt in der Regel ſo, daß eine Schicht feinen Sandes von 600—1200 mm Stärke horizontal auf einer nach unten allmählich gröber werdenden Lage von Kies und Steinen ruht, die aus grobem Sand, Perlkies, Erbſenkies, Bohnenkies, Nußkies u. ſ. w. in kleinen Schichtenhöhen gebildet iſt. Die unterſte Schicht iſt durch eine Reihe von Kanälen, die in einen die Mitte des Filters durchziehenden Sammelſtrang münden, drainiert; das hier gefaßte Filtrat geht ſodann durch Rohrleitungen zum Reinwaſſerreſervoir. — Wie vorhin erwähnt, erhält man erſt dann ganz klares Waſſer vom Filter, wenn ſich über der oberſten Sandſchichte die „Filterſchmutzhaut“ gebildet hat, was je nach der Rohwaſſerbeſchaffenheit mehr oder weniger lange dauert. Man kann die Bildung der Filterſchmutzhaut dadurch fördern, daß man mit der Filtration erſt beginnt, wenn das Rohwaſſer längere Zeit über dem Filter ruhig geſtanden hat. Andernfalls ſchließt man entweder das in der erſten Zeit von dem Filter gelieferte Filtrat aus oder man verbindet die Rohwaſſerräume und Reinwaſſerräume der Filter durch Heberleitungen gegenſeitig ſo, daß jedes Filter von zwei andern Filtrat zur Nachfiltration erhalten bezw. daß jedes Filter ſein Filtrat an zwei andre in der Nähe gelegene zur Nachfiltration abgeben kann (D.R.P. Nr. 84837). Die Nachfiltration (Doppelfiltration) geſtattet angeblich eine weſentliche Verbeſſerung der Waſſerqualität. Näheres darüber in [13].

Die Wahl des Sandes hängt bei beſtimmtem Rohwaſſer von Verſuchen ab, die insbeſondere dann angeſtellt werden müſſen, wenn verſchiedene Sande zur Verfügung ſtehen und man den paſſendſten herausfinden ſoll. Hat man keine Gelegenheit zu einem Verſuche im großen, ſo kann hierzu der in Fig. 1 dargeſtellte Apparat benutzt werden. Iſt das Rohwaſſer in F von dem Filtrate in C durch eine Sandſchicht von der Höhe h und ein Sieb S getrennt und beſitzt die Abteilung F einen Ueberlauf U, der breit genug iſt, um einen konſtanten Spiegel des Rohwaſſers herzuſtellen, ſo wird ſich bei beſtimmter Entnahme Q aus dem Hahn A der Spiegel des Filtrates im Raume C um die Höhe H unter jenen des Rohwaſſers ſenken. Dieſes H iſt die wirkſame Druckhöhe, die durch die Reibung im Filterſande (in der Hauptſache) verbraucht wird. Erhält man bei beſtimmtem H das in der Sekunde ablaufende Waſſerquantum Q gerade noch klar, ſo läßt ſich die mindeſtens erforderliche Filterfläche B für eine beſtimmte Sandart und zu filtrierende Waſſermenge V pro Sekunde berechnen aus: $F : Q = B : V$. Selbſtverſtändlich iſt das Experiment in den verſchiedenen Stadien der Durchgängigkeit des Filters anzuſtellen, weil zu Anfang der Filtration für die gleiche Waſſermenge Q ein viel kleineres H genügt als nach Umlauf einiger Zeit und Bildung einer ſtärkeren Filterſchmutzſchicht; dementſprechend iſt ein Mittelwert anzunehmen. Als praktiſche Grenze für H_{max} gilt 800 mm. Das Verhältnis von B zu V iſt bei den Filteranlagen in Tegel (Berlin) 28800, in Müggelſee (Berlin) 36000, in Hamburg 57600. Man ſollte mindeſtens das Maß $B : V = 36000$ einzuhalten ſuchen, was einer Geſchwindigkeit des über der Filterſchmutzſchicht befindlichen Rohwaſſers von 100 mm pro Stunde, d. h. einer Menge von 2,4 cbm Filtrat pro Quadratmeter Filterfläche in 24 Stunden entſpricht. Beſſer iſt es, wie in Hamburg, nur 1,5 cbm pro Quadratmeter anzunehmen.

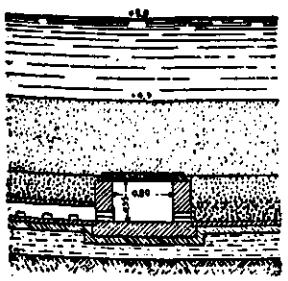
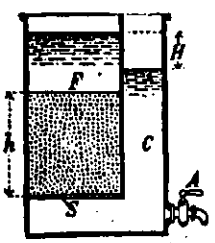


Fig. 2.



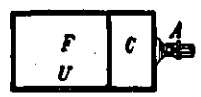


Fig. 1.

Die Aufeinanderfolge des Filtermaterials ist in Fig. 2 veranschaulicht, entsprechend dem Hamburger Filter. Sie ist nicht überall dieselbe. Als Minimalmaße dürften gelten: Wasserhöhe 600, Filtersand 600, grober Sand 50, Erbsenkies von 10—20 mm Korndurchmesser 80, Bohnenkies von 20—30 mm Korndurchmesser 120, Nußkies 150, große Steine 200, also Minimaltiefe des Filterbodens unter Normalwasserstand 1800 mm. Eine Uebersicht der bei deutschen und englischen Filtern üblichen Materialfolge gibt [14]. Die Drainage am Filterboden ist stets so anzuordnen, daß das Filtrat bis zur untersten Filterschicht eine möglichst vertikale Bewegung erhält; je näher die Drains aneinander liegen, bezw. je gröber das zu unterst liegende Material im Filter ist, um so besser wird diese Forderung erfüllt. Auch die Gleichmäßigkeit dieser Bewegung ist wesentlich. Sie wird nicht stattfinden, wenn die Filterschmutzschicht eine verschiedene Porosität zeigt, sei es, daß dieselbe an einzelnen Stellen durch Einwerfen von Steinen, Aufsteigen von Luftblasen oder Aufwühlen durch Aale u. s. w. durchbrochen ist, sei es, daß überhaupt von vornherein die Bedingungen für deren gleichmäßige Entwicklung gefehlt haben. Die letzteren fehlen insbesondere dann, wenn das zugeleitete Rohwasser sehr viele grobe Sedimentationen liefert und in seiner Beschaffenheit während einer Filtrationsperiode rasch wechselt. Es empfiehlt sich deshalb, der Filtration die Ablagerung (s. Ablagerungsbassin) vorhergehen zu lassen.

Beschaffenheit des Filterkörpers. Alle zu dem Einbau eines Filterbettes verwendeten Materialien sollen möglichst gleichmäßig und rein sein; die mittlere Korngröße des Sandes für die oberste Lage im Filter soll aus praktischen Rücksichten 0,5 mm übersteigen. In der Regel sucht man Sand mit ca. 1 mm Korngröße zu verwenden.

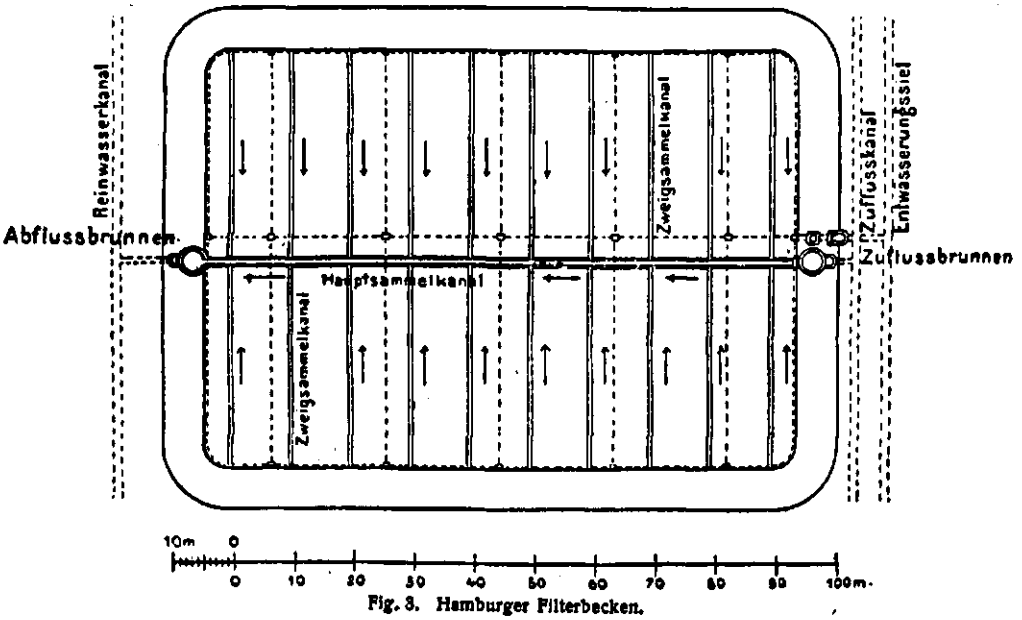


Fig. 3. Hamburger Filterbecken.

Die Größe eines Filterbeckens ist nicht allein durch die absolut erforderliche Filterfläche B gegeben; diese muß jederzeit vorhanden, überdies aber noch die Möglichkeit geboten sein, während des Betriebes wenigstens ein Becken auszuschalten (zu reinigen, zu entleeren, frisch auszufüllen), so daß unter allen Umständen zwei erforderlich sind. Die größten Becken besitzt Hamburg (Fig. 3) mit 7500 qm Filterfläche; für kleine Betriebe nimmt man in der Regel Flächen von 700—1200, für mittlere solche von 1200—2000 qm [15]. Die dem Kostenminimum entsprechende Zahl der Unterabteilungen für den Fall, daß mehr als zwei solcher Abteilungen erforderlich sind, läßt sich leicht analytisch bestimmen [16]. Im übrigen werden die Filterbecken offen und überdeckt hergestellt. Offene Becken empfehlen sich dort, wo betriebsstörende Eisbildungen selten vorkommen, wie z. B. in dem Küstenklima Hamburgs. Als Vorzug derselben gilt, daß Luft und Sonne ihre Desinfektion erleichtern [17]. Große Störungen und Verschlechterungen des Filtrates [18] entstehen aber durch die Eisbildung im strengen Klima und verdienen in diesem die überdeckten Filter unbedingt den Vorzug. Die Ueberdeckung erfolgt gewöhnlich durch Ueberwölben (Fig. 4) oder mit flachen Decken in Betoneisenkonstruktion; doch dürfte in vielen Fällen eine Ueberdachung und heizbare Ueberbauung sich noch mehr empfehlen.

Der Filterbetrieb hat vor allem dafür zu sorgen, daß die Bewegung des Wassers in der oberen Sandschicht behufs Erzeugung eines reinen Filtrates nur durch kapillare Zwischenräume erfolge; deshalb muß bei der Inbetriebsetzung das Filter von unten nach oben durch Reinwasser gefüllt werden, da beim Füllen von oben nach unten die in den Filterschichten vorhandene Luft die filtrierende Sandschicht an einzelnen Stellen durchbrechen und nichtkapillare Zwischenräume erzeugen würde. Auch sind Entlüftungsröhren an den höchsten Stellen der Drains und von der untersten Filtrierschicht über Tag zu führen. Auf die Dauer der

bewerkſtelligt werden kann. Unter den zahlreichen Vorſchlägen in dieſer Richtung (vgl. die D.R.P. Nr. 51638, 64605, 68026, 75628, 77145, 78098, 79826, 83542, 88446, 91829, 94864, 95202, 97438, 98034, 99131, 107739, 113783, 116534, 121440, 131466 u. ſ. w.) erwähnen wir die Sand- bezw. Kiesfilter mit Rückſpülung, die ſich beſonders für die Vorreinigung von Keſſelſpeiſewaſſer vielfach als brauchbar erwieſen haben.

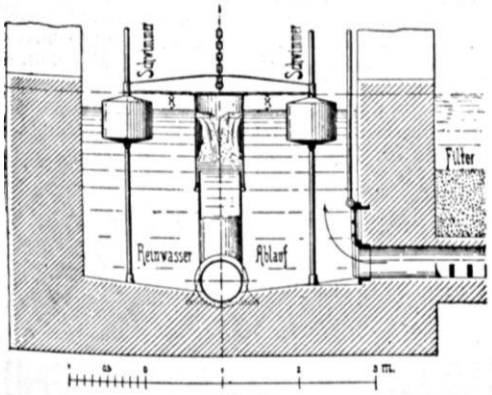


Fig. 7.

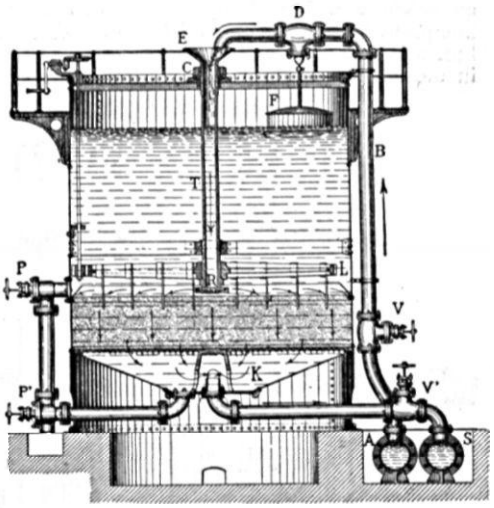


Fig. 8. *A, B* Rohwaſſerzuleitung. *V, V'* Durchgangsſchieber. *D* Regulierventil. *F* Schwimmer. *E* Einlauftrichter. *C* Stellvorrichtung. *T* Zuflußrohr. *R* Teilungsplatte. *P, P'* Ausläufe für Entleerungen. *S* Reinwaſſerrohr.

Der Filtriervorgang in offenen Filtern ohne Druck iſt in Fig. 8 dargeſtellt, die wir einem Proſpekte der deutſchen Filiale Düſſeldorf der Stéame l'épuration des eaux, Paris, entnehmen. Das in den Trichter *E* aus der Rohrleitung *A* kommende und mittels Steigrohr *B* beigeführte Rohwaſſer ergießt ſich durch das Zuflußrohr *T* nach der Teilungsplatte *R*, von der es horizontal über die Filterſchicht verteilt wird. Schwimmer *F* und Ventil *D* regeln den Zufluß. Das Rohwaſſer geht durch die Filterſchicht und ein Sieb in den koniſchen Raum *K* und fließt von hier nach dem Reinwaſſerrohr *S*. Soll gereinigt werden, ſo entleert man durch *P* den Raum oberhalb der Filterſchicht, führt von Raum *K* aus Reinwaſſer als Gegenſtrom durch das Filter, wobei der Aufwühlapparat *L* die Reinſpülung des Filtermaterials unterſtützt und raſch aller Schlamm durch *P* entleert wird. Auch der Raum *K* kann durch *P'* entleert bezw. von etwa eingeſchwemmtem Sande befreit werden. In einem derart angeordneten Filter von 5 m Durchmeſſer können 50–60 cbm Waſſer pro Stunde gereinigt werden. — Eine ganze Reihe von Unternehmungen baut ähnliche Anlagen; das ſogenannte Warren-Filter, das Kiesfilter von Reifert-Köln, das der Berliner Waſſerreinigungsgeſellſchaft, von Louis Schröter-Reppen, der Economiſer Werke in Düſſeldorf-Grafenberg u. ſ. w. gehören hierher. Wir verweiſen auf die Kataloge dieſer Firmen.

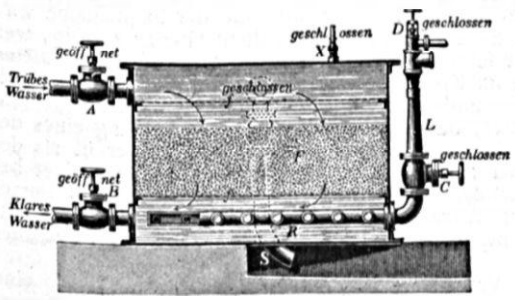


Fig. 9. Filter im Betrieb.

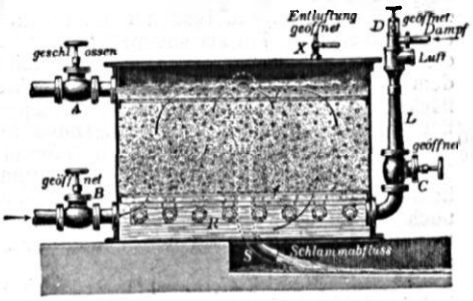


Fig. 10. Filter beim Auswaſchen.

Die unter Druck arbeitenden geſchloſſenen, den ſoeben beſchriebenen ähnlichen Waſſerfilter liefern eine relativ größere Filtratmenge. Die Füllung beſteht in der Regel aus Erbſenkies (Perlkies), der ebenfalls durch Gegenſtrom unter Mitwirkung einer Wühlmaſchine gereinigt wird. Einen derartigen Filtrationsapparat von Reifert-Köln (D.R.P. Nr. 75628) zeigen die Fig. 9 und 10. In den geſchloſſenen Behälter von zylindriſcher oder prismatiſcher Form ſind in gewiſſem Abſtand horizontal zwei Siebe *f, f* aus gelochtem Blech und Drahtgeflecht eingebaut. Der Zwiſchenraum iſt mit feinem Perlkies *F* bis $^4/_5$ der Höhe ausgefüllt. Fig. 9 zeigt den Apparat im gewöhnlichen Betrieb. Das trübe Waſſer ſtrömt durch das Ventil *A*, durchdringt den Kies und fließt durch das Ventil *B* klar ab. Iſt das Filtermaterial ſo weit verſchlammt, daß die Leiſtung merklich abzunehmen beginnt, ſo muß das Filter ausgewaſchen werden. Man ſchließt (Fig. 10) hierzu das Ventil *A*, öffnet dagegen das an der Rückwand des Behälters gelegene, in der Figur geſtrichelt gezeichnete, den Ablauf *S* bedienende Schlamm-

abflußventil und das Lufthähnchen *X*. Desgleichen öffnet man das Ventil *C* und ſetzt mittels des Dampfventils *D* den Luftkompreſſor *L* in Tätigkeit. Die in das Rohrſyſtem *R* gepreßte Luft ſtrömt durch eine Anzahl kleiner Oeffnungen unter das Filtermaterial und in dasſelbe hinein und wühlt es, unter gleichzeitiger Rückſtrömung des Waſſers, energiſch auf. Der Schlamm wird hierdurch losgeriſſen und fließt durch das Rohr *S* ab, während die Luft durch den Hahn *X* entweicht und der Dampf kondenſiert wird. Nach wenigen Minuten ſtellt man den Luftkompreſſor *L* wieder ab und läßt das Waſſer noch 2—3 Minuten zurückſtrömen, damit ſo alle Luft aus dem Kies entfernt und letzterer völlig rein wird. Hierauf werden die Ventile wieder in die urſprüngliche Lage (nach Fig. 9) geſtellt. Das Auswaſchen erfordert etwa 5 Minuten. — Die Leiſtungsfähigkeit der Filter iſt naturgemäß von der Beſchaffenheit des Waſſers abhängig, doch kann man durchſchnittlich 8 cbm in der Stunde für 1 qm Filterfläche annehmen.

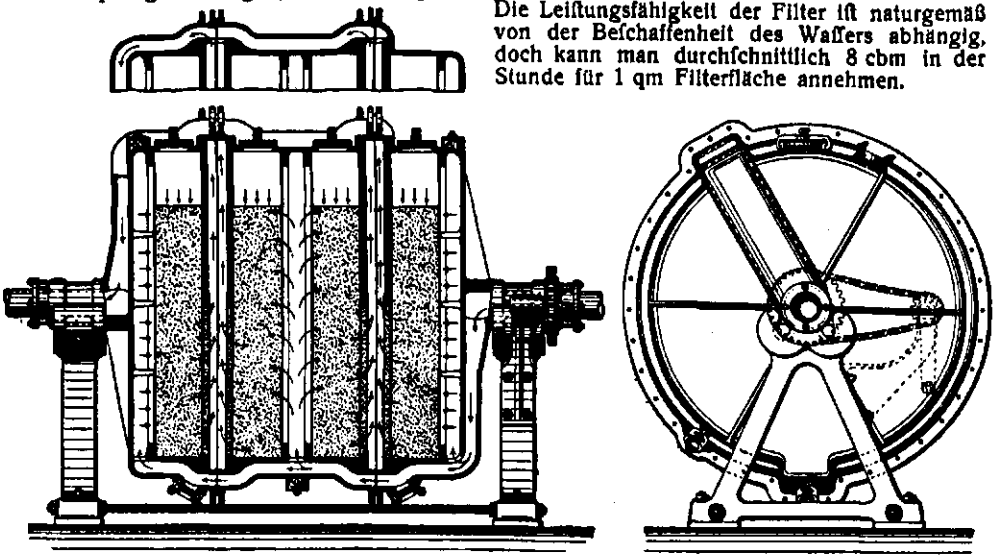


Fig. 11. Filter von Kröhnke.

Das in Fig. 11 dargeſtellte Kröhnke-Filter [22] (D.R.P. Nr. 83542) beſteht im weſentlichen aus einer horizontal in zwei Achſen drehbar verlagerten, an beiden Enden geſchloſſenen Trommel als Filtergehäuſe, im Innern durch vertikale Querwände ſo geteilt, daß ſich ſcheibenförmige Kammern bilden, abwechſelnd mit Sand und Waſſer gefüllt. Die Waſſerkammern ſind durch geeignete Kanäle mit je einer der Hohlachſen des Trommelgehäuſes ſo verbunden, daß eine beſtimmte Anzahl von Kammern Rohwaſſer durch die eine Hohlachſe aufnimmt, während eine andre Zahl Kammern filtriertes Waſſer durch die andre Hohlachſe abgibt. Zwiſchen Rohwaſſer- und Reinwaſſerkammern liegen die Filterſcheiben aus Sand zwiſchen feinen Metallſieben, durch ſtarke geſtanzte Schutzböden verſtärkt. Die Sandkammern ſind größtenteils, jedoch nicht völlig mit Sand gefüllt. Die Scheidewand zur Rohwaſſerkammer iſt vollſtändig durchläſſig, diejenige zur Reinwaſſerkammer nur im unteren Drittel. Die Korngröße der Sandſcheibe wird dem Zwecke des Filtrats angepaßt; doch iſt dieſelbe bis zur minimalſten Grenze zuläſſig, weil die einſchließenden Metallſiebe von denkbar feinſter Lochung ſind. Die Sandſcheiben bieten dem Rohwaſſerſtrom zwei Filterflächen, eine im Kreisabſchnitt, eine in der oberen Horizontalfläche des lagernden Sandes, beide zuſammen ſind größer wie der Kreisinhalt einer Scheibenfläche ſelbſt. Fig. 11 zeigt ein vierfaches Filter, das mehr als die vierfache Leiſtung eines der bekannten Horizontalfilter gleichen Durchmeſſers hat, weil die Filterfläche größer iſt als der Kreisinhalt und in jeder Sandkammer einmal zur Verfügung ſteht. Durch Einbau einer beliebigen Anzahl von Sandkammern nebeneinander würde die Leiſtung des Filters alſo immer noch größer ſein als diejenige der gleichen Anzahl von Horizontalfiltern desſelben Durchmeſſers, ohne weſentlich mehr Raum zu beanſpruchen wie ein oder zwei Horizontalfilter nebeneinander.

Nimmt die Lieferungsfähigkeit durch Verſchlammung der Filterfläche ab, iſt alſo eine Reinigung erwünſcht, ſo wird die Trommel durch ein angebautes Zahnradgetriebe mittels Kurbel in langſam rotierende Bewegung gebracht. Vorher wird der Waſſerweg im Filter durch geeignete Schieberſtellung umgekehrt, ſo daß das Waſſer von den Reinwaſſerſeiten aus gegen die Schmutz- und Schlammſchichten auf den Filterflächen ſtrömt. Inzwiſchen wird das Filter fortwährend gedreht und dadurch der Sand von allen Seiten, Korn für Korn, vom Reinigungswaſſer getroffen; hierdurch werden Schmutz und Schlamm zerrieben und fortgedrückt.

Alle dieſe Einrichtungen bewähren ſich gut in induſtriellen Betrieben; bei der ſtädtiſchen Waſſerverſorgung ſind ſie ſelten angewendet und nicht empfehlenswert.

Filtration durch poröſe Zellen. Für die Filtration im großen ſind zum Zwecke der Herſtellung von Genußwaſſer auch poröſe Zellen und Röhren aus natürlichen und gebrannten Steinen (Filterplatten und Filterzylinder) in Anwendung gebracht worden, z. B. in der Stadt Worms und bei der Wientalwaſſerverſorgung [23]. Urſprünglich wurden die Filterplatten von Fiſcher Peters-Worms (D.R.P. Nr. 77142) entſprechend Fig. 12 angeordnet; neuerdings werden

dieſelben aus einem Stück hergeſtellt und aus reinem Flußſande mit einem als Bindemittel dienenden Natronſilikat geformt, jedoch nur ſoweit gebrannt, daß der Körper die nötige Feſtigkeit erlangt, aber dabei durchläſſig bleibt. Aus den Fig. 13 und 14 iſt die Anlage eines Filterbaſſins mit den Filterzellen und Nebeneinrichtungen erſichtlich, wie ſie dem Wormſer Syſtem entſpricht. Das Rohwaſſer fließt durch den Kanal *Z* in das Baſſin und umhüllt die aufrecht ſtehenden Elemente. Zwiſchen den Hohlräumen in letzteren und einem der Länge nach alle Elemente verbindenden geſchloſſenen Rohre *r* (Fig. 13) wird durch einen Stutzen der Ablauf des Filtrates hergeſtellt, der mittels des Sammelrohres *H* nach dem Regulierſchachte *B* (Fig. 13) erfolgt. Die Druckhöhe, d. h. der Abſtand zwiſchen dem Waſſerſtand (*WS*) des Baſſins und dem Ueberlaufe (*WS*) des Teleſkoprohres *T* (Fig. 14) wird durch Schraube und Handrad R_1 eingeſtellt; der auf dem Rohwaſſer angeordnete Schwimmer *S* hält dieſe Druckhöhe konſtant, ſo daß man in der Lage iſt, ein ſtets gleichbleibendes, aber beliebiges Waſſerquantum zu filtrieren. Das Filtrat zieht durch das Ablaufrohr *A* nach dem Reinwaſſerreſervoir. Einzelne Elementengruppen können durch die an den Enden der Röhren *r* vorgeſehenen Schieber außer Betrieb geſetzt bezw. in den Betrieb wieder aufgenommen werden. Sollen die Elemente gereinigt werden (was etwa alle 4 Wochen nötig iſt), ſo wird durch die Leitung *D* (Fig. 13 und 14), nachdem die Schieber *s* geſchloſſen ſind, Waſſer unter Druck eingelaſſen, das dann in die Hohlräume der Elemente tritt und die Steinplatten von innen nach außen ſpült. Auf demſelben Wege kann eine Reinigung durch Waſſerdampf erfolgen, wenn es ſich darum handelt, die Platten zu ſteriliſieren bezw. die in den Poren enthaltenen organiſchen Körper zu vernichten. Der Leerlauf des Filterbeckens vollzieht ſich durch das Rohr *L*. Als Vorzüge des Wormſer Syſtems gegenüber gewöhnlichen Sandfiltern werden die ſenkrechte und deshalb der Abſetzung des Schlammes ungünſtige Anordnung der Filterflächen, die Möglichkeit der Sterilisation und die Billigkeit der unter geringem Waſſerdruck arbeitenden Anlage (Koſten ca. 60 bis 65 % einer gut konſtruierten Sandfilteranlage) geltend gemacht. Die Ergiebigkeit iſt pro Quadratmeter Filterfläche der Steinplatten dieſelbe wie pro Quadratmeter Sandfilterfläche, d. h. ſie kann in gleicher Weiſe durch Einſtellen der Druckhöhe reguliert werden. Bei 100 mm Filtrationsgeſchwindigkeit pro Stunde (vgl. S. 27) treten auf den beiden Filterflächen der Platte $2 \cdot 2{,}4 = 4{,}8$ cbm Waſſer in den Hohlraum eines Elements.

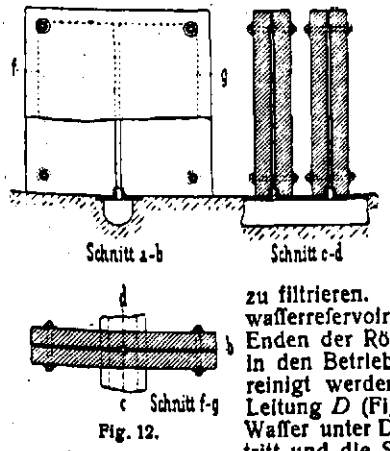


Fig. 12.

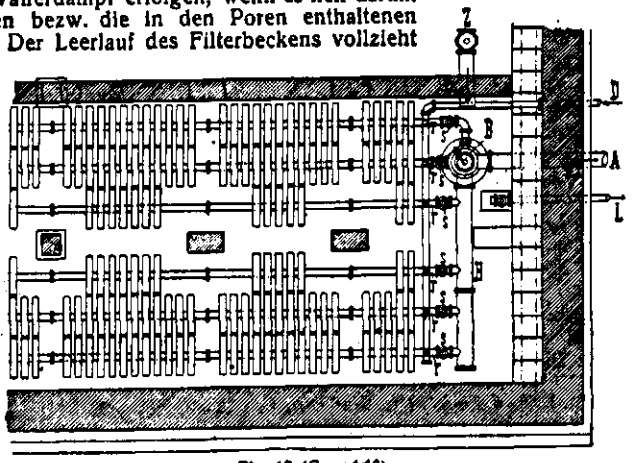


Fig. 13 (Grundriß).

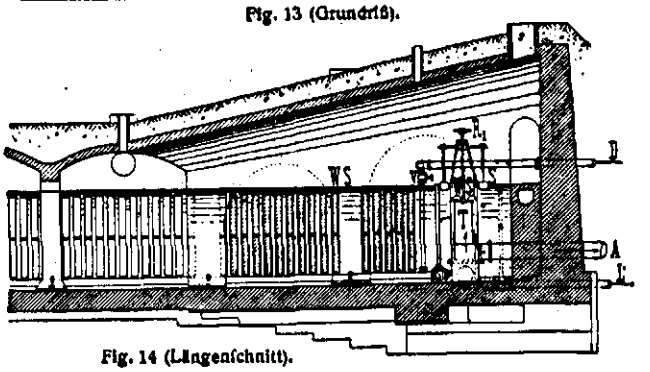


Fig. 14 (Längenſchnitt).

Die Aktiengeſellſchaft für Großfiltration in Worms beſchreibt in [24] Anlagen, bei denen die Filterplatten durch Filterzylinder erſetzt ſind, die aus mehreren Ringen von ca. 20 cm Höhe (ein Element von 1 m Höhe aus fünf Ringen) beſtehen. Das Material der Ringe iſt porös und ähnlich dem der Platten. Kurka [25] verwendet zur Großfiltration zylindriſche Elemente aus poröſem Stein von gleichmäßiger Struktur mit feinen Poren (D.R.P. Nr. 96047). Dieſes Steinrohr hat geſchloſſenen Boden, quadratiſchen Kopfanſatz und keilförmige Kopfflächen; die Länge des Elementes beträgt 120 cm, wovon auf den unteren zylindriſchen Teil 108, auf den quadratiſchen Kopfanſatz 12 cm entfallen. Der Durchmeſſer des zylindriſchen Teils beträgt 23 cm, die Breite und Länge des quadratiſchen Kopfanſatzes je 25 cm; die innere Bohrung hat einen Durchmeſſer von 9 cm, die Wanddicke iſt alſo 7 cm. Die Elemente werden ſenkrecht ſtehend in Kammern eingebaut; 16 Elemente erfordern 1 qm Bodenfläche. Die Filtration erfolgt von außen nach innen.

Aehnliche Einrichtungen aus andern poröſen Elementen ſind vielfach vorgeſchlagen worden (vgl. z. B. D.R.P. Nr. 107251). In der Praxis wird indeſſen dieſe Art Filtration ſelten angewendet. Die Poren verlegen ſich, ohne daß es vollſtändig gelingt, durch Rückſpülung die

eingedrungenen Unreinigkeiten zu beſeitigen. Für gewerbliche Zwecke ſind die Anlagekoſten zu hoch und in der ſtädtiſchen Waſſerverſorgung iſt es den bis jetzt bekannten Syſtemen nicht gelungen, die Sandfiltration zu verdrängen, die ſich ſeit langer Zeit als das bis jetzt vollkommenſte Waſſerklärungsmittel im großen bewährt hat.

Beſondere Filtrationsmethoden und Filterkörper ſollen, ſoweit ſie auch die chemiſche Beſchaffenheit des Waſſers ändern bezw. die im Waſſer gelöſten Stoffe entfernen, unter Waſſerreinigung beſprochen werden. Die im Waſſer vorhandenen Bakterien werden durch keines der im vorſtehenden erwähnten Filtrationsverfahren vollſtändig zurückgehalten; doch iſt im allgemeinen eine weſentliche Verminderung der ſpezifiſchen Bakterienzahl erreichbar. Neuerdings wird verſucht, durch Sterilifierung (ſ. d.) bezw. Ozoniſierung (ſ. d.) die Bakterien zu vernichten. Die Zurückhaltung feiner und feinſter Suspenſionen ſowie beſonderer Methoden zur Filtration haben verſchiedene Anordnungen — z. B. Doppelfiltration, Zumiſchung von Ton zum Sand ſowie andre beſondere Filtermaſſen u. ſ. w. — gezeitigt, die ebenſo wie Betriebsverhältniſſe und zahlreiche ſonſtige im vorſtehenden nicht eingehender beſprochene Einrichtungen aller Art in [26]–[39] und in den D.R.P. Nr. 5210, 7676, 9688, 11670, 12849, 13524, 17828, 18262, 20312, 21768, 23057, 23060, 23404, 23725, 23807, 24641, 25541, 26480, 28547, 30401, 30611, 32647, 33071, 34056, 34667/68, 41181, 42082, 42426, 42857, 43039, 43254, 45112, 45130, 46185, 46195, 47508, 48502, 48919, 49608, 49623, 50479, 52220, 52496, 53075, 53304, 54037, 54129, 54137, 54141, 55132, 55426, 56981, 58355, 58676, 58881, 58999, 60684, 61755, 61958, 63037, 64384, 66289, 66291, 67201, 67253, 68260, 68410, 69640, 69781, 70050, 70513, 70973, 72085, 72269, 73403, 73740, 74141, 75628, 76136, 76194, 77133, 78003, 79236, 79822, 81261, 81770, 82601, 85023, 85237/38, 85572, 86571, 86675, 87677, 90030, 91903, 92252, 94863, 95835, 98389, 100716, 100893, 101096, 101439, 104636, 106968, 107251, 109269, 110747, 110971, 119663, 125394 nachgeſehen werden wollen. In gewerblichen Betrieben werden auch vielfach Filtertücher zur Filtration verwendet; vgl. hierüber den Artikel Filterpreſſen und die beſonderen Methoden in den D.R.P. Nr. 33434, 43441, 56052, 72754, 77611, 105109. Die Filtration durch die Grasnarbe von Wieſen bezw. die Erzeugung künſtlichen Grundwaſſers auf dieſem Wege iſt da und dort erfolgt; ſtrengeren hygieniſchen Anforderungen vermag aber das ſo gewonnene Waſſer nicht zu entſprechen. Vgl. a. Waſſerreinigung.

Literatur: [1] Heſſe, W., Deutſch. Med. Wochenſchr. 1885, S. 71. — [2] Frankland, T., Proceedings of the Inst. of civil engin., London 1886, 6. April. — [3] Filtration durch Eiſenſchwamm und die Waſſerverſorgung von Antwerpen, Journ. für Gasbel. u. Waſſerverſorg., Bd. 26, 1883, S. 93. — [4] Barnes, P., On the filtration of water for industrial purposes, Journ. of the Frankl. Inst. 1882, S. 285. — [5] Krüger, R., Die Filter für Haus und Gewerbe, Wien 1886. — [6] Pukall, Ber. der Deutſchen chem. Geſellſchaft, Bd. 26, 1893, S. 1159. — [7] Deutſche Vierteljahrsſchr. für öffentl. Geſundheitspflege 1892, S. 50. — [8] Beyer, Die Mikromembranfilter, Wien 1884, und Hygien. Rundſchau 1891, S. 977 (Referat). — [9] Maignen, L'eau purifiée par le filtrage, Paris 1894. — [10] Fiſcher, F., Das Waſſer, ſeine Verwendung, Reinigung und Beurteilung, Berlin 1891, S. 217. — [11] Gruber, M., Geſichtspunkte für Prüfung und Beurteilung von Hauswaſſerfiltern, Zentralbl. f. Bakteriologie 1893, S. 488; 1894, XIV, S. 488. — [12] Zu vergleichen: Bertſchinger, Unterſuch. über die Wirk. der Sandf. in Zürich, 1889; Fränkel und Piefke, Zeitſchr. f. Hygiene 1890; Koch, R., Zeitſchr. f. Hygiene u. Infekt. 1893 und 1894. — [13] Goetze, E., Journ. f. Gasbeleucht. u. Waſſerverſ. 1896, S. 2, und Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1896, S. 820. — [14] Kümmel, Journ. f. Gasbeleucht. u. Waſſerverſ., Bd. 33, 1890, S. 511. — [15] Handb. d. Ingenieurwiſſenſch., Bd. 3, Waſſerbau, 1. Abt., 2. Hälfte, Leipzig 1893, S. 281. — [16] Lueger, Waſſerverſorgung, Bd. 1, Darmſtadt 1895, S. 426. — [17] Esmarch, E. v., Zeitſchr. f. Hygiene u. Infekt., Bd. 16, 1894, S. 257. — [18] Koch, R., ebend., Bd. 14, 1893, S. 409. — [19] Meyer, A., Das Waſſerwerk der freien und Hanſeſtadt Hamburg, unter beſonderer Berückſichtigung der 1891—1893 ausgeführten Filtrationsanlage, Hamburg 1894. — [20] Weyl, Th., Handb. d. Hygiene, Bd. 1, Jena 1896. — [21] Journ. f. Gasbeleucht. u. Waſſerverſ. 1877, S. 544; 1878, S. 35; 1890, S. 11. — [22] Kröhnke, O., Das Waſſer und ſeine Reinigung, Stuttgart 1900, und die Kataloge der Allgemeinen Städtereinigungsgeſellſchaft ſowie von Müllenbach & Zilleſen, Hamburg. — [23] Das Waſſer, Jahrg. 1901, Heft 15. — [24] Aktiengeſellſchaft für Großfiltration in Worms, Worms 1902 (Selbſtverlag); Techniſches Gemeindeblatt 1903, Nr. 20; Dinglers Polyt. Journal, Bd. 318, Jahrg. 1903, Heft 1. — [25] Steinfilter Syſtem Kurka für den Großbetrieb, Frankfurt a. M. 1900. — [26] Atkins, W. G., The modern system of water purification, London 1895. — [27] Cotrell, E. P., The purification of drinking water, Engineering 1898, Bd. 66, S. 1704. — [28] Mallénéjak, Wirkung der Holzkohle auf die organiſchen Stoffe des Waſſers, Journ. de Pharmac. et de Chim. 1900, Bd. 12, S. 5 ff. — [29] Jolles, A., Neuartige Filter und deren Darſtellung, Zeitſchr. f. angewandte Chemie 1900, S. 666. — [30] Gerhard, W. P., Amerikaniſche Filter und Filtermethode, insbeſondere die Schnellwaſſerfilter, „Geſundheit" 1900, S. 305 ff. — [31] Hering, Palmer und Perrit, Filtration of water for public use, Proceed. Am. Soc. Civ. Engin. Aug. 1900, S. 774. — [32] Sherman, Schutzſiebe an den Waſſerwerken von Boſton, Engin. News, September 1900, S. 218. — [33] Hagen, Stand der Trinkwaſſerreinigung in Nordamerika, Journ. f. Gasbeleucht. u. Waſſerverſ. 1901, S. 137. — [34] Peter, H., Ueber Waſſerreinigung durch kombinierte Grob- und Feinfilter, Journ. f. Gasbeleucht. u. Waſſerverſ. 1901, S. 681 ff. — [35] Mitteilungen über Betriebsvorgänge bei offenen Sandfiltern und deren Reinigung, ebend. 1902, S. 80. — [36] Gieſeler, Amerikaniſche Schnellfilter, ebend. 1902, S. 470. — [37] Spring, Filtration von Waſſer durch Sand und Lehm, ebend. 1902, S. 589. — [38] Richart, Künſtliche Filtrationsbaſſins, ebend. 1902, S. 963. — [39] Neues Verfahren zur Reinigung von Trinkwaſſer, ebend. 1903, S. 55. S. a. Filtration.

Lueger.

Filtergalerie, ſ. Waſſerfaſſung.

Filterkorb, ſ. Brunnen, Bd. 2, S. 367.

Filterpreſſe, eine leiſtungsfähige, im Erfolge vollkommene, in der Handhabung einfache und im Betriebe billige Vorrichtung, um feſte Stoffe mittels Durchſeihens aus Flüſſigkeiten abzuſondern, ſei es, um erſtere möglichſt trocken zu gewinnen, wie z. B. die Maſſe in der Porzellan- und feineren Tonwarenfabrikation, ſei es, um die Flüſſigkeit zu klären. Die Filterpreſſe beſteht aus einer Anzahl flacher, durch ein Geſtell vereinigter Kammern, die mit Filtertüchern ausgekleidet ſind.

Man unterſcheidet Kammerpreſſen, bei denen der rings um die Filterfläche der Platten laufende, glatte Dichtungsrand erhaben iſt, ſo daß je zwei zuſammenſtoßende Platten eine Kammer bilden, und Rahmenpreſſen, bei denen der Dichtungsrand mit der Fläche eben liegt und die Kammern durch die zwiſchen je zwei Vollplatten eingeſchalteten Hohlrahmen gebildet werden. Im allgemeinen arbeitet man mit beiden Arten von Preſſen gleich gut, jede Art hat ihre beſonderen Vorzüge. In den Kammerpreſſen fallen die Rückſtände beim Auseinanderſchieben der Platten von ſelbſt heraus oder können doch mit leichter Mühe von den Tüchern abgeſtrichen werden. Bei den Rahmenpreſſen werden die Rückſtände in den Rahmen aus der Preſſe herausgehoben; dieſelben eignen ſich daher beſonders für ſolche Stoffe, deren Rückſtände feſte Kuchen bilden. Bei den Kammerpreſſen werden die Filtertücher entweder mittels Tuchverſchraubungen am Eingangskanal befeſtigt und abgedichtet oder durch den Eingangskanal hindurchgezogen, während bei den Rahmenpreſſen die Tücher einfach über die Platten gehängt werden.

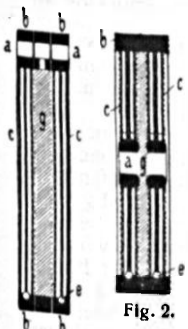


Fig. 2.

Fig. 4.

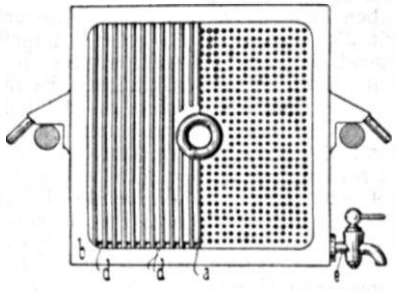


Fig. 1.

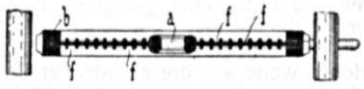


Fig. 3.

In Fig. 1 und 2 iſt ein Schnitt durch eine Kammerpreſſe und Anſicht der Platte einer ſolchen gegeben (rechts in Fig. 1 mit aufgelegtem Sieb), in Fig. 4 ebenſo Schnitt durch eine Rahmenpreſſe; Fig. 3 gibt den Horizontalſchnitt durch eine Platte ohne aufgelegte Siebe und ohne Filtertücher. Die Filterplatten ſind in beiden Fällen bis auf die Ein- und Austrittsöffnungen geſchloſſen und mit einem ſtarken Rand und einer größeren Zahl von ſenkrecht laufenden Erhöhungen, die kleine Kanäle zwiſchen ſich laſſen, verſehen; auf dieſe geriffelten Flächen werden noch weitere mit kleinen Oeffnungen verſehene dünne Platten und auf letztere erſt die Filtertücher aufgelegt. In den Figuren bedeuten *a a* die Zulaufkanäle, die entweder in Mitte der Filterplatten *b b*, wie in Fig. 1 und 2, oder oben, wie in Fig. 4, angeordnet ſind; *c c* ſind die Siebe und die geſtrichelten Linien die Filtertücher; *d d* ſind Oeffnungen, die von den ſenkrecht angeordneten Kanälen *f f* nach den Ablaufrinnen *e e* führen; *g g* ſind die Preßkuchen, die bei der Rahmenpreſſe aus dem Rahmen *h* (Fig. 5) herausnehmbar ſind. Der Zutritt der zu filtrierenden Maſſe erfolgt bei der Rahmenpreſſe durch kleine Oeffnungen im Rahmen.

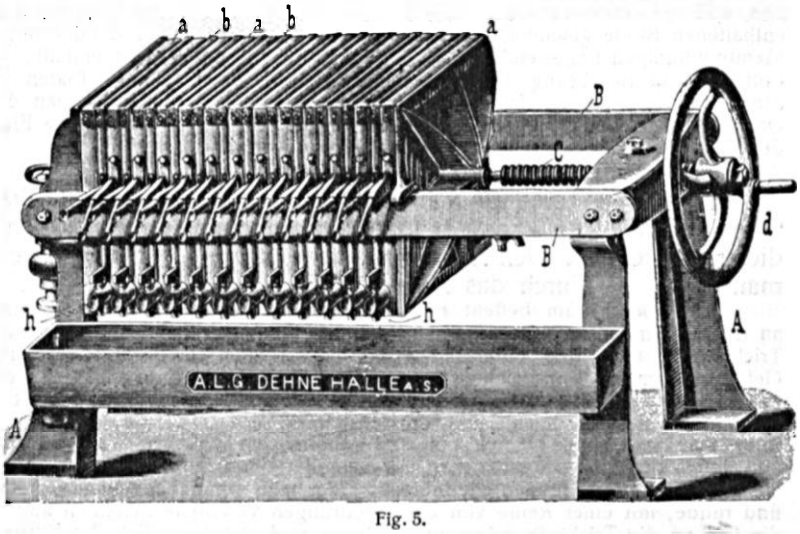


Fig. 5.

Wie bereits bemerkt, werden ſtets eine größere Zahl von Kammern in einem Geſtell miteinander vereinigt und gleichzeitig beſchickt. In Fig. 5 iſt die äußere Anſicht einer ſolchen Rahmenpreſſe, wie ſie von der Maſchinenfabrik von A. L. G. Dehne in Halle a. S. als Spezialität gebaut wird, dargeſtellt. *A* iſt das Geſtell, auf deſſen Rahmen *B B* die Filterplatten *a a* und Filterrahmen *b b* abwechſelnd aufgeſtellt werden; ſind die Platten ſämtlich aufgegeben, ſo werden dieſelben eng aneinander geſchoben und hierauf mit Hilfe der Schraubenſpindel *c* und des Handrades *d* feſt zuſammengefügt. Iſt alles ſo weit vorbereitet, ſo läßt man den zu filtrierenden Schlamm in die Preſſe eintreten. Wo mehrere Preſſen von einer gemeinſamen Leitung aus

geſpeiſt werden, geſchieht dies durch das Oeffnen eines Ventils, das der unter Druck ſtehenden Maſſe den Eintritt in die Preſſe freigibt; iſt nur eine Filterpreſſe vorhanden, ſo wird die betreffende Filterpumpe in Tätigkeit geſetzt. Der Zutritt des Schlammes zur Filterpreſſe wird ſo lange unterhalten, bis ſo viel feſte Maſſe ſich in den einzelnen Abteilungen abgeſetzt hat, als in denſelben jeweilig Platz findet; hierauf wird der Zufluß des Schlammes eingeſtellt, die Schraubenſpindel zurückgedreht und die Platten auseinander geſchoben. Falls die betreffende Preſſe eine Kammerpreſſe iſt, wird die entwäſſerte Maſſe hierbei nach unten fallen, wo ſie in beſonderen Gefäßen zur weiteren Verwendung oder zur Beſeitigung aufgefangen wird; iſt es eine Rahmenpreſſe, ſo werden die Rahmen herausgenommen und die Kuchen, die ſich in denſelben befinden, ausgeſchüttet. Die unteren Ablaufrinnen *e e* werden oft mit Verſchlußhähnen, wie dies auch in Fig. 5 bei *h h* dargeſtellt iſt, verſehen; es hat dies den Vorteil, daß, wenn irgend ein Filtertuch während des Gebrauchs undicht wird, nicht die ganze Preſſe außer Tätigkeit geſetzt zu werden braucht. Es iſt in einem ſolchen Falle nur erforderlich, den Hahn zu ſchließen, der den Austritt aus der betreffenden Abteilung reguliert.

Die Anwendung eiſerner Filterpreſſen iſt in vielen Fällen nicht zuläſſig; man verwendet dann bisweilen Holz zu den Rahmen und Platten, beſſer aber entweder Metalle, die von den zu filtrierenden Stoffen nicht angegriffen werden, oder man macht die eiſernen Platten u. ſ. w. mit einer für die zu filtrierende Flüſſigkeit unangreifbaren Schicht aus Zinn, Blei oder Hartgummi widerſtandsfähig. In einzelnen Fällen, namentlich dann, wenn die zu filtrierende Flüſſigkeit die Filtertücher ſtark angreift, werden Filterpreſſen mit eingelegten Tüchern benutzt; die Ränder werden dabei nicht durch die Filtertücher, ſondern durch aufgeſetzte Streifen von Pappe oder Gummi abgedichtet. Wo es ſich darum handelt, die Flüſſigkeit vollſtändig rein zu erhalten, genügt in der Regel ein Filtrieren durch die Tücher allein nicht; man benutzt dann als Filter eine geeignete Maſſe: Sand, Kohle oder dergl. Dieſes Maſſenfilter wird ſo hergeſtellt, daß man vor jeder Filterplatte einen beſonderen Rahmen zur Aufnahme der Filterſchicht anordnet. Ehe die eigentliche Filtration beginnen kann, wird die Filtermaſſe in ebenſolcher Weiſe wie die zu filtrierende Flüſſigkeit in die Filterpreſſe eingedrückt und erſt nachdem ſich eine genügend ſtarke Schicht Filtermaſſe abgeſetzt hat, der Filterrahmen eingeſetzt. Der Zutritt der zu filtrierenden Flüſſigkeit wird durch einen mehr oder weniger ſtarken Druck bewirkt. Das einfachſte iſt, den natürlichen hydroſtatiſchen Druck zu benutzen, d. h. das Gefäß, aus dem die Flüſſigkeit nach der Preſſe gelangt, genügend hoch über dieſelbe zu ſtellen. Iſt dies nicht möglich, ſo muß ein künſtlicher Druck, meiſt durch Druckpumpen, erzeugt werden, die den Schlamm nach den Preſſen fördern. Die zu benutzenden Druckpumpen müſſen ſo konſtruiert ſein, daß die arbeitenden Teile der Pumpe tunlichſt gegen die Angriffe der in der Flüſſigkeit enthaltenen Stoffe geſchützt ſind; wenn dieſe Stoffe nur aus Sand oder dergl. beſtehen, werden Membranpumpen angewendet, ſoweit die Flüſſigkeit aber Säuren enthält, müſſen alle mit der Flüſſigkeit in Berührung kommenden Teile durch einen unangreifbaren Ueberzug von Blei, Zinn oder Hartgummi geſchützt ſein. In beſonderen Fällen benutzt man direkten Dampf oder Druckluft; letztere hat gegen Dampf den Vorteil, daß die zu filtrierende Flüſſigkeit nicht durch den ſich kondenſierenden Dampf weiter verdünnt wird. *Dämmler.*

Filterrohr, ſ. Waſſerverſorgung.

Filtration, eine im Laboratorium wie in der Technik häufig ausgeführte Operation, die den Zweck hat, feſte, in einer Flüſſigkeit ſuspendierte Stoffe von dieſer zu trennen. Den Apparat, deſſen man ſich beim Filtrieren bedient, nennt man Filter, die durch das Filter gegangene Flüſſigkeit Filtrat.

Im Laboratorium beſteht ein Filtrierapparat in der Regel aus einem gläſernen Trichter, an deſſen Wände ein entſprechend gefaltetes Filter aus Filtrierpapier ſo angelegt wird, daß der Trichterrand über den Filterrand etwas hervorragt. Das Filtrat wird in einem geeigneten Gefäß geſammelt. Zur Beſchleunigung der Filtration dient in vielen Fällen zweckmäßig eine Saugvorrichtung. Man ſetzt das Ablaufrohr des Trichters vermittelſt eines Gummiſtopfens luftdicht in ein ſtarkwandiges Gefäß, die ſogenannte Saugflaſche, ein, deren ſeitlich angeſetztes Rohr man mit einer kleinen, in den Laboratorien üblichen Waſſerſtrahluftpumpe verbindet. Die Spitze des Filters ſchützt man vor dem Zerreißen durch Einſetzen in einen kleinen Konus aus durchlöchertem dünnen Platinblech. Oder man wendet ſogenannte Filterplatten an, das ſind runde, mit einer Reihe von Durchbohrungen verſehene Scheiben aus Porzellan oder Glas, die ſich an die Trichterwandungen anlehnen und mit einer Scheibe Filtrierpapier oder Aſbeſt überdeckt werden, wobei namentlich darauf zu achten iſt, daß an den Filterwandungen ein guter Schluß hergeſtellt wird.

In einzelnen Fällen finden im Laboratorium auch kleine Filterpreſſen (ſ. d.) Anwendung; oder man filtriert durch eine grobmaſchige Leinwand, ſogenanntes Koliertuch, die an einem viereckigen Rahmen von Holz, dem Filtrierrahmen, aufgeſpannt wird. Letztere Filtriereinrichtung bietet den Vorteil, daß nach beendeter Filtration dem auf dem Filter gebliebenen Rückſtand die noch zurückgehaltene Flüſſigkeit durch Auspreſſen des Rückſtandes in dem zuſammengefalteten Tuch entzogen werden kann.

In der Technik beſitzen die Filter mannigfache Formen je nach der weiteren Verarbeitung der durch die Filtration getrennten Stoffe. Hierbei liegen drei Möglichkeiten vor. Entweder handelt es ſich um die Weiterverarbeitung des Filtrats, und der Rückſtand auf dem Filter iſt wertlos; oder dieſer iſt gerade das zu verarbeitende Hauptprodukt, und das Filtrat geht zu den Abwäſſern; oder aber beide Produkte ſind wertvoll und ſollen weiterverarbeitet werden.

Handelt es ſich um das Klären von Flüſſigkeiten, z. B. Obſtſäften u. dergl., ſo benutzt man Spitzbeutel von Leinen oder Filz, die an Holzböcken aufgehängt ſind, oder beſondere Filtriervorrichtungen. Zum Sammeln und Auswaſchen von Niederſchlägen dienen die ſogenannten

Seihbottiche, Behälter von Holz oder Metall, die einen falschen durchlöcherten Boden enthalten. Dieser ist mit Zeug bespannt oder mit Matten bedeckt und hält den Niederschlag zurück, während das Filtrat aus einer zwischen den beiden Böden befindlichen Oeffnung abläuft. In der Zucker- und Stärkefabrikation (s. d.) sowie in mannigfachen andern Betrieben bedient man sich kompliziert konstruierter Filterpressen.

Von besonderer Bedeutung für die öffentliche Gesundheitspflege sind die Filtrierapparate, die zur Filtration des Wassers dienen (s. Filter und Wasserreinigung). *Bujard.*

Filtrieren, s. Filter, Filtration.

Filtrierpapier, ein aus chemisch reinem Faserstoff erzeugtes, festes, sehr saugfähiges, ungeleimtes Papier (s. Papiersorten).

Filtriersteine, feinporöse Gesteine, die Flüssigkeiten rasch durchlassen und dabei deren Trübungen zurückhalten.

Es eignen sich hierzu manche Sandsteine, deren Quarzkörner nur unvollständig durch Bindemittel verbunden sind; dann auch feinblasige Laven, Bimsstein, auch wohl feinzellige Kalksteine (Kalktuffe) und Dolomite. Man hat früher solche Gesteine zum Filtrieren des Wassers benutzt, indem man sie in schüssel- und wannenartige Formen gebracht oder sie in das Filtriergefäß als Platten eingefügt hat. Es ist aber dabei zu berücksichtigen, daß die zu filtrierende Flüssigkeit geringe Mengen des Filtriersteins lösen kann, wenn derselbe durch sie angreifbar ist, also vor allem Kalksteine und Dolomite. Die Verwendung wird durch die Schwierigkeit beschränkt, die Steine nach dem Filtrieren von den aufgenommenen Trübungsteilchen wieder zu befreien und zu waschen. Bei nicht fest gebundenen, lockeren, durchlässigen Massen, wie Sand und Kies, läßt sich dies leichter bewerkstelligen, und so kommt diesen Gesteinen bei der Filtration großer Wassermengen eine erhöhte Bedeutung zu. *Lappe.*

Filtriersteine, in der Papierfabrikation, aus Zement hergestellte, mit einer großen Anzahl feiner Löcher versehene Steine gleicher Form, die das im Papierzeug oder im Zellstoff vorhandene Wasser durchlaufen lassen, die Fasern jedoch zurückhalten (s. Papierfabrikation). *Kraft.*

Filz, dicht ineinander verworrene Faserstoffe, besonders aus Wollfasern und Haaren, die einen zusammenhängenden Körper von bedeutender Zähigkeit bilden.

Im gewöhnlichen erfolgt die Herstellung tuchartig, und der Filz wird zu Kleiderstoffen, Teppichen, Schuhen, Filtern u. s. w. verarbeitet. — Im Schiffbau findet geteerter Filz Verwendung zur Unterlage für den Metallbeschlag der Außenhaut; ferner mit Papierzwischenlagen zur Isolation von Kühlräumen, sowie gepreßter Filz zur Unterlage für Dampfdynamos, Fallhämmer u. s. w., um die Vibrationen einzuschränken. Vgl. a. Tuchfabrikation.

Filzbarkeit, jene allen Faserstoffen, namentlich aber den kürzeren Wollfasern zukommende wichtige Eigenschaft, zufolge welcher sich dieselben unter gewissen Bedingungen so ineinander zu verwirren vermögen, daß aus losen Fasern ein nahezu kompakter, in gutem Zusammenhange stehender Körper, der Filz, entsteht (s. Tuchfabrikation). *Kraft.*

Filzen, jene in verschiedenen Industrien und Gewerben zur Ausführung gebrachte Arbeit, deren Zweck es ist, durch die Ausnutzung der Filzbarkeit aus losen Fasern einen zusammenhängenden Körper herzustellen (s. Tuchfabrikation).

Filzgarn, gefilztes Garn, Garn aus Streichwolle, das mit Ersparung des Feinspinnens dadurch herzustellen versucht worden ist, daß man Vorgespinst auf einer Filzmaschine — einem mehrfachen Würgelzeuge — strecken und unter gleichzeitiger Einwirkung von Nässe und Wärme mit starkem Drucke rollen ließ. Hierbei erfolgt, ohne bleibende Drehung, eine auf Verfilzung der Wollhaare beruhende Verdichtung des Fadens, die ihm genug Zusammenhang verleiht, um ihn wenigstens als Einschußgarn verwendbar zu machen. *E. Müller.*

Filzmaschine, s. Tuchfabrikation.

Filzmühle (Walkmühle, Dickmühle, Hammerwalke), die durch Stoßarbeit fallender Hämmer das Verfilzen der Gewebe bewirkende Maschine; auch die dereinst gesonderten Werkstätten, in denen das Verfilzen des Tuches stattfand, wurden mit diesem Namen bezeichnet (s. Tuchfabrikation). *Kraft.*

Filztuch, tuchartiges, durch Filzen hergestelltes Fabrikat; dient zu Einlegesohlen, auch als Kleiderstoff, mit Teer getränkt zum Dachdecken. *Kraft.*

Fimmel (Fümmel), der Spitzkeil, der bei der bergmännischen Hereintreibearbeit (s. d.) verwendet wird.

Findelhaus, Anstalt zur Verpflegung und Erziehung von Kindern, welche meist bald nach der Geburt von ihren Eltern verlassen oder ausgesetzt werden.

Die Aufnahme der Kinder erfolgt durch persönliche Uebergabe oder ungekannt durch den sogenannten Tiller. Als öffentliche Wohltätigkeitsanstalten kamen Findelhäuser schon im frühen Mittelalter vor (7. Jahrhundert) und waren bald in allen christlichen Ländern verbreitet.

Da aber die erzieherifchen Vorteile derfelben fehr geringe find und deren ftttlicher Nachteil längft erkannt ift, find fie in Deutfchland ganz eingegangen, dagegen in den romanifchen Ländern fowie in Rußland noch vorhanden. —. Die bauliche Anlage des Findelhaufes, früher ftets eine zentralifierte, mit großen Sälen u. f. w., hat fpäter, ähnlich den Heilanftalten, Waifenhäufern u. dergl., einem Syftem der Trennung weichen müffen, bei welchem die Pfleglinge nach Gruppen oder Familien in Einzelgebäuden untergebracht werden.

Literatur: Handb. d. Arch., Darmftadt 1883, 2. Teil, 5. Halbbd., Heft 2, S. 117. *Weinbrenner.*

Finderrecht, im Bergbau, f. Bergrecht.

Findlinge, f. Erraticum.

Fingerhüte, beim Nähen, Sticken u. dergl. benutzte Hilfsgeräte, beftehen meift aus Eifen, Stahl oder Kupfer, manchmal aus Silber, Gold, Aluminium, Elfenbein, Horn u. dergl.

Fingerhüte aus Meffing werden entweder gegoffen oder es werden Blechftreifen gebogen, verlötet und mit einer gleichfalls verlöteten Kappe verfehen; bei Fabrikbetrieb werden meift kreisrunde Blechfcheiben mittels eines Stempels in mehrere Löcher von langfam zunehmender Tiefe eingepreßt. Die äußere Oberfläche wird mit kleinen Vertiefungen verfehen, um das Abrutfchen der Nadel bei der Arbeit zu verhindern. Diefe Vertiefungen werden hervorgebracht, indem man ein Rändelrädchen aus Stahl, das auf feinem Umfange mit den entfprechenden Spitzen verfehen ift, gegen den auf einer Drehbank umlaufenden Fingerhut preßt. Auch kann man eine mit Spitzen verfehene Scheibe aus Stahl in Umdrehung verfetzen und gegen diefe den um einen Stift lofe drehbaren Fingerhut preffen. Sind die Fingerhüte aus zu hartem Stoff, aus Perlmutter, Knochen u. dergl., fo genügt der durch das Rändeln hervorgebrachte Druck nicht, vielmehr find die Vertiefungen einzubohren. Zum Schluß werden die Fingerhüte durch Abreiben mit Sägemehl poliert; bei Maffenerzeugung gefchieht dies in Scheuertrommeln. Fingerhüte aus Stahl werden zuweilen vorher noch gehärtet, eiferne durch Einfetzen in Kohlenpulver; nach dem Polieren werden fie blau angelaffen. Die Verzierungen auf der äußeren Oberfläche werden ebenfalls durch Rändeln hervorgebracht oder es werden Goldftreifen eingelegt. Auch preßt man in eiferne Fingerhüte Futter aus feinem Meffingblech. *Dalchow.*

Fingerhutblau, f. Mineralblau.

Fingerling des Ruders, f. Ruder.

Finiermafchine (Arrondier- oder Abwälzmafchine), eine im Uhrmachergewerbe benutzte Mafchine zum Nacharbeiten der mittels Räderfchneidzeugen oder Schneidmafchinen vorgefchnittenen Räderzähne.

Diefes Nacharbeiten zerfällt in zwei verfchiedene Teile, in das „Ausftreichen" und das eigentliche „Arrondieren" oder „Wälzen". Durch das „Arrondieren" erhalten die fcharfen Ecken die gehörige regelrechte Rundung. *Dalchow.*

Finishing, der engliche Ausdruck für die Schlußoperationen der Appreturverfahren (f. Appretur).

Finiffeur, f. Kammgarnfpinnerei.

Finknetzkaften oder Hängematttskaften, auf Kriegsfchiffen die kaftenförmige Erweiterung des Schanzkleides; dient zur Aufnahme der Hängematten.

Finkfcher Ventilator, f. Schleudergebläfe.

Finne (Hammerfinne), fchmale Endfläche eines Handhammers, die entweder dem Stile gleich gerichtet ift oder gegen denfelben rechtwinklig fteht (f. Hammer).

Finnhammer, Hammer mit einer kreisrunden, etwas gewölbten Bahn und einer abgerundeten quergeftellten Finne (f. Hammer).

Finfenfche Lichttherapie, befteht in der Anwendung ultravioletten Lichtes zur Heilung von Lupus, Krebs und andern Hautkrankheiten.

Es wird das Sonnenlicht oder vom elektrifchen Bogenlicht ausgeftrahlte Licht mittels konvexer Quarzlinfen auf die kranke Stelle „kondenfiert" und durch Lichtwirkung der Heilungsprozeß veranlaßt.

Literatur: Freund, Leopold, Grundriß der gefamten Radiotherapie, Wien 1903.

Finfterniffe und Bedeckungen, Phänomene am Himmel, die durch die gegenfeitige Stellung der Geftirne untereinander und in ihrem Verhältnis zur Erde bedingt werden. Unter Finfterniffen verfteht man den Eintritt eines Mondes in den Schatten feines Hauptkörpers oder umgekehrt; während man von Bedeckungen ftreng genommen eigentlich nur fprechen follte, wenn wirklich von einem Punkt der Erde aus gefehen ein Himmelskörper in die Verbindungslinie zwifchen Erde und einen andern Körper des Sternenhimmels tritt. Infofern find alfo auch die gewöhnlich als Sonnenfinfterniffe bezeichneten Phänomene Bedeckungen.

Beide Arten von Ereigniffen haben, abgefehen von ihrer Bedeutung für manche Fragen der phyfifchen Aftronomie (Frage nach Atmofphären der Planeten oder Monde u. f. w.), auch einen gewiffen Wert für mancherlei Beftimmungen, welche die theoretifche und fphärifche

Aſtronomie angehen. Dieſe Punkte einzeln und ausführlicher zu behandeln, gehört nicht in den Rahmen dieſes Lexikons, ſondern die ganze Materie kann nur aus den Lehrbüchern der Aſtronomie genauer kennen gelernt werden. Hier ſoll nur darauf hingewieſen werden, daß z. B. die beiden Phänomene ſich prinzipiell noch dadurch unterſcheiden, was für ihre Ausnutzung für die Zwecke der geographiſchen Längenbeſtimmung (ſ. d.) von beſonderer Bedeutung iſt, daß die zuerſt genannten gewiſſermaßen für die Bewohner der Erde objektive Phänomene ſind, d. h. für alle Erdorte, an denen ſie überhaupt ſichtbar ſind, werden ſie im abſolut gleichen Momente wahrgenommen. Diejenigen der zweiten Art aber ſind wegen der nicht unendlichen Entfernung der ſie erzeugenden (bedeckenden) Himmelskörper erſtens nicht für alle Erdorte in gleicher Weiſe, d. h. mit gleicher Phaſe (totale, partiale und ringförmige Sonnenfinſterniſſe) und nicht überall auf der Erde ſichtbar, und zweitens iſt der Moment ihrer Wahrnehmbarkeit wegen der Größe der Erde im Verhältnis zur Entfernung des bedeckenden Körpers an den Orten, an denen das Phänomen überhaupt ſichtbar iſt, nicht der gleiche. (Es finden durch die Parallaxe und die Lage des Ortes auf der Erde bedingte Verſchiedenheiten ſtatt.)

Würden die Finſterniſſe (Mondfinſterniſſe, Finſterniſſe der Jupitermonde) mit größerer Schärfe beobachtbar ſein, ſo hätte man in ihrer Beobachtung ein vorzüglich geeignetes Mittel zur geographiſch-aſtronomiſchen Längenbeſtimmung. So aber liefern tatſächlich die Bedeckungen der Sonne, der Fixſterne durch unſern Erdmond, obgleich eine ziemlich umſtändliche Rechnung ſowohl zu ihrer Vorherbeſtimmung als auch zur ſpäteren Auswertung von dergleichen Beobachtungen erforderlich iſt, die weit beſſeren und zweckmäßigeren Reſultate

Literatur: Die Lehr- und Handbücher der mathematiſchen Geographie enthalten Angaben über die Ausnutzung der Finſterniſſe und Bedeckungen für die Zwecke der geographiſch-aſtronomiſchen Ortsbeſtimmung. Ausführliches darüber iſt in den Lehrbüchern der ſphäriſchen Aſtronomie von Sawitſch, Brünnow und Chauvenet zu finden. Das Handbuch der geographiſchen Ortsbeſtimmung von W. F. Wislicenus ſowie alle aſtronomiſchen Jahrbücher geben einfache und zweckmäßige Vorſchriften für die Vorausberechnung der betreffenden Phänomene und für die Berechnung der Längen aus Beobachtungen derſelben. Die Jahrbücher geben auch mehr oder weniger ausführlich die dazu nötigen aſtronomiſchen Daten (ſogenannte Elemente der Verfinſterungen). Für einen kleineren Teil der Sternbedeckungen gibt C. Steckert in den Annalen der Hydrographie jedes Jahr bequeme Hilfstafeln. Hiſtoriſch iſt der Stoff in dem Handbuch der Aſtronomie u. ſ. w. von R. Wolf, Zürich 1891, und beſonders mit Bezug auf die Literatur in der Bibliographie von Hauzeau und Lancaſter, Brüſſel 1882, behandelt. Die Grundlage der ſtrengen Theorie hat vor allem Beſſel in ſeiner „Analyſe der Finſterniſſe“ (Aſtronomiſche Unterſuchungen) geliefert. *Ambronn.*

Firnis, Bezeichnung für an der Luft austrocknende öl- oder harzartige Flüſſigkeiten, dazu dienend, den verſchiedenartigſten Gegenſtänden — in dünner Schicht aufgetragen — eine glänzende, glatte Oberfläche zu verleihen und Schutz gegen die nachteiligen Einwirkungen der Luft, Feuchtigkeit u. ſ. w. zu gewähren.

Man unterſcheidet: 1. fette Oelfirniſſe, durch chemiſche Veränderung trocknender Oele erhalten; 2. fette Lackfirniſſe (Oellack, fette Lacke), durch Auflöſen von Harzen in trocknenden Oelen erhalten (ſ. Leinölfirniſſe); 3. flüchtige Firniſſe (flüchtige Lacke), durch Auflöſen von Harzen in flüchtigen Löſungsmitteln (Aether, Terpentinöl, Alkohol, Benzin u. ſ. w.) erhalten.

Statt der veralteten Bezeichnung Firniſſe für alle glanzgebenden Flüſſigkeiten werden jetzt alle Löſungen von Harzen irgendwelcher Art, mit oder ohne trocknende Oele, als Lacke (fette Lacke, Terpentinöllacke, ätheriſche Lacke, Spirituslacke) angeſprochen, während der Name Firnis ausſchließlich für gekochtes Leinöl als Abkürzung für Leinölfirnis gebräuchlich iſt. Auch anders zubereitete trocknende Oele werden unter Mitverwendung des dem Oel zukommenden Namens als . . . -firnis (Hanföl-, Mohnöl-, Nußöl- u. ſ. w. -firnis) bezeichnet.

Literatur: Creuzburg, Lehrbuch der Lackierkunſt u. ſ. w., 11. Aufl., Weimar 1903; Andés, Die trocknenden Oele u. ſ. w., Braunſchweig 1882; Derſ., Oel- und Buchdruckfarben, Wien 1882; Derſ., Drying oils, London 1901. *Andés.*

Firniserſatz, ölartige Flüſſigkeiten von mehr oder weniger Trockenvermögen, beſtimmt, Leinöl oder Leinölfirnis in Farben zu erſetzen.

Die verſchiedenen Arten, häufig unter beſonderen Namen angeprieſen, beſtehen aus Gemiſchen von Harzöl, Leinöl und einem Trockenmittel, oder aus dieſen Subſtanzen und Mineralöl, oder ſie ſind Gemenge aus Harzöl und Leinöl oder Löſungen von Harzſeifen in Mineralöl mit und ohne Beimengung von Trockenmitteln. Firniserſatz, gleichviel welcher Zuſammenſetzung, unterſcheidet ſich ſchon vielfach in der Konſiſtenz, immer aber im Geruch, in der Trockenfähigkeit und ſeinem Verhalten gegenüber den Körperfarben von Leinöl oder Leinölfirnis, erreicht als Anſtrich niemals die Feſtigkeit mit Leinöl oder Firnis gemachter Anſtriche, iſt alſo viel weniger dauerhaft und nur ſcheinbar billiger. Weitere Uebelſtände dieſer Produkte ſind: Bildung fettiger Schichten auf der getrockneten Oberfläche (Mineralöl), Kriechen der Lafuren und Lacke, nachträgliches Erweichen und Klebrigwerden oder Abſplittern. *Andés.*

Firnisſtein, nur für Firnisfabrikation dienende kleine, harte, reine Bernſteinſtücke.

Firſt, 1. Kante, die durch das Zuſammentreffen zweier Dachflächen gebildet wird, bei Ziegeldächern mit in Kalk gelegten Hohlziegeln (Firſtziegeln, ſ. d.), auch mit Schieferplatten und Metall, bei Schieferdächern mit Platten von Kupfer, Zink, Eiſenblech (Firſtdecke) ſo eingedeckt, daß das Metall ca. 15 cm über

beide Dachflächen reicht (vgl. Firſtblech); 2. im Bergbau der obere Teil aller bergmänniſch ausgehauenen Räume. *Weinbrenner.*

Firſtblech, auch Gratblech (Fig. 1), Blechſtreifen zur Ueberdeckung des oberſten Dachrandes; beſteht aus Zinkblech Nr. 14, nach dem Neigungswinkel des Daches ſtumpf oder im Halbkreis abgebogen. Deſſen Befeſtigung erfolgt auf jedem Sparrenpaar, d. h. in Entfernung von 0,70—1,0 m mit einem Kreuznagel (Fig. 2), der durch eine am Firſtblech angelötete Bleilaſche abgedeckt wird. Die je 12 cm breiten Seiten ſind zur Verſtärkung an den Rändern abgefälzt oder ſtumpf abgebogen, um ſich auf die Deckfläche federnd aufzulegen. Bei Ziegeldächern hat das Firſtblech die früher übliche Eindeckung durch Hohlziegel verdrängt, weil dieſe zur Dichthaltung ein Einſpeifen mit Mörtel verlangen, was eine öfters wiederkehrende Ausbeſſerung und laufende Unterhaltungskoſten nötig macht. *Weinbrenner.*

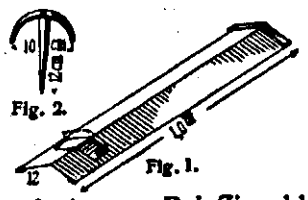


Fig. 2. Fig. 1.

Firſtenbau iſt im Bergbau die wichtigſte Abbaumethode für plattenförmige Lagerſtätten, die ein Einfallen von mehr als 45° haben, namentlich für Gänge und ſteil aufgerichtete Steinkohlenflöze von geringer oder mittlerer Mächtigkeit. Er hat ſeinen Namen daher, weil der ganze Abbau von der Firſte der Grundſtrecke aus firſtweiſe fortrückt.

Die Vorrichtung für den Firſtenbau beſteht, wenn wir die Freiberger Bezeichnungsweiſe anwenden, darin, daß zwei in einem Erzmittel aufgefahrene Gezeugſtrecken durch einen Zwiſchenſchacht miteinander verbunden werden. Von dem tiefſten Punkte des letzteren aus beginnt man den Abbau ein- oder zweiflügelig, indem man nur nach einer oder nach beiden Seiten hin den erſten Stoß (Streckenſtoß) belegt. Sobald dieſer genügend vorgetrieben iſt, belegt man den zweiten Stoß, dann den dritten u. ſ. w. (Fig. 1), ſämtliche Stöße werden fortgetrieben, ſolange der Gang abbauwürdig bleibt. Den Stoß unmittelbar unter der Sohle der oberen Gezeugſtrecke nennt man Deckelſtoß. Mit dem Vorrücken des Streckenſtoßes iſt die Firſte der unteren Gezeugſtrecke zu verwahren (Kaſtenzimmerung, Tonnengewölbe *m*, Eiſenbau), damit der Bergeverſatz *B* ein Auflager findet (Fig. 2). Es werden tunlichſt nur die Erze gefördert, und zwar die ärmeren durch Förderrollen *r* bis auf die untere Gezeugſtrecke, edle Erze werden in Körben u. dergl. bis zur Strecke geſchafft; taube Gangmaſſen und Berge werden, ſoweit der Platz es geſtattet, verſetzt. Die übrigen Berge müſſen durch beſondere Förderrollen (Bergerollen) ebenſo wie die Erze bis auf die untere Gezeugſtrecke befördert werden. Die Belegung jedes Firſtenſtoßes beträgt gewöhnlich 1—2 Mann. Die Häuer ſtehen beim Bohren auf dem Bergeverſatze, auch auf Fahrten, oder richten ſich durch Schlagen von Spreizen und Darüberlegen von Brettern kleine Bühnen her; es iſt zweckmäßig, daß der Verſatz den vorrückenden Stößen möglichſt bald nachfolgt. Ueber den Bergeverſatz findet auch die Fahrung und die Förderung bis zu den Rollen ſtatt, und es werden daher an den Stößen aus größeren Wänden Vorſätze (Treppen) gebaut, die gut zu verletten ſind, um Erzverzettelung zu vermeiden. Die Förderrollen werden mittels trockener Mauerung, die auf das Firſtengewölbe oder ſtarke Eiſenſchienen aufgeſetzt wird, im Bergeverſatz ausgeſpart und unten am ſogenannten Rollenſchlund (vgl. Grubenförderung) durch Schieber geſchloſſen gehalten; nach Oeffnung des letzteren fällt das Fördergut unmittelbar in die untergeſchobenen Hunde. Die oberen Oeffnungen der Rollen im Bau ſind abzudecken; unten offene Rollen, aus denen das Fördergut auf die Grundſtrecke fällt, ſind ſelten in Verwendung. Die ſöhlige Entfernung der einzelnen Stöße voneinander beträgt 6—15 m, die ſaigere Höhe wird nicht gern über 4 m genommen. Falls im Baue nicht genug Berge fallen, um den Verſatz bis zu genügender Höhe

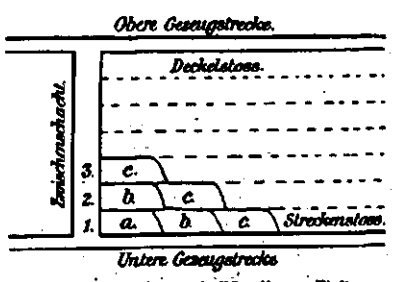


Fig. 1. Beginn eines einflügeligen Firſtenbaues (ſchematiſch).

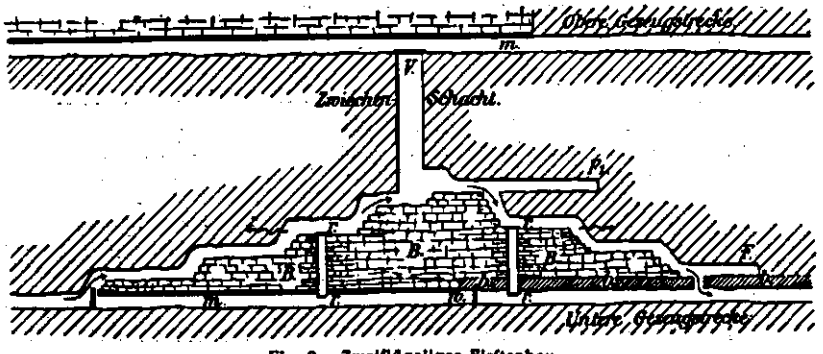


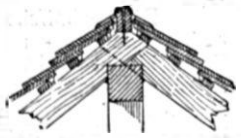
Fig. 2. Zweiflügeliger Firſtenbau.

nachzuführen, werden auf der oberen Gezeugſtrecke von andern Betrieben her Berge herzugefördert und durch den Durchſchnittsſchacht in den Bau geſtürzt. Durch eine Wetterblende *w* auf der unteren Gezeugſtrecke und wetterdichten Abſchluß *V* des Zwiſchenſchachtes werden die Wetter gezwungen, ihren Weg ſtatt auf der unteren Gezeugſtrecke entlang durch den Firſtenbau zu nehmen. Iſt das abzubauende Erzmittel arm, ſo läßt man, um die Firſtenverwahrung der unteren Gezeugſtrecke zu erſparen, an deren Firſte 1—2 m Gang als Bergfeſte *b* ſtehen, die den Bergeverſatz aufnimmt; ſtatt des Streckenſtoßes wird die Firſtenſtrecke *F* vorgetrieben, nur die Rollen werden durch die Bergfeſte hindurchgeführt. Wird der Gang vor einem oder mehreren Stößen erzleer, ſo treibt man von einem derſelben ein Feldort F_1 zur Gangunterſuchung vor.

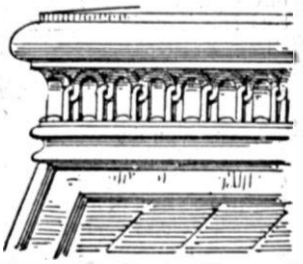
Von der beſchriebenen Betriebsweiſe unterſcheidet ſich der Firſtenbau auf Steinkohlenflözen [1] weſentlich dadurch, daß die Stöße nahe aufeinander folgen und eine konzentrierte Förderung erreicht wird, indem man auf den Bergeverſatz an den Stößen entlang eine Rutſche verlegt, in der die Kohlen zur unteren Hauptſtrecke hinabgleiten. Bei der Bergegewinnung wird die Rutſche jedesmal in ihre Teile zerlegt und für die Kohlengewinnung wieder von neuem hergeſtellt.

Literatur: [1] Trainer, Ueber eine einheitliche Benennung der Abbauarten (im rheiniſch-weſtfäliſchen Steinkohlenrevier), Eſſener Glückauf 1898, S. 678. *Treptow.*

Firſtlatte oder Firſtleiſte (auch Gratleiſte), aus aſtloſem Föhrenholze 8/12 cm ſtark, rauh mit dem Hobel zugerichtet, dient zur durchlaufenden Unterſtützung des Firſtblechs und wird auf den ſcheitrecht abgeſchrägten Sparrenenden aufliegend befeſtigt (ſ. Firſtblech und die Figur).



Firſtſtein, breiter Dachſchiefer, der in geeigneter Ueberdeckung das Firſtgebinde (ſ. Schieferdach), den oberſten Abſchluß der Schiefereindeckung, bildet. An den älteren Dächern rheiniſcher Deckweiſe ſtehen die nach der Wetterſeite liegenden Firſtſteine über die gegenüberliegenden um 5 cm vor und bilden ſo den Schutz gegen Einregnen. *Weinbrenner.*



Firſtwulſt, reichere Blecheindeckung zum Schutze des Dachfirſts, meiſt in Verbindung mit ſeitlicher Profilierung und Firſtbekrönung (ſ. die Figur).

Literatur: Handbuch der Architektur, Darmſtadt 1894, 3. Teil, Bd. 2, Heft 5, S. 82—84 und S. 461—463. *Weinbrenner.*

Firſtziegel dienen zur Abdeckung der oberſten Schichten der Dachdeckung an den Firſten und Graten. Sie ſind in der einfachſten Form halbe, abgeſtumpfte Hohlkegel, die mit der hohlen Seite nach unten auf die Dachziegel gelegt werden und dabei einander auf mehrere Zentimeter überdecken. Sie werden in der Regel in Kalk verlegt und bisweilen noch durch Nagelung an den Dachfirſt befeſtigt. Bei Verwendung von Falzziegeln zur Dachdeckung werden auch die Firſtziegel reicher geſtaltet und ſind oft noch mit beſonderen Anſätzen verſehen, die eine Firſtbekrönung ergeben (Fig. 1—3). *K. Dümmler.*

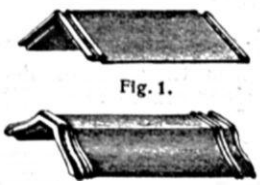


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fiſchband, ſ. Bänder, Bd. 1, S. 453.

Fiſchbauchſchiene, eine der älteſten Schienenformen, war aus Gußeiſen gebildet und hatte zwiſchen den Stützpunkten an der Unterſeite eine nach der Mitte hin an Höhe zunehmende Verſtärkung. *Goering.*

Fiſchbauchträger, Balken- und Balkenfachwerksträger, deren Obergurt gerade und deren Untergurt nach abwärts gekrümmt iſt, ſo daß der Träger in der Mitte ſeine größte Höhe hat, während die Gurtungen an den Trägerenden ganz oder nahezu zuſammengeführt ſind. Es iſt dieſe Trägerform früher auch bei Vollwandträgern (alte gußeiſerne Barrenträger oder Blechträger) als eine Form für Träger gleicher Feſtigkeit häufiger zur Anwendung gekommen; jetzt findet man ſie wohl nur auf Fachwerksträger beſchränkt. S. Parabelträger. *Melan.*

Fiſchbein, ſchwarzes (Baleine, Whale bone, Whale fins), die am Gaumen des grönländiſchen Bartenwales (Balaena mysticetus) ſitzenden dreieckigen, ſeltener viereckigen, in Querreihen angeordneten Hornplatten, die ſogenannten Barten. Eine geringere Sorte liefert der Finnfiſch (Physalus antiquorum, Megaptera boops.).

Jede einzelne der ſchwarzbraunen bis ſchwarzen, an den Breitflächen glatten, an der größten Längsſeite in Faſern aufgelöſten Hornplatten richtet ſich quer gegen das Pflugſcharbein; ihre Zahl beträgt 300—600 mit einem Gewichte von 750—1600 kg; es ſoll aber auch eine Gewichtsmenge von 2500 kg von einem Tiere gewonnen worden ſein; je nach der Stellung und dem Alter des Tieres iſt die Länge verſchieden, von 1,5 bis 4 m; die mittleren ſind die längſten. Vergleicht man ſolche Platten mit einem Dreieck, ſo iſt die längſte Kathete desſelben am Gaumen angeheftet, die Hypotenuſe nach unten hin in die beſprochenen Faſern aufgelöſt und die kürzeſte Kathete vom Oberkieferrande aus ſenkrecht nach unten gerichtet [1]. Der hiſtologiſche Bau iſt der eines Horngebildes. Die Barte beſteht aus mit Zellkern und reichlichen Pigmentkörnchen verſehenen Plattenzellen, die an den Außenſeiten tangential geſchichtet (Nebeskis Außenlamellen) [2], im Innern aber in konzentriſchen Kreiſen angeordnet ſind, die zahlreiche ſogenannte Mark- oder Hornkanälchen umlagern [4]. (Nebeski nennt dieſe konzentriſchen Kreiſe Hornröhrchen, die ganze Schicht Mittellamelle.) Zwiſchen den Kreisſyſtemen liegen ſehr zarte, kleinere Plattenzellen. Von der beſchriebenen Barte des Grönlandwals läßt ſich die Finnwalbarte leicht unterſcheiden: dieſe beſitzt in der Mittelſchicht eine einzige Reihe ſchon mit freiem Auge deutlich ſichtbarer Markkanäle, die von konzentriſch angeordneten Zellen umlagert ſind; es gibt daher nur eine Reihe von Kreisſyſtemen [2], [4].

Die techniſche Verwendbarkeit des Fiſchbeins gründet ſich auf ſeine hohe Elaſtizität, bedeutende Zugs- und Bruchfeſtigkeit, Härte und feine ausgezeichnete, faſt unvergleichliche Teilbarkeit in der Längsrichtung, hinſichtlich welcher es auch das ſpaltbarſte Holz weit übertrifft. Allerdings kann unter Umſtänden dieſe Eigenſchaft wegen des Zerſpleißens beim Gebrauch zum Nachteil gereichen. Die vom Wale ausgeſchlagenen und von anhängendem Speck und Hautteilen gereinigten Barten werden in Packe zu 10—12 Stück oder auch ſchon der Länge nach geſpalten verſendet. In den Fiſchbeinreißereien (Hamburg, Bremen, Amſterdam, Kopenhagen, Berlin, Wien) werden ſie von den Faſern befreit und in möglichſt lange Stücke zerſägt. Zur weiteren Verarbeitung wird das Objekt in heißem Waſſer erweicht, in den Schraubſtock geſpannt, mit eignen Meſſern zu verſchiedenen Nutzſtücken zerſpliſſen: 1. zu viereckigen Stäben als Schirmfiſchbein; 2. zu flachen Stücken als Schneiderfiſchbein zu Miedern, bei 3—4,5 cm Breite zu Blankſcheiten; 3. zu dünnen Ruten zum Einlegen in Damenhüte; 4. zu Stöcken, Reitpeitſchen, feiner Korbware, Galanterieartikeln. — Die Schabeſpäne, das ſind die bei der Zurichtung abfallenden Faſern, werden wie Roßhaar als Polſterungsmaterial verwendet. Das in heißem Waſſer oder Sand erweichte Fiſchbein kann auch zu Knöpfen, Doſen u. ſ. w. gepreßt werden. Von den Surrogaten und Nachahmungen, zu denen auch gebeiztes Rindshorn gehört, ſcheint ſich nur das von Th. Vöckler in Cölln bei Meißen erfundene Wallofin (Walofin) einer größeren Verbreitung zu erfreuen [3]. Es beſteht aus geſchältem und vierkantig geſpaltenem ſpaniſchem Rohre (Stuhlrohr), das ſchwarz gefärbt, unter Dampfdruck gekocht, völlig getrocknet und hierauf mit einer Löſung von Kautſchuk und Guttapercha mittels hydrauliſchen Druckes imprägniert wird; zugleich werden durch eine Schwefelteerölöſung die beiden Stoffe vulkaniſiert. Die ſchließlich gedämpften, gewalzten und beſtgetrockneten Stäbe können als (künſtliches) Schirmfiſchbein Verwendung finden. Bei wenig ſorgfältiger Imprägnierung wird aber das ſpaniſche Rohr leicht Waſſer aufnehmen und ſich krümmen und verziehen. Die größte Verwendung fand das Fiſchbein in der Zeit des Rokoko, in der die mächtigen Reifröcke und panzerartigen Schnürbrüſte der Damen enorme Mengen benötigten. — Weißes Fiſchbein, Sepiaknochen, die Rückenſchulpe des Tintenfiſches.

Literatur: [1] Brehms Tierleben, Leipzig 1877, 1. Abt., Bd. 3, S. 725 u. 740. — [2] Nebeski, O., Beiträge zur hiſtologiſchen Charakteriſtik der Hornmaterialien, 11. Jahresbericht der Wiener Handelsakademie, Wien 1883, S. 217—219. — [3] Merk, K., Warenlexikon, Leipzig 1882, S. 132, 133 — [4] Hanauſek, T. F., Techniſche Mikroſkopie, Stuttgart 1901, S. 430—432. *T. F. Hanauſek.*

Fiſchbein, weißes (Tintenfiſchbein, Sepiaknochen, Os Sepiae, Os de Sèche), die im Mantelrücken der Sepie ausgeſchiedene Kalkſchulpe.

Die Sepie oder der Tintenfiſch (Sepia officinalis *L.*), ein zu den Kopffüßern (Cephalopoden) gehöriges Weichtier, kommt in den europäiſchen Meeren vor. Die kleinen, bis 10 cm langen Schulpen ſollen von Sepia elegans *Blainv.* ſtammen. Die Stücke werden meiſt am Meeresſtrande geſammelt, an dem ſie angeſchwemmt werden, wenn die Tiere abgeſtorben ſind. Das weiße Fiſchbein iſt länglich-eiförmig, platt, auf beiden Seiten flach gewölbt, 15—30 cm lang, in der Mitte 4—9 cm breit, bis 2,5 cm dick, am Rande ſcharfkantig, unten faſt papierdünn. Die äußere Schicht (Rück- oder Außenſeite) beſteht aus einer dünnen, knochenharten, gelblichweißen, perlmutterglänzenden Kalkſchale, an deren Außenſeite punktförmige Höcker, in konzentriſchen Bogen geordnet, ſich erheben. Darauf folgt eine hornige Lamelle, die beſonders an dem unteren Rande ſichtbar hervortritt; die innerſte Schicht ſetzt ſich aus ſehr leicht zerreiblichen, dünnen, rein weißen, ſchief nach aufwärts gerichteten, ſchwach gebogenen, parallel laufenden Blättchen zuſammen, die von ſenkrecht zur Fläche geſtellten Kalknadeln gebildet werden. Dieſe Blättchen bedingen die Anwendung des weißen Fiſchbeins; ſie werden herausgeſchabt, gepulvert, geſiebt und dienen zum Polieren feiner Hölzer, des Meerſchaumes, Elfenbeins, der Knochen, zur Herſtellung feiner Gußformen für Goldarbeiter, als Zuſatz zu Lackfarben, zu Zahnpulver u. ſ. w. Weißes Fiſchbein iſt geruchlos, hat einen ſchwach ſalzig-erdigen Geſchmack, löſt ſich in Salzſäure unter Aufbrauſen, wobei ein gallertiger Rückſtand verbleibt. Der Hauptſache nach beſteht es aus Calciumkarbonat. Reichert (1887) fand 2,88% Waſſer, 86,66% unorganiſche Subſtanz; nach John ſind 7% Leim und 9% gallertige Membran enthalten. Zuſammenſetzung der Aſche: Calciumkarbonat 77,34, Chlornatrium 1,44, Kaliumſulfat 1,24, Chlorkalium 0,05, Calciumphosphat 0,33, Magneſiumkarbonat 0,37, in Salzſäure unlösliche, unorganiſche Subſtanz 4%. *T. F. Hanauſek.*

Fiſchbeinabfälle, kommen zur Verarbeitung auf Stickſtoffdünger in den Handel und haben je nach den Verunreinigungen der Werkſtatt 7—14 % Stickſtoff (Verarbeitung ſ. Horn). *Weitz.*

Fiſchblaſe, ein geſchwungener Paß der gotiſchen Spätzeit, der die Geſtalt einer Fiſchblaſe oder einer bewegten Flamme annimmt. Fig. 1 zeigt in den Ecken vier Fiſchblaſen. Fig. 2 deutet die Konſtruktion dieſes komplizierten Maßwerkes an.

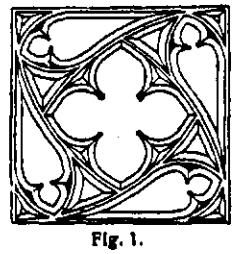


Fig. 1.

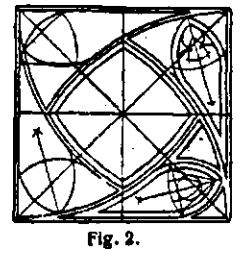


Fig. 2.

Literatur: Ungewitter-Mohrmann, G., Lehrbuch der gotiſchen Konſtruktionen, Bd. 2, Leipzig 1892. *Weinbrenner.*

Fiſchdavit, ein kranartiger Ausleger zum Aufnehmen des Schiffsankers; ſ. Ankergeſchirr.

Fiſcherhäuſer. Es ſollen hier die Fiſcherhäuſer beſchrieben werden, die in gewiſſen großen Fiſchereidiſtrikten aufgeführt ſind, wo nur zeitweilig eine Fiſcherbevölkerung einkehrt.

Solche Diſtrikte finden ſich im nördlichen Norwegen, und die Fiſcherhäuſer werden dort für die Fiſchereiſaiſon vermietet. Da der Zweck dieſer Häuſer hauptſächlich der iſt, den Eigentümern Revenuen zu gewähren, ſo iſt eine möglichſt billige Herſtellungsweiſe eine der erſten Bedingungen. Es wird zunächſt auf dem Felſen ein etwa 80 cm hohes Fundament aus kleinen Steinblöcken aufgeführt, die ſich in Menge am Ufer finden. Faſt jeder Nordmann weiß mit ſolcher Steinarbeit, wie mit Zimmermannsarbeit, umzugehen. Finden ſich nicht genug paſſende Blöcke am Ufer, ſo wird geſprengt; Felſen iſt überall, Erde nirgends. Auf dieſen Unterbau wird das Häuschen ohne weitere Befeſtigung geſtellt. Es beſteht in der Regel aus zwei Abteilungen, von denen die größere als Wohn- und Schlafgemach, die kleinere als Geräteraum dient. Hin und wieder finden ſich auch Hütten mit drei und vier Abteilungen. Die Betten ſind an den Wänden in den Ecken, immer zwei übereinander, angebracht, alſo acht Betten in einem Raum; es ſind nur viereckige Kaſten, am Kopfende breiter als am unteren, im Verhältnis von etwa 1 m zu 90 cm; in ſolchem Kaſten müſſen drei Menſchen ſchlafen, die natürlich nur Platz darin haben, wenn ſie ſich, dicht aneinander gepreßt, auf die Seite legen. In dieſer Lage bringen die Leute oft nach entſetzlich mühe- und gefahrvollem Tagewerk in eiſigem Waſſer — denn die Hauptfiſcherei geht im ſchwerſten Winter vor ſich — die Nacht in naſſen Kleidern zu. In der Mitte des Gemaches, das ca. 4 m lang und ebenſo breit iſt, ſteht ein kleiner eiſerner Ofen, auf dem auch gekocht wird. Die frühere deutſche Geſellſchaft in Lofoten hat manche kleine Verbeſſerungen eingeführt, indem ſie die Betten in ihren Fiſcherhäuſern verbreitern und doch nur mit zwei Mann belegen ließ, auch die oberen Betten abſchaffte, ſo daß der Raum alſo nur mit 8 ſtatt mit 24 Mann belegt war; ferner wurden gedielte Fußböden angelegt, gute Kochöfen geſetzt, die Fenſter mit Luftklappen verſehen, um die bisweilen ſehr ſchlechte Luft in den Räumen verbeſſern zu können, ohne daß die Fenſter aufgeſperrt zu werden brauchten; die einfallenden Lichter wurden vergrößert oder verdoppelt, die Häuſer mit Treppen verſehen, Feuerung und Beleuchtung zu billigen Preiſen geliefert. Die Hütten ſind ſtets als hölzerne Blockhäuſer ausgeführt. Den zu den Wänden beſtimmten Baumſtämmen werden nur roh mit dem Beile vier ſchmale Seitenflächen gegeben, während die Ecken unbearbeitet bleiben; dann werden die Balken mit Dübeln verſehen und aufeinander gelegt; ſchließlich werden die Fugen mit Moos kalfatert. Von außen werden die Wände dann noch mit horizontal liegenden, von innen mit ſenkrecht angebrachten Brettern bekleidet, die alle ſo geordnet ſind, daß ſie etwas übereinander greifen, damit beim Eintrocknen keine Fugen entſtehen und draußen die Feuchtigkeit abfließen kann. Das Dach wird erſt mit Brettern bekleidet und dieſe werden mit Birkenrinde in großen länglich viereckigen Stücken bedeckt; auf dieſe legt man dann eine feſte Schicht Grasböden, die ſich bald gut untereinander verbinden und eine durchaus ſchnee- und waſſerdichte Bedachung bilden. Oben auf dem Dache wird ein Fenſter angebracht, ſowohl des Lichtes als der Lüftung wegen, denn die Seitenfenſter werden bei ſchwerem Schneefall oft begraben. — Ein ſolches Fiſcherhaus ſtellt ſich, je nach der Größe, auf 600—1000 ℳ und trägt an Mietgeldern für die drei Fiſchereimonate, von Mitte Januar bis Mitte April, zwiſchen 80 und 200 ℳ ein. *Preuß.*

Fiſcherhafen, ſ. Seehäfen.

Fiſchgrätenverband, ſ. Straßenbau.

Fiſchhaut, getrocknete Haut einiger Haifiſch- und Rochenarten, beſonders aus dem Mittelmeere, die gleich nach dem Fang abgezogen, auf Brettern oder Rahmen aufgeſpannt, getrocknet und in Bündel verpackt in den Verkehr gebracht wird. Die feinen Stacheln, mit welchen die Haut beſetzt iſt, macht ſie als Schleifmittel für Holz und Metall, zum Einpreſſen von Zeichnungen in Leder beſonders geeignet. *Andés.*

Fiſchleim, ſ. Klebemittel.

Fiſchpaß (Schrägpaß), ſ. Fiſchwege.

Fiſchperlen (Wachsperlen), Nachahmungen echter Perlen, beſtehen aus kleinen zarten Glaskügelchen, die man mit der ſogenannten Perleneſſenz auskleidet und dann mit Wachs füllt.

Die Perleneſſenz wird erhalten, indem man die ſilberglänzenden Schuppen des Weißfiſches (Ukleis) mit Waſſer zerreibt, bis ſich der glänzende Beſtandteil der Schuppen rein am Boden abſetzt. Dieſer Beſtandteil wird dann mit Ammoniak gewaſchen und mit etwas Gelatinelöſung gemiſcht. Zur Auswaſchung von 0,5 kg Silberglanz ſollen 18000—20000 Fiſche erforderlich ſein. Die ſilberglänzende Subſtanz beſteht aus mikroſkopiſchen Metallen, einer Verbindung von Guanin mit Kalk. Die Perlen werden beſonders in Paris, Straßburg, Wien, Venedig u. ſ. w. hergeſtellt. Die roten und gelben Perlen füllt man mit Farben, die mit Gummiarabikum gebunden werden, die Spiegelperlen mit einer leichtflüſſigen Legierung. Schwarze volle Perlen werden auch in Formen gepreßt. *Dalchow.*

Fiſchſalz, beim Verſieden von Salzlöſungen am Boden des Verdampfungsgefäßes ſich abſcheidendes Salz, das mit Schaufeln ausgeſchöpft wird.

Fiſchſchiefer, in der Geologie an verſteinerten Fiſchreſten reiche Schiefertone oder Mergel, die zumeiſt dunkle Farben beſitzen und reich an Bitumen oder Aſphalt ſind.

Dieſe Kohlenwaſſerſtoffe dürften aus der Verweſung von Organismen (Fiſchen) hervorgegangen ſein. Solche Fiſchſchiefer treten in verſchiedenen Schichten auf, ſo in der oberen alpinen Trias, in der Kreideformation, endlich im älteren Tertiär. Wichtig ſind die eocänen Fiſchſchiefer der nördlichen Karpathen wegen ihres hohen Petroleumgehaltes: Gegend von Ropianka, Boryslaw, Skole in Galizien. Es ſind ölreiche Schiefertone, die von ölfreien Sandſteinen über- oder unterlagert werden. *Leppla.*

Fiſchſchleuſe, ſ. Fiſchwege.

Fiſchtakel, ſ. Ankergeſchirr.

Fiſchtreppe (Fiſchſteg), ſ. Fiſchwege.

Fiſchung, ſ. Schiffbau.

Fiſchwege ſind Einrichtungen, welche es den Wanderfiſchen ermöglichen, die beſtehenden hohen Wehre in Bächen und Flüſſen zu überwinden.

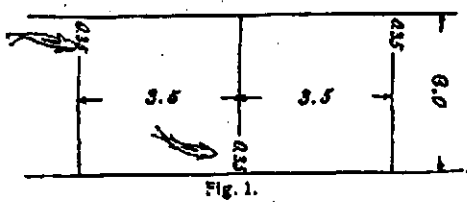
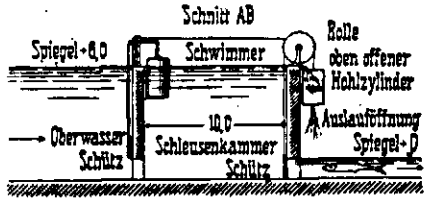


Fig. 1.



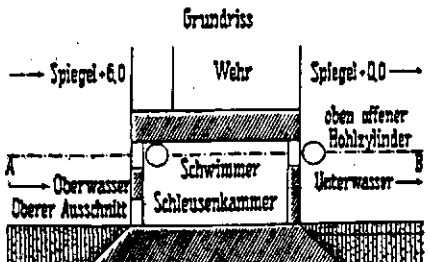


Fig. 2.

Da die Fiſche ſich an den Stellen, an welchen ſie ſich zum Zweck der Nahrungsaufnahme während des größten Teils des Jahres aufzuhalten pflegen, in der Regel nicht vermehren können, müſſen ſie zu gewiſſen Zeiten mehr oder weniger weit wandern. So z. B. vermehren ſich die Lachſe in dem oberen Lauf der Flüſſe; die junge Brut zieht ſich noch etwas weiter herauf in die Bäche und bleibt hier höchſtens 15 Monate. Dann wandern die jungen Lachſe ins Meer und bleiben dort, bis ſie die Geſchlechtsreife erlangt haben und die Rückwanderung flußaufwärts antreten. Umgekehrt ſteigt die Aalbrut in die Flüſſe auf und wandern die geſchlechtsreifen Aale ins Meer zurück. Werden die Fiſche durch hohe Wehre an ihrer Wanderung und ſomit an ihrer Vermehrung gehindert, ſo iſt die betreffende Fiſchart nach wenigen Jahren in dem abgeſperrten Waſſergebiet verſchwunden. Will man dies verhüten, ſo ſind Fiſchwege unerläßlich. Damit aber die aufwärts ſtrebenden Fiſche die Fiſchwege finden und annehmen, iſt es notwendig, daß letztere 1. möglichſt nahe bei dem Kolk (Vertiefung) unterhalb des Wehres münden, und 2. reichlich mit Waſſer geſpeiſt werden.

Beträgt die Höhendifferenz zwiſchen Ober- und Unterwaſſerſpiegel nicht mehr als etwa 3 m, und iſt der Wehrrücken (Abſchußboden) bis zum Unterwaſſerſpiegel wenig geneigt, ſo kann auf letzterem ein ſchräger Balken (Schrägpaß) oder ein ca. 0,3 m breites, bei Hochwaſſer wegnehmbares Brett ſo befeſtigt werden, daß für die Fiſche eine Schwimmbahn mit einem Gefälle von 1:4—6 entſteht. Am oberen Ende des Streichbalkens muß jedoch die Wehrkrone einen muldenförmigen Ausſchnitt erhalten, welcher der Schwimmbahn das nötige Waſſer liefert. Oft leiſtet ſchon ein mehr oder weniger gewundener Seitengraben, der Ober- und Unterwaſſer mit einem Gefälle von 1:5 unter Umgehung des Wehres verbindet und ſtändig oder periodiſch ſämtliches Waſſer oder einen Teil desſelben aufzunehmen hat, vortreffliche Dienſte.

An hohen und ſteilen Wehren ſind vorwiegend Fiſchtreppen, d. h. ſtaffelförmig gruppierte Baſſins (Fiſchkammern) zu empfehlen. An den Zwiſchenwänden ſolcher Baſſins können wechſel-

ſtändig ſtets unter Waſſer bleibende Schlupflöcher angebracht werden, durch die manche Fiſche nach aufwärts ſchwimmen, während andre Fiſche es vorziehen, ein Baſſin nach dem andern ſprungweiſe zu erreichen. Selbſtverſtändlich iſt eine ſolche Fiſchtreppe nur funktionsfähig, wenn ihr mehr Waſſer zugeleitet wird, als durch die Schlupflöcher abfließen kann. Die Dimenſionen der Kammern ſind abhängig von der Größe und den Lebensgewohnheiten der Fiſche, welchen der Aufſtieg ermöglicht werden ſoll [1]. Aehnlich iſt die Anlage des Treppenpaſſes (Fig. 1), beſtehend aus einer breiten Waſſerrinne, in der in geeigneten Abſtänden Querwände, die nicht ganz von einer Seitenwand zur andern gehen, angebracht ſind, ſo daß das Waſſer ſchlangenförmig und mit einem Gefälle von nicht mehr als 1 : 4 durch den Paß fließt. Vielfach (insbeſondere an Mühlen, Fabriken u. ſ. w.) kann der Leerlauf (Leerſchuß, Freiſchleuſe) mit einem Gefälle von 1 : 4—5 angelegt und, wenn der Betrieb ohnedies ruht, das Waſſer durch Aufziehen der Leerſchußfalle dem als Fiſchweg dienenden Leerſchuß zugeleitet werden.

Um ausſchließlich die Aufwärtswanderung junger Aale (Aalbrut) über hohe Wehre zu ermöglichen, genügt es oft ſchon, ſehr wenig Waſſer über eine Rinne (Aalrinne), deren Sohle durch aufgeſtreuten Kies oder angenagelte Querlatten (Aalleiter) uneben gemacht iſt, herabrieſeln zu laſſen. Für abwärts wandernde Aale bezw. zum Schutze derſelben vor dem Zermalmen in Turbinen u. ſ. w. ſind Rinnen vor den Rechen der Waſſertriebwerke in Sohlenhöhe und Schlupflöcher durch die Seitenwände der Obergräben erforderlich; auch ſollte die Spiegelweite zwiſchen den Rechenſtäben höchſtens 20 mm, wenn möglich kleiner ſein. Wegen des ſtets großen Waſſerverbrauches und des Druckverluſtes an engen Rechen, beſonders dort, wo der Fluß viel Treibzeug führt, ſind die Fiſchwege den mit Waſſerkraft arbeitenden Induſtrien oft recht nachteilig. In den waſſerrechtlichen Beſtimmungen der Kulturſtaaten ſind meiſtens Vorkehrungen zur Ausgleichung der Gegenſätze zwiſchen induſtrieller Waſſerbenutzung und Fiſchpflege getroffen (vgl. Waſſerrecht). Weitere Details der techniſchen Einrichtungen für Fiſchwege und der hieraus entſtehende Waſſerverbrauch wollen in [1] nachgeſehen werden. In bezug auf Fiſchzucht, Fiſcherei, Fiſchpflege u. ſ. w. ſei auf [2] verwieſen.

In der neueren Zeit hat Reck-Hannover den Vorſchlag gemacht, an Stelle der Fiſchleitern, -treppen u. ſ. w. Fiſchſchleuſen, wie aus Fig. 2 erſichtlich iſt, einzubauen. Der Einbau beſteht in einer Schleuſenkammer, deren Abſchlußwände gegen den Ober- und Unterwaſſerſpiegel mit kleinen mittels Schützen abſchließbaren Oeffnungen verſehen ſind. Der obere Schütz iſt durch ein feſtes Geſtänge mit einem Schwimmer in Verbindung geſetzt und vertikal geführt. Der untere Schütz erhält ein Gegengewicht, beſtehend in einem oben offenen Hohlzylinder mit einer Auslauföffnung und iſt durch ein Band mit ihm verbunden, das über eine Rolle geführt iſt. Hat nun das die untere Abſchlußwand überſtrömende Waſſer den Hohlzylinder angefüllt, ſo hebt ſich der Schütz und das Waſſer kann hier ausſtrömen. Dadurch fällt der Spiegel in der Kammer und durch den ſinkenden Schwimmer wird der obere Schütz geſchloſſen. Die Fiſche können in die Kammer eintreten. Da aber der Hohlzylinder nunmehr keinen Zufluß erhält, entleert er ſich und bewirkt den Abſchluß der unteren Kammerwand. Sobald nun das über die obere Abſchlußwand einſtrömende Waſſer die Kammer wieder angefüllt hat, öffnet der Schwimmer den oberen Schütz, und die Fiſche können nach dem oberen Flußlauf gelangen. Durch den Ueberlauf der Kammer füllt ſich der Hohlzylinder wieder und das Spiel beginnt von neuem. Entſprechende Dimenſionierungen der einzelnen Einrichtungen laſſen hierbei den Vorgang in beliebiger Weiſe regeln.

Literatur: [1] Gerhardt, P., Fiſchwege und Fiſchteiche, Leipzig 1904. — [2] Weigelt, Hofer und Seelig, Zeitſchrift der Fiſcherei und deren Hilfswiſſenſchaften mit Einſchluß von Fiſchwaſſerhygiene, Fiſcherei und Waſſerrecht, Leipzig-Reudnitz.

Fiſetholz, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 637.

Fitze, ſ. Garn.

Fitzenreißer, ſ. Streichgarnſpinnerei.

Fitzrute, ſ. Weberei.

Fixative, ſ. Zeichnen, techniſches.

Fixieren der Farben (Befeſtigen der Farben), gemeinſame Bezeichnung für die je nach Art der Geſpinſtfaſern und Farbſtoffe verſchiedenen Mittel und Wege, deren der Färber und Drucker ſich bedient, um auf loſer Wolle, auf Garnen und Geweben mehr oder weniger waſch- und reibechte Farben herzuſtellen.

Das Befeſtigen oder Fixieren der adjektiven Holz- und Teerfarbſtoffe, z. B. des Flavin, Alizarin, Alizarinblau u. a. auf Schaf- und Baumwolle verlangt für die Färberware zwei getrennte Operationen; erſtens das Beizen oder Mordancieren mit einem Metallſalz, zweitens das Vereinigen der von der Faſer in irgend einer Form aufgenommenen Metallbaſis mit dem Farbſtoff zu einem mehr oder weniger unlöslichen Farblack. Die Wolle nimmt die Beize (ſ. d.) beim Anſieden direkt aus ſaurem Bade auf. Die Baumwolle wird mit dem abgeſtumpften Mordant getränkt oder bedruckt, worauf infolge der Diſſoziation des Metallſalzes (vgl. Aluminiumverbindungen) die Befeſtigung eines baſiſchen Metallſalzes auf der Faſer vor ſich geht und in einem heißen Neutraliſationsbad zu Ende geführt wird, oder aber man ſetzt, wie dies meiſt in den Färbereien der Kattunfabriken der Fall iſt, die Baſis des in der Waſſerhänge diſſoziierten Acetats und Sulfacetats in ein unlösliches Metallſalz auf der Faſer um, indem man das Gewebe breit durch die erwärmte Löſung eines kieſelſauren, arſenſauren oder phosphorſauren Alkalis zieht. Nach der Befeſtigung der Beize folgt bei der Baumwolle wie bei der Schafwolle der zweite Teil der Fixation: die Lackbildung in der heißen Flotte des adjektiven Farbſtoffes. — Bei den ganz- oder halbechten Dampffarben (ſ. d.) werden Mordant und adjektiver Farbſtoff zuſammen auf

die Wolle oder Baumwolle aufgetragen und die Fixation der Farbe, d. h. die Vereinigung der Metallbaſis mit dem Farbſtoff und der Geſpinſtfaſer im Dämpfkaſten auf einmal vollzogen, wobei die Befeſtigung der Dampffarben durch den Zuſatz von in der Hitze neutraliſierenden Alkali- und Erdalkaliverbindungen mit flüchtigen Säuren geſichert wird. — Albuminfarben auf Baumwolle werden ausſchließlich durch die Hitze des Dampfes, die Albuminchromätzfarben auf Küpenblau (ſ. Aetzfarben) durch die Einwirkung einer heißen Säurelöſung fixiert. — Reinſte Niederſchlagsarbeit iſt die Befeſtigung des für das Ausfärben in Chromkali beſtimmten Bleioxyds auf Baumwolle, wofür Kalkhydrat, Soda- oder Glauberſalzlöſung oder verdünntes Ammoniak als Fällungsmittel dienen. — Viele ſaure und alle baſiſchen Anilin- und Teerfarbſtoffe verhalten ſich zur Wolle und Seide wie ſubſtantive Farbſtoffe, ſofern ſie zur Befeſtigung auf dieſen Geſpinſtfaſern keiner metalliſchen Beize bedürfen. Auf Baumwolle ziehen die ſauren Farbſtoffe gar nicht oder nur unvollkommen und dann nur unter Vermittlung einer Metallbeize. Die baſiſchen Anilinfarbſtoffe verlangen zu ihrer Befeſtigung auf Baumwolle die Bildung eines Doppellacks, der ſich aus Farbſtoff, Antimon- oder Zinnoxyd als Metallbaſis und aus Gerbſäure als einer Hilfsbeize zuſammenſetzt. Der Baumwollfärber befeſtigt zuerſt mit Hilfe von zwei aufeinander folgenden Bädern die Gerbſäure als gerbſaures Antimon- oder Zinnoxyd auf der Faſer, um hernach in einem dritten, heißen Bad den Farbſtoff, z. B. Methylenblau, Malachitgrün u. ſ. w., mit dieſer unlöslichen Verbindung zu einem noch unlöslicheren Doppellack zu vereinigen, in dem der Farbſtoff überdies eine größere Widerſtandsfähigkeit gegen die Einwirkung des Lichts zeigt. Der Baumwolldrucker trägt zuerſt den einfachen Tanninfarblack auf, fixiert ihn im Dampfkaſten und befeſtigt ihn ein zweitesmal im heißen Brechweinſteinbade auf der Faſer. Doch gibt es auch eine kleine Zahl natürlicher und eine große Zahl künſtlicher Farbſtoffe aus der Reihe der Azofarbſtoffe, mit denen Baumwolle direkt gefärbt werden kann. Nach welchem phyſikaliſchen oder chemiſchen Geſetze die direkt färbenden Farbſtoffe auf Baumwolle, Wolle und Seide waſchecht ſich befeſtigen, iſt immer noch eine offene Frage, die trotz mannigfacher Unterſuchungen und Hypotheſen bis jetzt keine allſeitig befriedigende Löſung gefunden hat, wie man überhaupt zu einer vollkommen einwandfreien Theorie, die das Weſen alles Färbens (ſ. d.) auf vegetabiliſchen und animaliſchen Geſpinſtfaſern, alſo auch der Färberei mit adjektiven Farbſtoffen klarlegen würde, noch nicht gelangt iſt. Die zur Baumwolle wie ſubſtantive Azofarben ſich verhaltenden Benzidinfarbſtoffe haben die beſondere Eigenſchaft, wenn ſie auf die Faſer aufgefärbt ſind, den baſiſchen Anilinfarbſtoffen nachträglich als Beize zu dienen, während letztere ſonſt nur mit Hilfe von Albumin oder gerbſaurem Antimonoxyd auf der vegetabiliſchen Faſer ſich befeſtigen laſſen. Ein Teil der auf der Baumwolle aufgefärbten Azofarbſtoffe kann auch auf der Faſer in einem kalten, ſchwach ſauren Nitritbad diazotiert (ſ. Entwicklungsfarben) werden, worauf der entſtandene Diazokörper durch Kupplung mit einem Phenol, Amin, überhaupt mit einem Entwickler, in einen neuen, unlöslichen Azofarbſtoff übergeführt wird, der ſolider auf der Baumwolle ſich befeſtigt als die vorgefärbte Grundfarbe. In gleicher Weiſe liefert auch das die Baumwolle direkt gelb färbende Primulin, auf der Faſer diazotiert und mit verſchiedenen Entwicklern gekuppelt, waſchechte Nuancen (ſ. Entwicklungsfarben), und man erhält ferner durch Imprägnieren der weißen Baumwolle mit einem Amin in ſaurer Löſung oder mit einem Phenol in alkaliſcher Löſung und nachfolgendes Kuppeln mit einer diazotierten organiſchen Baſe, z. B. Anilin, einen unlöslichen Azofarbſtoff auf dem Garn oder Gewebe, der durch ſich ſelbſt waſchecht genug auf der Faſer fixiert iſt. — Endlich iſt noch der Befeſtigungsweiſe zu gedenken, die auf der Oxydation gewiſſer Farbſtoffe durch Chromkali oder ein Kupferſalz beruht, die für die Entwicklung z. B. der Cachoufarben unentbehrlich iſt und in einer nach dem Dämpfen oder Färben vorgenommenen Paſſage durch heiße Chromkalilöſung beſteht. Mit demſelben Recht bezeichnet man auch in der Anilinſchwarzpraxis (ſ. Anilinſchwarz) die Kupfervanad- und andre dergleichen Metallſalze als Fixierſalze, obgleich ſie in das Schwarz ſelbſt nicht eintreten, ſondern nur die Oxydation des Anilins durch die Zerſetzungsprodukte der Chorſäure einleiten, unterhalten und auf dieſe Weiſe die Entwicklung und Befeſtigung des unlöslichen Anilinſchwarz auf der Baumwolle, wenn auch indirekt, ſo doch in erſter Linie veranlaſſen. *(Kielmeyer) Möhlau.*

Fixieren, photographiſches. Werden Schichten von Brom-, Chlor- und Jodſilber zur Herſtellung photographiſcher Bilder verwendet, ſo muß man nach dem Entſtehen dieſer Bilder das unzerſetzt gebliebene Silberſalz entfernen („das Lichtbild fixieren"). Als Fixiermittel dient Natriumthioſulfat („Fixiernatron"), ſeltener werden Cyankalium, Schwefelcyanide u. ſ. w. verwendet. Dieſe Fixiermittel löſen z. B. in ſtark überſchüſſigem Natriumthioſulfat Bromſilber unter Doppelzerſetzung, wobei das leicht lösliche Natriumſilberthioſulfat ($2\,Ag_2S_2O_3 \cdot Na_2S_2O_3$) entſteht. Bei ungenügendem Ueberſchuß von Fixiernatron bildet ſich das ſchwer lösliche Doppelſalz $Ag_2S_2O_3 \cdot Na_2S_2O_3$, das ſich ſchwer auswaſchen läßt und durch allmähliche Selbſtzerſetzung unter Bildung von braunem Schwefelſilber das Vergilben des photographiſchen Silberbildes bewirkt. *J. M. Eder.*

Fixierſalz, ſaures, ein Gemiſch von Natriumthioſulfat mit ſauren Sulfiten, z. B. Natrium- oder Kaliumbiſulfit.

Dieſe ſauren Subſtanzen zerſetzen das Fixiernatron nicht, wie dies bei faſt allen Säuren der Fall iſt, und üben eine günſtige klärende Wirkung auf die zu fixierenden photographiſchen Bromſilberbilder aus, deren Gelbfärbung durch zerfetzte Entwicklerſubſtanzen ſie hindern.

Fixierungsplättchen ſind kleine (namentlich nach Hoheneggers Angabe hergeſtellte) viereckige Unterlagsſcheiben von Schraubenmuttern mit dem Zweck, die Rückdrehung der letzteren zu verhindern, z. B. dadurch, daß ein Teil des Plättchens durch einen Schlitz an einer Seite abgetrennt und dann neben der Mutter

ſchräg aufgebogen wird. Solche Fixierungsplättchen ſind namentlich bei Laſchenſchrauben der Eiſenbahnſchienen viel angewendet worden, haben ſich jedoch nicht ſo dauerhaft erwieſen, wie erwartet wurde. Vgl. Schraubenſicherungen. *Goering.*

Fixpfähle (Fixpunkte, Feſtpunkte), 10—15 cm ſtarke, mit Erdkreuz verſehene und entſprechend bezeichnete Pfähle, die zu beiden Seiten eines herzuſtellenden Straßen- oder Eiſenbahnkörpers in möglichſt gleichen Abſtänden von der Mittellinie eingegraben, eingemeſſen und einnivelliert werden, um mit ihrer Hilfe jederzeit die Mittellinie der Straße oder Bahnlinie wieder beſtimmen zu können. Als Fixpunkte können auch Sockelecken vorhandener Gebäude, Felsvorſprünge, die beſonders bezeichnet werden, u. ſ. w. dienen. *L. v. Willmann.*

Fixpunkte oder Inflexionspunkte werden bei durchlaufenden (kontinuierlichen) Balken diejenigen zwei Punkte einer Oeffnung genannt, für die das Biegungsmoment durch beliebige Belaſtung aller vorhergehenden Oeffnungen bezw. aller folgenden Oeffnungen nicht geändert wird; vgl. Balken, durchlaufende, woſelbſt auch entſprechende Literatur angegeben iſt (ſ. a. Feſtpunkte).

Fl, in der Chemie Zeichen für Fluor.

Flaaken, ſ. v. w. Hürden; ſ. Schafſtälle.

Flachbogen, ſ. Mauerbögen.

Flachdruckmaſchine, ſ. Buchdruckmaſchinen.

Flache Gänge (Abendgänge), bergmänniſche Bezeichnung für von SSO nach NNW ſtreichende Gänge.

Flacheiſen. 1. Flaches Eiſen (oder Stahl) mit rechteckigem Querſchnitt, 1—45 mm dick und mindeſtens zweimal, höchſtens 24mal ſo breit als dick. Abſtufung der Breite von 14 bis 50 mm mit je 2 mm, von 50 bis 70 mm mit je 5 mm (ſ. Walzwerk). — 2. Ein von dem Formſchneider benutztes Stemm- und Stechzeug, mit gerader, ein- oder zweiſeitig zugeſchärfter Schneide (ſ. Stemm- und Stechzeug). *Dalchow.*

Flaches Gewinde, ſ. Schrauben.

Flachfeilen ſind auf ihrer ganzen Länge von gleicher Breite mit rechteckigem Querſchnitt; ſ. Feilen.

Flachkaliber, ſ. Walzwerk.

Flachkeil, ſ. Keile und Hereintreibearbeit.

Flachkeilverſchluß, ſ. Geſchütz und Schiffsgeſchütze.

Flachkiel, im Gegenſatz zum Balkenkiel, beſteht aus einer einfachen oder gedoppelten Kielplatte, die mit dem Mittelkiel durch doppelte Winkel verbunden iſt; ſ. Schiffbau (Eiſen). *T. Schwarz.*

Flachlandbahnen, Eiſenbahnen im ebenen Lande, im Gegenſatze zu Gebirgsbahnen (ſ. d.). Im eiſenbahntechniſchen Sinne ſtreng genommen Bahnen, deren maßgebende Neigung nicht über die Bremsneigung (ſ. d.) hinausgeht.

Flachlandſtraßen werden in der Regel als Hochſtraßen (ſ. d.) ausgeführt, indem man womöglich die Kämme der untergeordneten Waſſerſcheiden zu benutzen ſucht, da die Flachlandtäler meiſt feucht und ſumpfig ſind. Nur in den breiten Tälern der Hauptflüſſe können auch die Flachlandſtraßen die Eigenart der Talſtraßen (ſ. d.) erhalten. S. a. Straßenbau. *L. v. Willmann.*

Flachlaſchen, Schienenlaſchen ohne wage- oder ſenkrechte Anſätze, früher auch bei Hauptbahnen, jetzt nur bei Nebenbahnen oder wenig benutzten Hauptbahnen in Gebrauch. *Goering.*

Flachmahlſtuhl, Walzenſtuhl, dazu beſtimmt, aus dem Getreide beim erſten Durchgang möglichſt viel Mehl zu erzeugen.

Daher iſt er meiſt mit zwei Paar übereinander liegenden Walzen verſehen, von denen das obere vorbricht, das untere ausmahlt. Manchmal iſt zwiſchen beide eine primitive Sichtvorrichtung (Schüttelſieb) eingeſchaltet. Entſprechend der geforderten Kraftäußerung ſind Flachmahlſtühle, namentlich in ihren Zapfen und Lagern, beſonders kräftig zu konſtruieren. Vgl. a. Walzenſtuhl. *Arndt.*

Flachmalerei, Zweig der dekorativen Malerei, bei der die Darſtellung plaſtiſcher und perſpektiver Objekte vermieden wird.

Als Flachmalerei gelten unſre Anſtreicherarbeiten, ſeien ſie nun glatt oder Holzimitationen oder Intarſianachahmungen, die innere Ausſchmückung unſrer Wohnräume, namentlich der Wände und Decken in mehreren oder auch nur in einer Farbe, inſofern keine plaſtiſche Wirkung erzielt werden ſoll. Sie beſchränkt ſich daher in den meiſten Fällen auf Nachahmung von Holz und

Marmor, Ornamenten u. dergl. und ſieht von körperlichen Darſtellungen ganz ab. Als Flachmaler bezeichnet man in der Schweiz und in einigen Gegenden Deutſchlands den Anſtreicher und Zimmermaler ſowie den Wagenmaler zum Unterſchiede vom Dekorationsmaler. *Andés.*

Flachmeißel, ſ. Meißel.

Flachmüllerei, ſ. Mehlfabrikation.

Flachrelief (Basrelief), ein Relief, das ſich wenig über den Grund erhebt. Im allgemeinen eignet ſich das Flachrelief namentlich für ſolche Objekte, die vom Beſchauer deutlich, d. h. aus der Nähe wahrgenommen werden können. *Weinbrenner.*

Flachring, ſ. Dynamomaſchine.

Flachrollen, ſ. Auflager.

Flachs, ſ. Spinnfaſern.

Flachsabfall, ſ. Wergſpinnerei.

Flachsbrechmaſchinen. Das Flachsbrechen hat den Zweck, das im Innern der mantelförmigen Baſtſchicht, die wiederum von der Rindenſchicht umgeben iſt, liegende Holzrohr, das durch die Vorarbeiten des Rottens (Röſtens) und des Trocknens (Dörrens) mürbe und brüchig gemacht worden iſt, an möglichſt vielen Stellen zu brechen, ſo daß die entſtehenden Holzſtückchen aus dem beim Brechen gleichzeitig vielfach aufſpaltenden Flachsmantel durch die nachfolgenden weiteren Vorbereitungsarbeiten herausgebracht werden können, ſofern ſie nicht ſchon beim Brechen ſelbſt herausfallen. Die hierzu benutzte Flachsbrechmaſchine bildet die Grundlage aller andern Brechmaſchinen für Spinnfaſern, wenn ſchon die andern Faſern, wie Jute, Ramie, Ginſter u. ſ. w., je nach der Eigenart ihres hiſtologiſchen Aufbaues ſowie ihrer Baſtzellen, eine eigne Behandlung verlangen und die betreffenden Brechmaſchinen, dieſer Eigenſchaft entſprechend, anders konſtruiert ſind.

Die alte Handbreche beſteht aus der ruhenden Lade und dem dagegen bewegten Deckel oder Schlägel. Die Lade iſt gebildet aus (meiſt drei) roſtförmig angeordneten, hochkantgeſtellten Holzmeſſern, über die der zu brechende Flachs handvoll-(riſten-)weiſe aufgelegt wird, der von oben dagegen geſchlagene Deckel greift dann mit ſeinen (meiſt zwei) Meſſern in die Zwiſchenräume der Lade ein und bricht dadurch die Flachsſtengel.

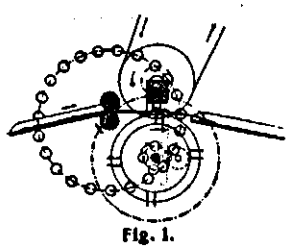


Fig. 1.

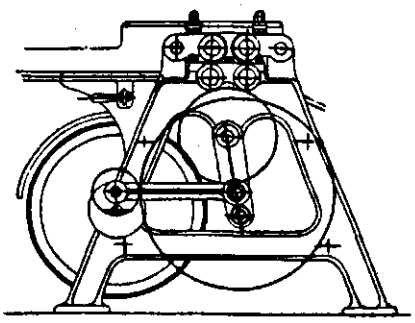


Fig. 2.

Eng an die Bauart der Handbreche ſchließt ſich die Brechmaſchine von Kafelowsky (Fig. 1) an [1]. Bei ihr wird ein ſchnell auf und nieder gehender Deckel benutzt, der ſich mit ſeinen Meſſern zwiſchen die auf einer Walze angebrachten Meſſer hineindrückt und ſo die zwiſchen Deckel und Walze durchgehenden Stengel knickt und bricht. Dieſe Maſchine bearbeitet die Faſer weniger ſchonend als die ſogenannten Walzenbrechen, bei denen die Stengel durch mehr oder minder ſcharf geriffelte Walzen gebrochen und vom Holz befreit werden. Die übereinander liegenden Walzen brechen und transportieren den Stengel und liefern die entholzte Faſer auf einen Tiſch ab. Fig. 2 zeigt die hierhergehörige Guldſche Flachsbreche [2], wie ſie die König Friedrich Auguſt-Hütte in Potſchappel baut.

Auf gußeiſernem Geſtelle ſind zwei Paare ſchmiedeeiſerner Walzen angeordnet, von denen das erſte Paar gröbere, das zweite feinere Riffelung hat. Dieſe zwei Paar Walzen erhalten durch das aus der Figur erſichtliche, ſinnreich angeordnete Zahngetriebe eine ſogenannte Pilgerſchrittbewegung. Die Walzen erhalten abwechſelnd eine Vorwärts- und eine Rückwärtsbewegung, jedoch ſo, daß die Vorwärtsbewegung größer iſt als die Rückwärtsbewegung; hierdurch wird erreicht, daß jeder Punkt der Rifle wiederholt der Einwirkung der Walzen unterliegt. Auf einfache Weiſe läßt ſich die Pilgerſchrittbewegung dadurch erzielen, daß man auf einer gleichmäßig umlaufenden Welle verſchieden große Zahnräderausſchnitte anbringt, von denen der größere in die hintere Unterwalze, der kleinere in die vordere Oberwalze eingreift (Warneck) [3]; dieſe Uebertragseinrichtung ergibt jedoch beim Richtungswechſel, falls man keine Reibräder anwendet, Stöße. Um Vor- und Rückgang beliebig regelbar zu machen, hat man durch Hand umſchaltbare Wechſelgetriebe angeordnet [4]. — Die Brechwalzen werden zweckmäßig als ſogenannte Skelett- oder Gerippwalzen ausgeführt, bei denen die frei werdenden Holzteile u. ſ. w. frei durch die Zwiſchenräume nach unten fallen können.

Den Brechwalzen hat man außer der Pilgerſchrittbewegung auch noch axiale hin und her gehende Verſchiebungen erteilt, dergeſtalt, daß die oberen ſich nach rechts bewegen, während ſich die unteren nach links ſchieben, und umgekehrt („Nitſcheln"), dadurch ſoll die Faſer mehr „geöffnet" werden (Fairbairnſche Breche oder Affouplifſeuſe). Dieſe Breche

eignet ſich mehr als Feinbreche, ferner auch für bearbeitete Faſerſtoffe, wie Ramie, präparierten Hanf, Jute u. ſ. w. Als fernere Verbeſſerung dieſes Syſtems iſt die 1884 konſtruierte Schleſnerſche Flachs-, Hanf- und Ramiebrechmaſchine (Fig. 3) zu bezeichnen.

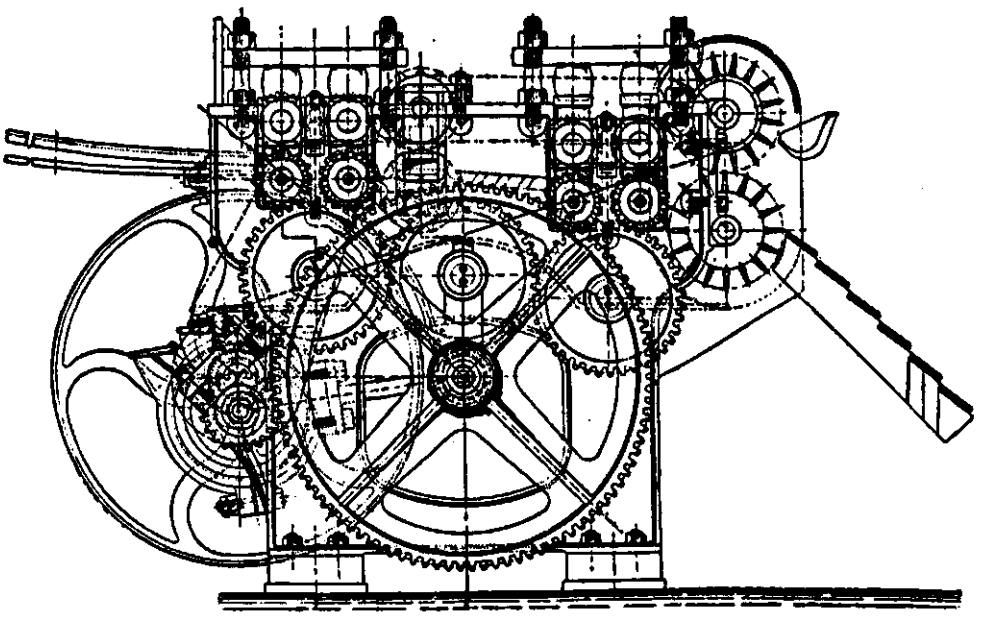


Fig. 3.

Auf gußeiſernem Geſtelle ſind zweimal zwei Paar geriffelter Walzen angeordnet, die für jede der vier Paare Riffelwalzen verſchiedene, immer feiner werdende Riffelung zeigen. In der Mitte, zwiſchen den zweimal zwei Walzenpaaren, befinden ſich ein Paar Holzbürſten oder Meſſerwalzen, welche die von den erſten zwei gröberen Walzenpaaren gebrochene Faſer reinigen, das Holz und die Schäbe (Peliküle) abreiben und die Faſer den zweiten zwei Paaren feinerer Riffelwalzen zuführen. Letztere brechen die noch gebliebenen Holz- und Rindenreſte und führen die Faſer den am Ausgange angebrachten zwei Stahlblechbürſten zu, welche die Faſer abkratzen, alle Holz- und Pelikületeile entfernen und die Faſer auf eine Tafel abliefern. Die Wirkung dieſer Meſſer und Stahlbürſtenwalzen wird dadurch noch verſtärkt, daß die vier Paar Walzen Pilgerſchrittbewegung haben, die Faſer den Bürſten alſo darbieten und wieder entziehen. Dieſe Maſchine leiſtete bei amtlicher Prüfung in 12 Stunden 1400 kg Stengel mit 28—32% Holz- und Rindenverluſt. Sie iſt jetzt in verſchiedenen Produktionszentren im Gebrauch. Ferner wurde die Maſchine auch für Ramie mit gutem Erfolge verwendet.

Im folgenden ſeien noch einige typiſche Anordnungen von Brechmaſchinen erwähnt, die außer zur Bearbeitung von Flachs und Hanf zur Bearbeitung von Ramie, Pita, Aloë u. ſ. w. in Vorſchlag gebracht worden ſind [5]. Bei der Brechmaſchine „Favier" für lange Geſpinſtfaſern und Ramie ſind mehrfache Walzen mit Riffelung um einen geriffelten Tambour angeordnet. Dieſe Maſchine wird in Südfrankreich, Aegypten und Algier angewendet. — Die Brechmaſchine „Sandford" zeigt zwei große geriffelte Tambours zum Brechen und Schälen der Faſer. Die Maſchine iſt in New Orleans prämiiert und in Verwendung genommen worden. — Die Maſchine „Berthet" iſt namentlich für grüne Faſern berechnet, alſo für Entholzung der Stengel im feuchten Zuſtande, wie ſie vom Anbaufelde kommen. Sie hat für Ramie, Pita, Aloë, Hanf und Flachs Verwendung gefunden. Die Konſtruktion iſt eine ganz eigenartige. Große Korden führen die Faſer über eine horizontale Radplatte mit Seilkehle zu einem Tambour, der mit Schlägern und Meſſern die Faſer vom feuchten Holze und grünen Baſte reinigt. — Die Brechmaſchine „Rouget" (Fig. 4), in Algier im Gebrauche, zeigt zwei Paar Walzen, welche die Faſern dem großen Tambour mit Schlägern darbieten. Dieſer entholzt die herabhängenden Faſerbündel und ſtellt nach einigen Umdrehungen ſelbſttätig ab; die Maſchine rückt aus, läßt die Walzen zurückgehen, der bedienende Arbeiter nimmt die Bündel und legt ſie von der andern, bisher unbearbeiteten Seite an die Walzen; dieſe arbeiten wieder nach vorwärts und bieten dem Schlägertambour die noch unbearbeitete Seite. Der Arbeitsprozeß iſt zu umſtändlich, die Wirkungsweiſe des Schlägers zu brutal, ſo daß die Maſchine wenig Anklang gefunden hat. — Die Breche „Therefall" beruht ebenfalls auf dem Syſtem der Walzenbrechmaſchinen. — Eine andre Bauart zeigt die Brechmaſchine „Krämer". Dieſe arbeitet mit Hämmern nach Art des Bokens auf die herab-

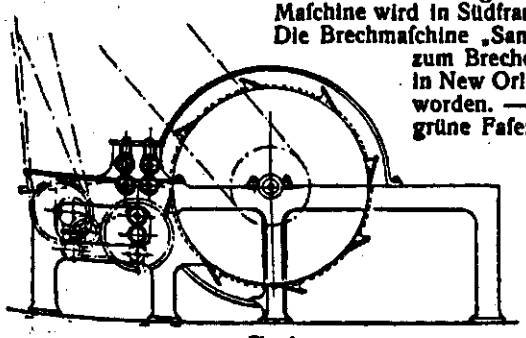


Fig. 4.

hängende, gegen eine Platte liegende Faſer, die den Hämmern dargeboten und von dieſen geſchlagen, gebrochen und dadurch entholzt wird. Dieſe Maſchine ſchont die Faſer, macht außer dem zu entfernenden Holz keinen Abfall, braucht aber verhältnismäßig lange Zeit zur Entholzung, da die Hämmer nur mäßig ſtark auf die Faſer einwirken dürfen. Auch die Anordnung, nach der die Faſerbündel oben eingeſpannt ſind und nur ſo dargeboten werden, daß alſo ein Kehren der Faſer und nochmaliges Einſpannen nötig iſt, verlängert die Arbeit und vermindert den Wert der Maſchine. — Die Breche „Angell“ (Fig. 5) beſitzt außer geriffelten Brechwalzen noch Hechelwalzen und unten eine Schwingvorrichtung (vgl. Flachsſpinnerei).

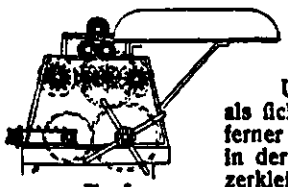


Fig. 5.

Um aus dem Flachsſtroh mehr brauchbare lange Faſer zu gewinnen, als ſich mit dem gewöhnlichen Brechen und Schwingen ergibt, hat man ferner ſogenannte Schäbeſtechmaſchinen (Cardon) erſonnen [6], die in der Hauptſache durch Spalten mittels Nadeln das vorgeknickte Holz zerkleinern, die Schäbe gewiſſermaßen durch Herausſtechen von der Baſtfaſer trennen und dieſe gleichzeitig teilen. Die Behandlung iſt zwar eine ſchonende, aber wegen der hohen Anſchaffungskoſten der großen zuſammengeſetzten Maſchinen für den Kleinbetrieb nicht geeignet.

Literatur: [1] Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingen. 1874, S. 208. — [2] Hartig, Verſuche über den Kraftbedarf der Maſchinen in der Flachs- und Wergſpinnerei, 1869, S. 51; Civilingen. 1880, S. 30. — [3] Hoyer, Bericht über die Wiener Weltausſtellung, Riga 1874, S. 85. — [4] D.R.P. Nr. 38694; Leipziger Monatsſchr. f. Textilinduſtrie 1887, S. 116. — [5] D.R.P. Nr. 12785, 34130, 69437, 76605, 91528, 92477, 93967, 93968, 95303, 106359, 111808, 125867; Brit. Pat. Nr. 2093 und 4874 vom Jahre 1896; Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingen. 1893, S. 1087; Leipziger Monatsſchr. f. Textilinduſtrie 1897, S. 260; Textilzeitung 1900, S. 941. — [6] D.R.P. Nr. 32173; Pfuhl, Fortſchritte in der Flachsgewinnung, S. 1; Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingen. 1886, S. 673; Dingl. Polyt. Journ. 1886, Bd. 260, S. 385. *Ernſt Müller.*

Flachſchaber, ein zweiſchneidiger Schaber (ſ. d.) mit dünner flacher Klinge, die am Ende rechtwinklig abgeſchliffen iſt.

Flachſchieber, ſ. Schieber.

Flachſchienen, zu Anfang des Eiſenbahnbaues auf Holzlangſchwellen befeſtigte Schienen flachen Profils, ſpäter lange Zeit noch für Pferdebahnen feſtgehalten, jetzt auch da ſelten. *Goering.*

Flachſchrot, in der Flachmüllerei das Produkt eines Schrotprozeſſes. S. Mehlfabrikation.

Flachsſchwingmaſchine, ſ. Flachsſpinnerei.

Flachſichter, ein ebenes, gerütteltes, ſchwingendes oder kreiſendes Sieb. Gegenſatz: Rundſichter, Sichtezylinder, Zentrifugalſichtmaſchinen. Beſonderer Fall: Planſichter (ſ. d.). *Arndt.*

Flachsſpinnerei. Flachs iſt die älteſte bekannte Spinnfaſer (ſ. d.), und deren Verſpinnung teilt ſich in zwei Arten: in Hand- und Maſchinenſpinnerei. Die Handſpinnerei kommt noch vereinzelt in ländlichen Bezirken vor, wo die bäuerlichen Arbeiten dieſe Nebenbeſchäftigung begünſtigen. Die Maſchinenſpinnerei iſt vor ca. 90 Jahren von Girard angeregt und in den letzten 50 Jahren bedeutend verbeſſert worden.

Für beide Arten der Verſpinnung iſt eine Vorbereitung des Flachſes nötig, und es beſteht dieſe in einer Röſte (Rotte, Rouſſage, Retting), in der die pflanzenleimartigen, im weſentlichen aus Pektoſe beſtehenden Stoffe des Baſtes zerſtört und die Lockerung der einzelnen Faſerſchichten erzielt werden. Die Röſtverfahren teilen ſich in natürliche Röſte (Waſſerröſte, Tauröſte, gemiſchte Röſte; der ruſſiſche taugeröſtete Flachs kommt unter dem Namen Slanez in den Handel, der aus den baltiſchen Provinzen kommende waſſergeröſtete Flachs wird Motſchenez genannt) und in künſtliche Röſte (Heißwaſſer-, Dampfröſte, Röſte mit Säuren). Genaue Anleitungen hierüber finden ſich in [1]—[4]. Ein Anfang der 1890er Jahre von Baur angegebenes künſtliches Röſtverfahren beſteht darin, daß einerſeits die mit verdünnter Schwefelſäure ausgeführte Zerſetzung des Pflanzenleimes, anderſeits die hierauf folgende Entfernung der Säure (durch alkaliſche Auswaſchung) aus der Faſer je im evakuierten Keſſel unter 100° C. vor ſich geht. Der geröſtete Stengelflachs wird ſchließlich zum Trocknen auf den Raſen gebracht, wo er unter mehrmaligem Umwenden je nach der Witterung 4—6 Tage liegen bleibt [10]. Wenn der geröſtete Flachs getrocknet iſt, was durch Luft, Sonne oder künſtliche Erwärmung geſchieht (Dörren, Darren), müſſen die Holzteile entfernt werden. Dies geſchieht durch Brechen (Braken), und zwar im bäuerlichen Betriebe mit der Handbreche, ſonſt aber ausſchließlich mit Flachsbrechmaſchinen (ſ. d.). Nach dem Brechen des Flachſes folgt bei der Handſpinnerei das Riſten, d. h. Hin- und Herziehen über ein Brett mit ſcharfen Kanten (Riſteloch), ſodann das Ribben, ein ſcharfes Ausſtreichen des Flachſes mit einer ſtumpfen Klinge (Ribbemeſſer). Dieſe Arbeiten dienen zur Entfernung der Holzteile. Im Großbetrieb wird hierzu die Schwingmaſchine (Fig. 1 u. 2) verwendet, eine einfache Welle, in der eiſenbefeſtigte Holzmeſſer (Schläger) ſtecken, die in ſehr raſcher Umdrehung auf die von der Seite hineingehaltenen Flachsſträngе ſchlagen, die Holzteile (Agen, Acheln) entfernen und ſo die Faſer „öffnen“. Eingehenderes über die Konſtruktion der Schwingmaſchinen in [5]—[7].

Nach der Beendigung des Schwingens folgt das Hecheln. Die Hechelei teilt ſich wiederum in Handhechelei und Maſchinenhechelei. Die Handhechel (Fig. 3) iſt eine Holzplatte mit darauf befeſtigten ſenkrecht ſtehenden Stahlnadeln (Hechelzähne), durch die der Flachs gezogen wird. Die langen reinen Faſern ziehen ſich durch, die kurzen wirren Faſern bleiben in den Hechelzähnen zurück und geben das Hechelwerg, Hechelhede, Werg. Für die Maſchinenhechelei wird der Flachs vielfach zur Erzeugung feiner Garne auf der Schneidemaſchine (Coupeuſe, Fig. 4) in mehrere Teile geſchnitten oder vielmehr zerriſſen. Der Flachs wird auf der Schneidemaſchine durch Zuführwalzen dem raſch umlaufenden Umfang einer Schneidſcheibe dargeboten. Die Speiſevorrichtung beſteht aus vier, auf zwei gleichgerichteten Achſen paarweiſe befeſtigten eiſernen Scheiben von etwa 300 mm Durchmeſſer und 25 mm Dicke. Um den Flachs feſt zu faſſen, ſind ſie nicht glattrandig, ſondern die oberen auf dem ganzen Umfange mit zwei Leiſten, die unteren mit zwei entſprechenden Hohlkehlen verſehen. Zwiſchen dieſen Ein-

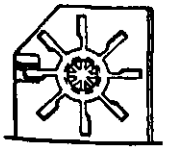


Fig. 1.

Fig. 3

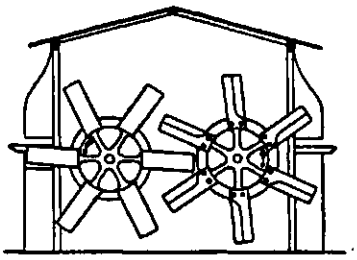


Fig. 2.

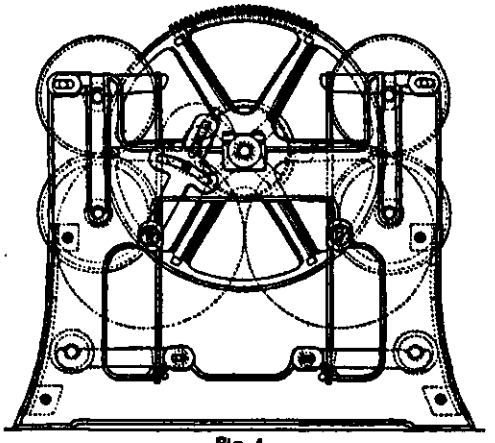


Fig. 4.

führungsſcheiben, die ſich mit mäßiger Geſchwindigkeit umdrehen, befindet ſich eine größere verſtählte und gezackt randige, ſehr ſchnell umlaufende Scheibe. Ein Arbeiter nimmt den geſchwungenen Flachs in beide Hände, hält eine ſtarke Riſte desſelben ausgeſpannt an zwei Punkten feſt und bietet die zwiſchen den gefaßten Punkten liegende Stelle den Einführungsſcheiben dar. Letztere ziehen den Flachs hinein und führen ihn gegen die gezackte Scheibe, die ihn ſchnell zerreißt (Fig. 4). Konſtrukteure: Fairbairn, Naylor, Macpherſon & Cie., Lawſon & Sons, Leeds (England), Combe, Barbour & Combe, Belfaſt (Irland), die im weſentlichen alle das gleiche Syſtem bauen. Der ſo geſchnittene, oder für das Verſpinnen der gröberen Nummern der ungeſchnittene Flachs, wird nun auf die Hechelmaſchine gebracht. Zu dieſem Zwecke wird das Material auf einem Tiſche in eiſerne, mit Weichgummi gefütterte Kluppen

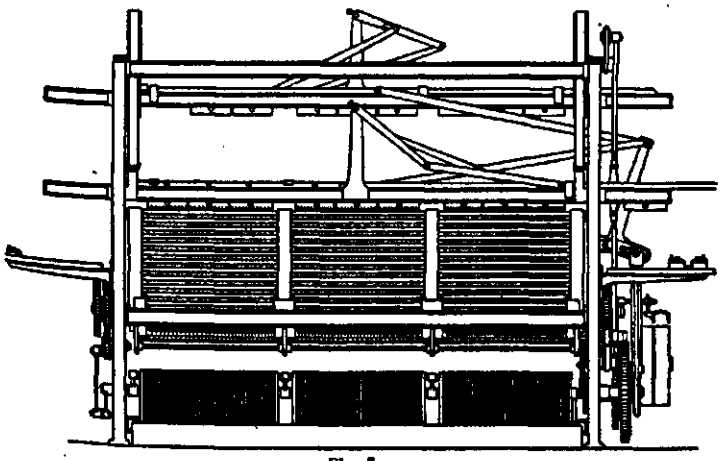


Fig. 5.

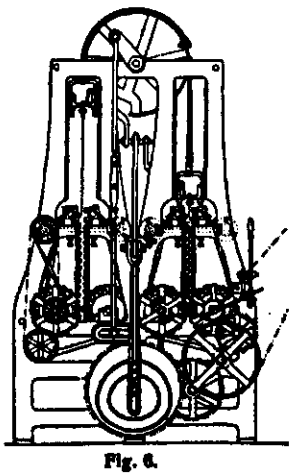


Fig. 6.

ſo eingeſpannt, daß etwas mehr als die Hälfte des Faſerbartes heraushängt, der andre Teil dagegen feſt zwiſchen den beiden Eiſenplatten eingeſpannt iſt. Die ſo mit Flachs gefüllten Kluppen werden auf eine Gleitbahn gelegt, die den Flachs dem Hechelfelde zuführen, das aus nach abwärts laufenden kämmend wirkenden Hechelſtäben beſteht. — Genaue Beſchreibung des ganzen Verfahrens findet ſich in [6] und [8]. — Hechelmaſchinen bauen Lille, Leeds, Belfaſt, und zwar nach Horners Patent (Georg Horner in Belfaſt) Duplex vertical sheet-Hechelmaſchine mit Stripper rod. Ferner Combe, Belfaſt; Fairbairn, Leeds; Lawſon, Leeds. Der Preis einer ſolchen Duplex-Hechelmaſchine (Fig. 5 u. 6) ſtellt ſich auf 5000 ℳ und mehr, je nach der Größe und Ausführung. Während die Hechelnadeln die Faſerbärte, die in den Eiſenkluppen eingeſpannt ſind, auskämmen, bleibt die lange gehechelte Faſer in den Kluppen. Sie wird nach vollendeter Hechelei ausgeſpannt und zur Weiterverarbeitung für die Spinnerei weggelegt.

während die herausgehechelten kürzeren Faſern aus den Hechelnadeln durch Putzbürſten entfernt und in einem Holzkaſten aufgefangen werden. Dieſe ausgehechelte kürzere und teils feinere Faſer heißt Werg und liefert das Material für eine beſondere Spinnerei, die Abfall- oder Wergſpinnerei (ſ. d.). Das Werg gibt übrigens, wenn es noch auf der Etoupes-(Werg-)Kämmaſchine gekämmt wird, ein feineres Garn als das aus Lang(gehecheltem)-Flachs. — Die aus der Kluppe genommenen und nach beiden Seiten ausgehechelten Faſerbärte werden nun auf die Anlegemaſchine (Nadelſtabſtrecke, Etaleur, Spreader) aufgelegt und von dieſer zu Bändern verarbeitet, indem die Zuführungswalzen (Einziehwalzen) die aufgelegten Faſerbärte den Nadeln der ſogenannten Gills (Fallers, Barrettes) zuführen und die Gillſtäbe, in Schrauben ohne Ende laufend, die Faſer weiterführen und an zwei Druckwalzen (Verzugszylinder, Streckwalzen, Ausziehwalzen) abliefern.

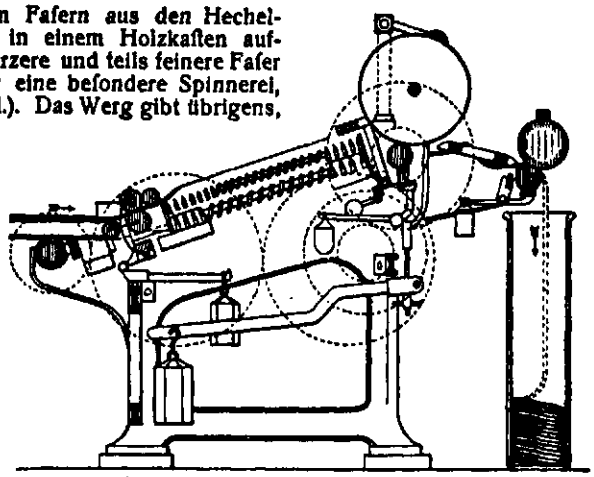


Fig. 7.

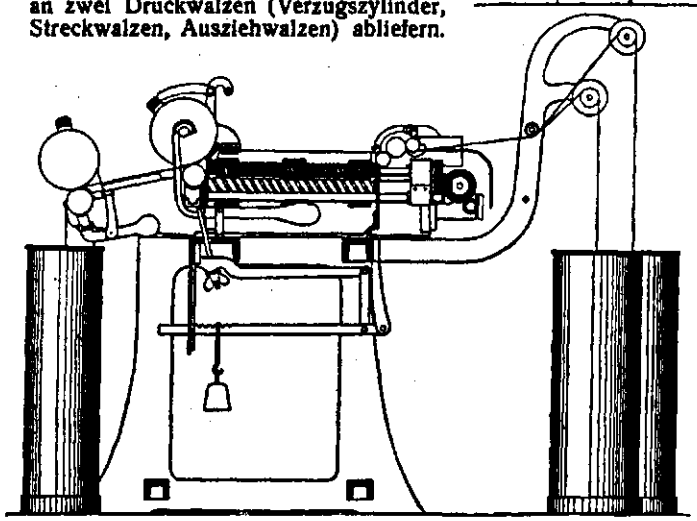


Fig. 8.

Letztere laufen ſchneller als die Zuführungswalzen und wirken alſo verziehend, ſtreckend. Die vier Bänder auf der ſogenannten Bandplatte werden ſchließlich zu einem Bande vereinigt, das in die blecherne (oder papierne) Spinnkanne (Topf) läuft und zur Weiterverſtreckung den Flachsſtrecken oder Durchzügen vorgeſetzt wird. Dieſe erſte Verzugsmaſchine heißt Anlege-, Auflegemaſchine deshalb, weil bei ihr die Bärte an- bezw. aufgelegt werden (Fig. 7).

Die von der eben geſchilderten Anlegemaſchine gelieferten Flachsbänder werden nun den Flachsſtrecken oder Durchzügen (Fig. 8) übergeben, die dieſe in mehrfacher Zahl übereinander gelegte (gedoppelte, dublierte, doublierte) Bänder verzieht und dadurch vergleichmäßigt. Je öfter dieſer Prozeß des Verzuges und Doppelns wiederholt wird, deſto gleichmäßiger wird das Garn; nur muß die Faſer auch vor „Ermüdung“ geſchützt werden, ſo daß ein dreimaliges Dublieren und Verziehen das Maximum bildet. — Dies Verziehen findet ſtatt, indem die Bänder zwiſchen zwei Walzenpaaren geführt werden, von denen ſich das eine Paar vor und das andre hinter den Hechelſtäben (Faliers, Gillſtäben) befindet. Das vordere Paar, das ſich aus dem Streckzylinder und der Druckwalze zuſammenſetzt, faßt die Faſer an den Spitzen unter großem Druck der Walze, zieht dieſelbe aus den Hechelſtäben (Gills) und liefert das ſo gebildete Band in die Spinnkanne. Die Verfeinerung erfolgt dadurch, daß die hinteren, die Zuführungszylinder, vier bis ſechs Bänder gleicher Schwere, z. B. 100 g auf 10 m, zuführen, die vorderen, die Verzugszylinder, aber, mit vielleicht vier- bis ſechsmal ſo großer Geſchwindigkeit laufend, aus dieſen vier bis ſechs Bändern nur ein Band gleicher Schwere abliefern. Auf dieſe Weiſe

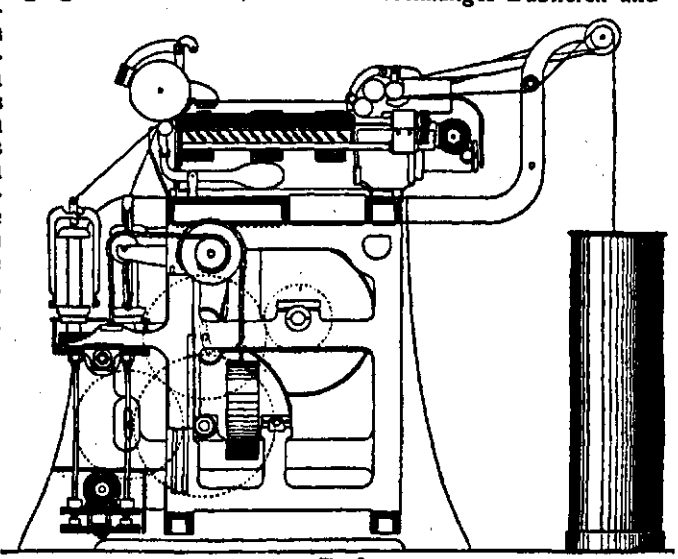


Fig. 9.

verfeinern ſich vier bis ſechs Bänder in eines und die Ungleichheiten derſelben gleichen ſich im Dublieren aus. Die gleichzeitig durch die vier bis ſechs Nadelreihen eines Kopfes gehenden je vier bis ſechs Bänder werden durch den Ablieferungskopf auf der Bandplatte vereinigt, und ſo bilden dann 4 · 4 bis 6 · 6 = 16 bis 36 Bänder nur ein Band. Dieſer Prozeß wird je nach Notwendigkeit wiederholt und dann das Band dem Vorſpinnverfahren unterworfen. Es werden die ſo verfeinerten Bänder der Vorſpinnmaſchine (Fleier, Flyer, Banc à broches, Roving frame, Fig. 9) vorgelegt und durch Zuführungswalzen den Hecheliſtäben (Gillſtäben) zugeführt. Dieſelben führen die Faſer vorwärts zu dem gerieften Verzugs- und Abführungszylinder, auf dem ein Holzzylinder (in neuerer Zeit auch Holz mit Leder oder Kautſchuk belegt) den erforderlichen Druck gibt und die Faſer vorwärts zieht. Da dieſe Verzugszylinder ſich ſechs- bis zehnmal ſchneller bewegen als die Zuführungszylinder, ſo verfeinern ſie das angelegte Band ebenſo viel mal. Das ſo verfeinerte Band fließt aber auf der Vorſpinnmaſchine nicht als Band in eine Spinnkanne, ſondern wird ſofort, wenn es zwiſchen den Zylindern hervortritt, durch den Flügel einer Spindel aufgenommen, gedreht und auf eine Spule aufgewickelt, genau in derſelben Weiſe, wie das in dem Art. Baumwollſpinnerei (Bd. 1, S. 610) auseinandergeſetzt worden iſt. Dies gedrehte Band iſt das Vorgarn (Vorgeſpinſt) und iſt einem dicken Bindfaden gleich, aber weich und offen. Neuerdings verwendet man an Stelle der Holzſpulen mit Vorteil Papierſpulen, welche u. a. die Firmen A. Lenk & Cie. in Graz und A. Schneider in Rochlitz (Sachſen) liefern. Für die ſogenannte Konusbewegung, Differentialrädergetriebe u. ſ. w. haben die verſchiedenen Fabriken, wie Combe, Barbour, Fairbairn, Naylor, Lawſon u. ſ. w., meiſt ihre beſonderen ſehr ſinnreichen und patentierten Konſtruktionen. Die Vorſpinnmaſchine iſt mit feineren Nadeln der Hecheliſtäbe verſehen als die Durchzüge, hat in der Regel ſechs bis zehn Köpfe und jeder Kopf eine Garnitur Hecheliſtäbe (Fallers) mit vier Reihen Nadeln. Jede Reihe Nadeln führt zu einer Spindel. Die Spule hat gewöhnlich 15—20 cm (= ca. 6—8 Zoll engl.) Hub. Die Entfernung von der Mitte einer Spindel zur andern nennt man Teilung, Ecartement. Fig. 9 ſtellt eine Vorſpinnmaſchine im Seitenſchnitt mit allen Getrieben und Spindel mit Spule dar. Das von der Vorſpinnmaſchine auf Spulen gelieferte Vorgeſpinſt wird nun an die Spinnerei abgeliefert. Die Flachsſpinnmaſchine iſt faſt immer, ob Trocken- oder Naßſpinnerei betrieben wird, nach Waterſyſtem mit Flügelſpindeln gebaut. Doch ſind in neuerer Zeit auch Ringſpindeln zur Anwendung gekommen [11]. Der Flachsſpinnſtuhl ſtellt ein langes Rechteck dar, an deſſen Langſeiten ſich die Spindeln befinden, die von der in der Mitte liegenden Schnurtrommel durch Schnüre (Spindelſchnüre, Spindelbänder) gedreht werden. Auf dem langen Rechtecktiſch der Maſchine befindet ſich das Geſtell zum Aufſtecken der Vorgeſpinſtſpulen. Die von der Vorſpinnmaſchine gelieferten, mit Vorgeſpinſt angefüllten Spulen ſtehen in zwei oder mehreren Reihen auf dem Geſtelle der Maſchine. Bei den Naßſpinnſtühlen (vgl. Fig. 11 u. 13) befindet ſich unter ihnen und ein wenig nach vorne auf jeder Seite ein Waſſertrog *d* von der Geſtalt einer langen Rinne aus Holz oder Zinkblech, in dem Waſſer durch eingelegte Dampfröhrchen *c* bis auf 75° C. erhitzt wird. Die Vorgeſpinſtfäden gehen von den Vorgeſpinſtſpulen *a* in das erhitzte Waſſer, unter dem Dampfröhrchen durch und verlaſſen in angenäßtem Zuſtande auf der vorderen Seite durch Einſchnitte oder Löcher den Waſſerkaſten, treten, durch Fadenführer geführt, zwiſchen die Einzieh- oder Hinterwalzen *f g*. Das ſind geriffelte Meſſingwalzen von 40—50 mm Durchmeſſer, von denen die unteren *f*, auf einem langen Zylinder befeſtigt, angetrieben werden und ſo die Vorgeſpinſtfäden zuliefern, da die darauf ruhenden, aus je zwei Walzen beſtehenden, abhebbaren Druckzylinder *g* aus Meſſing dagegengepreßt werden. Die darunterliegenden Streck- oder Vorderzylinder (Abführungswalzen) *h i* laufen nun ſechs- bis zwölfmal raſcher wie die Einzugswalzen *f g*, ſo daß durch das Ausziehen (Verziehen) auf die ſechs- bis zwölffache Länge die vorgeſchriebene Fadenfeinheit erreicht wird. Die oberen Walzen *i*, die ſogenannten Preſſionswalzen, ſind aus Buchsbaum- oder Birnbaumholz hergeſtellt, gleichfalls geriffelt und werden unter Benutzung von Hebelverbindungen durch Federn oder Gewichte (Fig. 13) gegen die Unterwalzen angepreßt. Der durch die Streckwalzen gelieferte Faden iſt der geringen Vorgeſpinſtdrehung und dem Verzuge entſprechend nur ſehr wenig gedreht. Die nötige Drehung erhält er durch den ſich raſch drehenden Flügel (Fig. 10), in deſſen Innerm ſich die gebremſte und mit der Spulenbank *l* (Fig. 11) auf und ab ſteigende Spule *m* befindet. Durch das Zurückbleiben der gebremſten Spule erfolgt die Fadenaufwicklung. Die Spindel wird durch eine Schnur (oder Band) bewegt, die über den Tambour (Schnurtrommel) um den auf der Spindel unten befindlichen Wirtel (Nuß) *q* läuft und die Geſchwindigkeit des Tambours von etwa 400 minutlichen Umdrehungen auf den zehnmal kleineren Wirtel überträgt, dieſem ſomit etwa 4000 minutliche Umdrehungen gebend. Die Schnurtrommel wird unmittelbar von der Antriebſcheibe bewegt. Die Bewegung der Zuführungs- und Streckwalzen und der Spulenbank

Fig. 10.

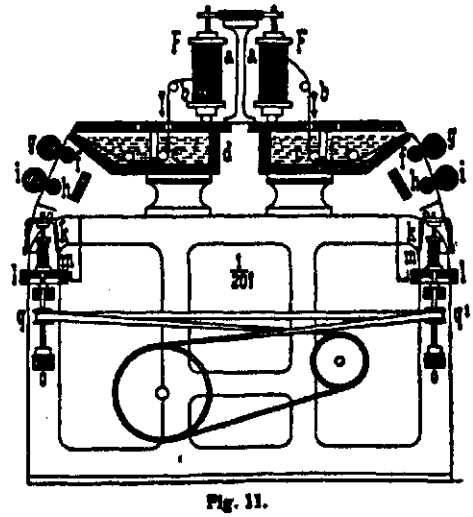


Fig. 11.

wird von der Hauptantriebwelle aus unter Vermittlung von Zahnrädern (Wechſelrädern) abgeleitet (vgl. Fig. 12). Ein neuer Spindelantrieb von Barbour in Belfaſt iſt in [12] beſchrieben.

Ein Flachsſpinnſtuhl hat auf je einer Seite 60—160 Spindeln. Der Hub der Spulenbank, der gleich der lichten Spulenhöhe iſt, beträgt zwiſchen 2 und 3½ engl. Zoll, je nach der Feinheit der Garne, die man ſpinnt. Die Spindelteilung (Pitch) richtet ſich nach dem Hub und beträgt 1¾—3 Zoll.

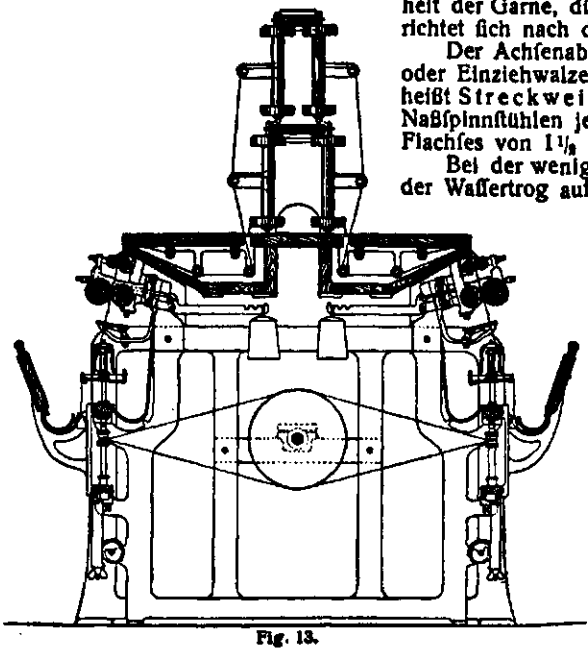


Fig. 13.

Der Achſenabſtand zwiſchen den Achſen der oberen oder Einziehwalzen und den unteren oder Streckwalzen heißt Streckweite (Reach), ſeine Größe ſchwankt bei den Naßſpinnſtühlen je nach der Länge des zu verſpinnenden Flachſes von 1½ bis zu 5 Zoll engl.

Bei der weniger gebräuchlichen Trockenſpinnerei fällt der Waſſertrog auf dem Spinnſtuhle weg, im übrigen iſt die Verſpinnung die gleiche, nur iſt die Streckweite größer; ſie beträgt bei den Trockenſpinnmaſchinen für Flachs 18—22, für Werg 8—10 Zoll engl.

Einen vollſtändigen Ueberblick über das Gebiet der Flachsinduſtrie in che-

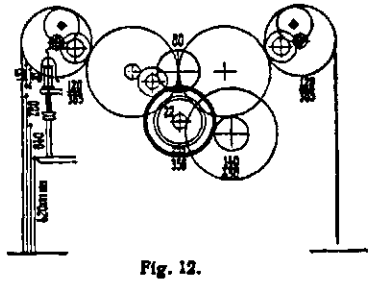


Fig. 12.

miſcher, maſchineller und auch in nationalökonomiſcher Hinſicht gibt [9], während [6] die genaueſte Anleitung über die Flachsſpinnerei enthält. Die Flachsſpinnſtühle werden hauptſächlich noch immer in England und Irland von Fairbairn, Naylor, Macpherſon, Leeds, Combe, Barbour & Combe, Belfaſt, und Lawſon & Sons, Leeds, gebaut. In neuerer Zeit hat jedoch in Deutſchland die Firma Oskar Schimmel & Co., Chemnitz i. S., den Bau von Spinnereimaſchinen auch für Flachs, Hanf und Jute in dankenswerter Weiſe aufgenommen.

Das von dem Flachsſpinnſtuhle gelieferte Garn wird nun entweder, wenn es für Zwirn beſtimmt iſt, der Zwirnerei übergeben, die es zu zwei- und mehrfädigem Zwirne verarbeitet, oder es wird die Spule auf die Haſpel oder Weife gegeben und abgehaſpelt. Die engliſche Haſpelung iſt auch in den deutſchen und öſterreichiſchen Maſchinenſpinnereien angenommen, nämlich der Haſpelumfang zu 2½ Yards = 90 Zoll engl. = 2,286 m; 120 Fäden heißen ein Gebind (Lea) = 300 Yards; 10 Gebinde geben einen Strähn = 3000 Yards, 4 Strähne = 1 Stück = 12000 Yards; 5 Stück = 1 Bündel = 60000 Yards; 12 Bündel = 1 Schock = 720000 Yards und iſt 1 Schock = 2 Pack engliſch. Statt 2½ wird der Haſpelumfang wohl auch 3 Yards genommen, dann machen 100 Faden 1 Gebind = 300 Yards aus. Neben dieſer Weiſe ſind jedoch in Deutſchland und Oeſterreich noch immer andre, hiervon abweichende in Gebrauch [6].

Ueber geſundheitlich notwendige Maßnahmen in den Flachsſpinnereien und Hintanhaltung des Dampfes und der Feuchtigkeit in den Naßſpinnräumen vgl. [13].

Literatur: [1] Bräunlin, Flachsbau, Stuttgart 1832; Sonntag, Flachsbau u. Flachsbereitung, Leipzig 1872; Kuhnert, Der Flachs, ſeine Kultur und Verarbeitung, Berlin 1897. — [2] Veit, Anleitung zur Flachsbereitung, Augsburg 1841. — [3] Kurz, F. S., Die Flachsbereitung nach beſten belgiſchen Syſtemen, Reutlingen 1843; Etrich, Die Flachsbereitung in ihrer Beziehung zur Flachsbaufrage, Trautenau 1898; Eck, Ruſſiſches Flachs- und Hanflexikon für den deutſch-ruſſiſchen und ruſſiſch-deutſchen Handelsverkehr, Görlitz 1899. — [4] Rüfin, A., Die deutſche Flachszucht, Glogau 1846; Leipz. Monatſchr. f. Textilind. 1894, S. 239, 243. — [5] Verbeſſerungen an Flachsſchwingmaſchinen, Patent James M'Kean in Castleblayneys, Irland. — [6] Marſhall, C. Leslie, Der praktiſche Flachsſpinner, Weimar 1888; Sharp, Flax, tow and jute spinning, London 1897. — [7] Pfuhl, E., Neue Schwingmaſchine von Kaſelowsky, Riga 1888. — [8] Müller, Ernſt, Handbuch der Spinnerei, Leipzig 1892. — [9] Pfuhl, E., Weitere Fortſchritte in der Flachsgewinnung, Riga 1895. — [10] Württemb. Wochenbl. für Landwirtſchaft, Stuttgart 1896, S. 12 und 13; D.R.P. Nr. 68807, 88850, 107733, 143126; Leipz. Monatſchr. f. Textilind. 1894, S. 239, 243; 1896, S. 570; 1897, S. 69; 1898, S. 751; Textilztg. 1900, S. 283; Zeitſchr. f. d. geſ. Textilind. 1905/06, S. 132. — [11] Müller, Ernſt, Handbuch der Spinnerei, Leipzig 1892, S. 275. — [12] D.R.P. Nr. 158738, 162820; Leipz. Monatſchr. f. Textilind. 1905, S. 109, 278. — [13] Zeitſchr. f. Gewerbehygiene, Wien 1905, S. 9.

Ernſt Müller.

Flachsſtreckmaſchine, ſ. Flachsſpinnerei.

Flachſtein, ſ. v. w. Schiefer (ſ. d.).

Flachſtellen der Radlaufflächen, ebene, flachgeſchliffene Stellen, die hauptſächlich durch übermäßiges Bremſen der in Bewegung befindlichen Fahr-

zeuge entſtehen, indem die Räder bei Feſtbremſung bis zum Stillſtande mit demſelben Teilſtücke ihres Umfanges dauernd auf den Schienen ſchleifen. Flachſtellen mit größeren Pfeilhöhen verurſachen harte Stöße, ſind daher für die Betriebsmittel und den Oberbau ſchädlich und müſſen durch Abdrehen der Räder beſeitigt werden.

Nach dem „Uebereinkommen betreffend die gegenſeitige Wagenbenutzung im Bereiche des Vereins deutſcher Eiſenbahnverwaltungen", gültig ab 1. Januar 1891, Anlage II, P. 7, berechtigen Räder, die auf ihrer Lauffläche Flachſtellen von mehr als 5 mm Pfeilhöhe zeigen, zur Zurückweiſung der betreffenden Wagen von der Uebernahme.

Flachſtichel, ſ. Gravieren.

Flachswolle (kotoniſierte Flachscelluloſe), von Clauſſen aus der rohen Flachsfaſer durch wiederholtes Behandeln mit Sodalöſung und nachfolgendes Neutraliſieren durch Schwefelſäure dargeſtelltes Surrogat für Baumwolle. Dieſes Kotoniſieren der Flachsfaſer hat indes bisher noch zu keinen praktiſch verwertbaren Reſultaten geführt, ſo daß der von der engliſchen Regierung ausgeſetzte Preis von 20000 Pfd. Sterl. noch ausſteht. Das von Spazier angegebene Verfahren, nach dem Flachsabfälle ſich ſo verarbeiten laſſen, daß ſie der feinſten Sea Island-Baumwolle gleichkommen, iſt viel zu koſtſpielig. *Th. Eug. Schiefner.*

Flachwalzen, ſ. Auflager, Bd. 1, S. 360.

Flachwerk, Eindeckung des Daches mit Flach- und Plattziegeln.

Flachzange, Zange mit ſchmalem, flachem Maul, die dazu beſtimmt iſt, größere Arbeitsſtücke mit Hilfe der Hand zu halten. Die Zange beſteht aus zwei, bei kleineren Zangen durcheinander geſteckten, bei größeren übereinander gelegten, um einen Bolzen drehbaren Stangen, die gegeneinander gedrückt werden. Zum feſteren Halten des Arbeitsſtückes ſind die aus Stahl gebildeten Maulflächen durch Meißelhiebe gekerbt.

Fig. 1.

Fig. 2.

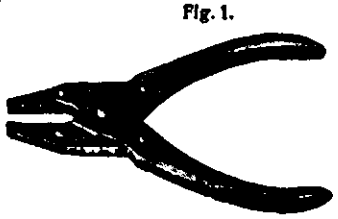


Fig. 3.

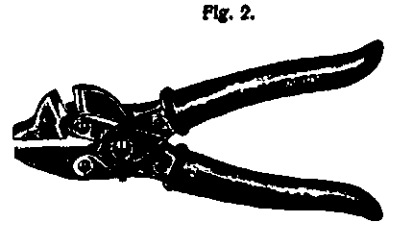


Fig. 4.

Fig. 1 ſtellt eine ſtarke Flachzange (Linienzange) dar, Fig. 2 eine Flachzange mit Seitenſchneider (Champagnerzange), Fig. 3 und 4 amerikaniſche Parallelflachzangen, und zwar Fig. 4 eine ſolche mit Seitenſchneider und Iſoliergriff für Elektrotechniker. Eine Flachzange für Feinmechaniker iſt durch D.R.P. Nr. 128942 geſchützt. Das Maul dieſer Zange wird mit auswechſelbaren Futtern verſehen. Die Futter beſitzen verſchiedene Ausfräſungen, die den Zweck haben, ein beſſeres Halten der Kronenräder u. ſ. w. beim Bearbeiten mit der Feile zu ermöglichen und beim Einſpannen verſchieden großer Gegenſtände eine ſtets gleiche Entfernung der Schenkel zu erzielen, wodurch ein beſſeres Halten der Zange mit den eingeſpannten Gegenſtänden herbeigeführt wird.

Literatur: Zeitſchr. für Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge, 1898/99, S. 258. *Dalchow.*

Flachziegel, ſ. Biberſchwänze, Dachziegel und Ziegelfabrikation.

Flackmaſchine (Schlagmaſchine), ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 597.

Fladerabziehpapier, ſ. Anſtriche, Bd. 1, S. 232.

Fladerpapier, ein Holz imitierendes Papier; ſ. Buntpapierſorten.

Fläche, in der Mathematik, ſ. Flächentheorie.

Fläche, ein Hammer von 13—25 cm Länge, der an beiden Enden eine 4—10 cm breite Schneide beſitzt und zur Bearbeitung härterer Steinarten (Granit, Syenit u. ſ. w.) ſtatt des Boſſiereiſens Verwendung findet. Daher „Flächen", die Bearbeitung einer Steinfläche mit dem genannten Werkzeug (ſ. Werkſteinbearbeitung).

Flächen, zweidimenſionale Gebilde, entweder eben oder krumm (vgl. Flächentheorie).

Geometriſche Eigenſchaften der Flächen.

Flächen, krumme. Eine krumme Fläche iſt der geometriſche Ort aller Lagen einer nach einem beſtimmten Geſetze bewegten Kurve oder Fläche. Je nach der Art des Bewegungsgeſetzes und der bewegten Linie oder Fläche, d. h. der Erzeugenden der Fläche, laſſen ſich die Flächen

einteilen; man kann unterſcheiden: 1. Umdrehungsflächen; die Erzeugende iſt eine Linie und dreht ſich um eine beliebige Gerade im Raume als Achſe. 2. Regelflächen; die Erzeugende iſt eine gerade Linie; dabei iſt die Fläche abwickelbar, wenn je zwei aufeinander folgende Lagen der bewegten Geraden in einer Ebene liegen, oder windſchief, wenn dies nicht der Fall iſt. 3. Umhüllungs- oder Rückungsflächen; die Erzeugende iſt eine Fläche und bewegt ſich nach einem beſtimmten Geſetze. Vorſtehende Unterſcheidung ſchließt keineswegs aus, daß ein und dieſelbe Fläche mehreren der obengenannten Gruppen zugleich angehört. Eine andre Einteilung der Flächen erfolgt nach ihrer algebraiſchen Ordnung, worunter man im allgemeinen die Anzahl der Schnittpunkte einer Geraden mit ihrer Oberfläche verſteht; iſt dieſe Anzahl eine begrenzte, ſo heißt die Fläche algebraiſch, im andern Falle tranſzendent.

Eine Fläche $n$ter Ordnung beſitzt als ebenen Schnitt ſtets eine Linie $n$ter Ordnung. Legt man durch einen Punkt einer Fläche eine Anzahl Ebenen, ermittelt deren Schnitte mit der Fläche und konſtruiert in dem genannten Punkte an die verſchiedenen Schnittkurven der Tangenten, ſo bilden letztere im allgemeinen eine ebene Fläche, die Tangentialebene des betreffenden Punktes an die Fläche; der gegebene Punkt ſelbſt iſt der Berührungspunkt der Tangentialebene mit der Fläche. Liegt der Punkt nicht auf der Fläche, ſo ſind von ihm aus im allgemeinen unzählig viele Tangentialebenen an die Fläche möglich; ſie bilden ſämtlich eine Kegelfläche, welche die gegebene Fläche nach einer beſtimmten Kurve berührt. Iſt der gegebene Punkt eine Lichtquelle, ſo bildet die ebengenannte Kurve die Selbſtſchattengrenze der Fläche mit Bezug auf die genannte Lichtquelle. Fällt der Punkt in unendliche Ferne, ſo ſind die ſämtlichen ihn enthaltenden Tangentialebenen parallel zu einer Geraden und bilden eine die Oberfläche nach einer Kurve berührende Zylinderfläche. Genannte Kurve bezeichnet die Selbſtſchattengrenze der Fläche für den unendlich fernen Punkt als Lichtquelle. Durch die Punkte einer geraden Linie laſſen ſich nur eine begrenzte Anzahl von Tangentialebenen an die Fläche legen; ſie bezeichnet, wenn die Fläche algebraiſch iſt, die Klaſſe der Fläche. Iſt die Fläche abwickelbar, ſo iſt eine Tangentialebene durch eine beliebig gegebene Gerade im allgemeinen nicht vorhanden; man verſteht deshalb unter der Klaſſe einer abwickelbaren Fläche die Zahl der Tangentialebenen, die durch einen beliebigen Punkt an die Fläche möglich ſind. Eine Tangentialebene ſchneidet eine Fläche $n$ter Ordnung im allgemeinen noch nach einer Kurve $n$ter Ordnung, die im Berührungspunkt der Tangentialebene mit der Fläche einen Doppelpunkt beſitzt. Die beiden Tangenten in dieſem Doppelpunkt haben mit der Fläche drei aufeinander folgende Punkte gemeinſam und heißen die zu dem Berührungspunkte gehörigen Haupt- oder Inflexionstangenten der Fläche. Dieſe Haupttangenten ſind entweder beide wirklich vorhanden, der Punkt iſt ein hyperboliſcher Punkt der Fläche, oder ſie fallen in eine Tangente zuſammen, der Punkt iſt paraboliſch, oder ſie ſind endlich imaginär, der Punkt iſt ein elliptiſcher Punkt der Fläche. Iſt die Fläche eine Regelfläche, ſo iſt jeder ihrer Punkte entweder hyperboliſch oder paraboliſch, letzteres ſtets, wenn die Fläche abwickelbar iſt.

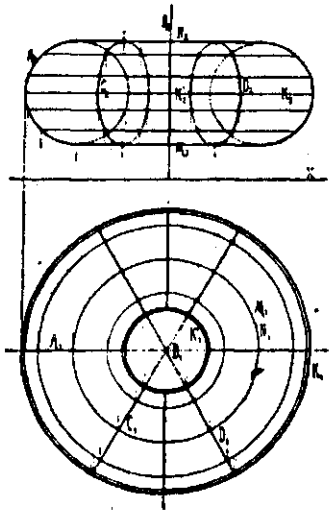


Fig. 2.

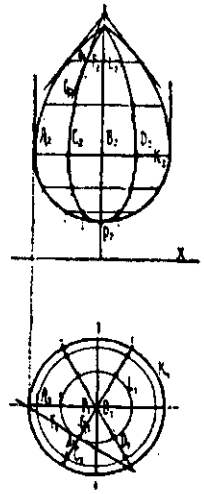


Fig. 1.

Schneiden ſich zwei algebraiſche Flächen von den Ordnungen n_1 und n_2, ſo iſt ihr Schnitt im allgemeinen eine Raumkurve von der Ordnung $n_1 \cdot n_2$. Berühren ſich die Flächen in einem Punkte, ſo können ſie ſich außerdem noch nach einer Kurve von der Ordnung $n_1 \cdot n_2$ ſchneiden, die im Berührungspunkte der beiden Flächen einen Doppelpunkt beſitzt. Die Tangenten in dieſem Doppelpunkte an die Schnittkurven liegen in der gemeinſchaftlichen Tangentialebene beider Flächen; man erhält ſie als Schnitt der gemeinſamen Tangentialebene mit einem Kegel, der den Berührungspunkt als Spitze und die Schnittlinie beider Flächen als Leitlinie beſitzt. Drei Flächen von den Ordnungen n_1, n_2 und n_3 ſchneiden ſich nach einer Kurve von der Ordnung $n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$. — Eine Fläche $n$ter Ordnung iſt im allgemeinen durch $\frac{(n+1)(n+2)(n+3)}{1 \cdot 2 \cdot 3} - 1$ Ortsbedingungen, z. B. Punkte, vollſtändig beſtimmt; eine Fläche zweiter Ordnung demnach durch 9 Punkte, eine Fläche dritter Ordnung durch 19 Punkte.

Literatur: S. unter Geometrie, darſtellende.

Umdrehungsfläche, entſteht durch Drehung einer ebenen Kurve *A* (ſ. Fig. 1 und 2) um eine in ihrer Ebene befindliche Gerade *B* als Drehungsachſe. Eine zu letzterer ſenkrechte Ebene ſchneidet im allgemeinen die Fläche nach einer Kreislinie, die ein Parallelkreis der Drehungsfläche genannt wird. Alle die Drehungsachſen enthaltenden ebenen Schnitte ſind kongruente Figuren und heißen Meridiane der Fläche, z. B. *C*, *D* (ſ. Fig. 1 und 2). Iſt der Meridian eine algebraiſche Kurve von der Ordnung n, ſo iſt die Drehungsfläche eine algebraiſche Fläche von der $n$ten Ordnung. Iſt insbeſondere die Meridiankurve eine Linie zweiter Ordnung und eine Hauptachſe der letzteren die Drehungsachſe, ſo entſteht eine Drehungsfläche zweiter Ordnung, und zwar die Kugel, das Ellipſoid, das Paraboloid und das Hyperboloid, je nachdem als Meridiankurve der Kreis, die Ellipſe, Parabel oder Hyperbel in Betracht kommt.

Als Spezialfälle der Drehungsflächen zweiter Ordnung sind der senkrechte Kreiskegel bezw. Zylinder zu erwähnen; im ersten Falle besteht der Meridian aus zwei auf der Drehungsachse sich schneidenden Geraden, deren Winkel die letztere halbiert, im zweiten Falle bilden zwei parallele, gleich weit von der Drehungsachse abstehende Gerade den Meridianschnitt der Drehungsfläche.

Zur geometrischen Darstellung einer Drehungsfläche wählt man zweckmäßig eine Projektionsebene senkrecht zur Drehungsachse, die andre parallel zu einer Meridianebene; in diesem Fall besteht der Grundriß der Fläche entweder aus einer Kreis- oder Ringfläche, der Aufriß ist begrenzt durch einen Meridianschnitt (s. Fig. 1 und 2). Bei der obengenannten Annahme der Projektionsebenen projizieren sich die Aufrisse der Parallelkreise als Gerade senkrecht zur Drehungsachse, die Grundrisse als konzentrische Kreise. Die Meridiane stellen sich im Aufrisse als affine Kurven mit der Drehungsachse als Affinitätsachse, die Grundrisse als den Grundriß der Drehungsachse enthaltende Gerade dar (s. Fig. 1 und 2).

Tangentialebenen der Drehungsfläche. Die Tangentialebenen längs den Punkten eines Parallelkreises an eine Drehungsfläche bilden im allgemeinen einen senkrechten Kreiskegel, dessen Achse mit der Flächenachse zusammenfällt (s. Kreis *L*, Fig. 1); in speziellen Fällen kann der Kegel in einen Zylinder bezw. eine Ebene übergehen, und es heißt im ersten Falle der bezügliche Parallelkreis ein Aequator, z. B. die Kreise *K* und *K'* in Fig. 1 und 2; im letzteren Falle ein Polarkreis (s. die Kreise *M* und *N* in Fig. 2) bezw. ein Pol (s. Punkt *p*, Fig. 1) der Fläche. Längs den Punkten einer Meridiankurve bilden die Tangentialebenen an die Drehungsfläche eine Zylinderfläche, die zur Ebene der Meridiankurve senkrecht steht und die Drehungsfläche nach der Meridiankurve berührt. Soll in irgend einem Punkte *a* der Drehungsfläche (s. Fig. 1) eine Tangentialebene konstruiert werden, so zeichnet man durch diesen Punkt einen Parallelkreis sowie einen Meridian und an diese Kurven in dem gegebenen Punkte je eine Tangente *F* bezw. *G*; dann ist durch die beiden Tangenten *F* und *G* die Tangentialebene bestimmt.

Schnitt einer Ebene mit einer Drehungsfläche. Man denkt sich die Fläche durch Ebenen senkrecht zur Drehungsachse geschnitten; die Schnittlinien treffen die Drehungsfläche nach Parallelkreisen, die Ebene nach parallelen Geraden. Je ein Parallelkreis der Fläche und die in derselben Ebene liegende Gerade der Ebene treffen sich in Punkten der Schnittkurve zwischen Ebene und Drehungsfläche. Eine Tangente in einem Punkte an die Schnittkurve ergibt sich als Schnittlinie der Tangentialebene in dem betreffenden Punkte an die Fläche mit der Schnittebene.

Schnitt einer Geraden mit einer Drehungsfläche. Man legt durch die Gerade eine Ebene, bestimmt deren Schnitt mit der Drehungsfläche, die Schnittlinie trifft die Gerade in den gesuchten Schnittpunkten.

Schnitt zweier Drehungsflächen. Je nach der Lage der Achsen beider Flächen lassen sich drei Fälle unterscheiden; entweder sind die Achsen parallel oder sie schneiden sich oder sie sind windschief. Im ersten Falle schneidet man die beiden Drehungsflächen durch Ebenen senkrecht zu den Achsen beider Flächen und erhält in jeder Fläche als Schnittlinien Parallelkreise, die sich gegenseitig in Punkten der Schnittkurve beider Flächen begegnen; im zweiten Falle verwendet man als Hilfsflächen Kugeln, deren Mittelpunkte in den Schnittpunkt der beiden Achsen fallen. Diese Hilfskugeln treffen beide Flächen nach Parallelkreisen, deren Schnitte Punkte der Schnittkurve beider Drehungsflächen liefern. Bei windschiefer Lage der Achsen der Flächen schneidet man die beiden Flächen durch Ebenen, senkrecht zu einer der beiden Flächenachsen, und bestimmt die Schnittlinien der Hilfsebenen mit den beiden Flächen. Diese Schnittlinien treffen sich in Punkten der Schnittkurve beider Flächen.

Schnitt einer Drehungsfläche mit einer Zylinder- bezw. Kegelfläche. Man wählt auf der Drehungsfläche einen Parallelkreis, legt durch denselben eine zur Zylinderfläche parallele Zylinderfläche bezw. eine mit der gegebenen Kegelfläche konzentrische Kegelfläche. Die Schnittgeraden beider Zylinder- bezw. Kegelflächen schneiden auf dem angenommenen Parallelkreise Punkte der Durchschnittskurve beider Flächen aus. Sind andre als die bisher genannten Flächen mit einer Drehungsfläche zum Schnitt zu bringen, so wird man die beiden Flächen mit solchen Hilfsflächen schneiden, deren Schnittkurven mit den gegebenen Flächen sich am einfachsten konstruieren lassen. Die Tangente in einem Punkte der Schnittkurve zweier Flächen bestimmt sich als die Schnittlinie der Tangentialebenen in dem betreffenden Punkte an die beiden Flächen.

Tangentenkegel von einem Punkte außerhalb der Drehungsfläche an diese. Von einem Punkte außerhalb der Fläche sind an letztere unzählig viele Tangenten möglich, welche einen Kegel einschließen, der die Drehungsfläche nach einer Kurve berührt. Zur Konstruktion von Punkten dieser Kurve wählt man auf der Drehungsfläche einen beliebigen Parallelkreis, bestimmt den hierzu gehörigen, die Drehungsfläche berührenden Kegel und zeichnet an letzteren von dem gegebenen Punkte aus die möglichen Tangentialebenen; deren Berührungslinien liefern auf dem angenommenen Parallelkreis Punkte der Berührungskurve.

Tangentenzylinder parallel einer Geraden an eine Drehungsfläche. Man legt parallel zur gegebenen Richtung an eine Reihe von die Fläche nach Parallelkreisen berührenden Kegeln die möglichen Tangentialebenen; die Berührungslinien der letzteren mit den Kegeln liefern auf den zugehörigen Parallelkreisen Punkte der Berührungskurve.

Die zuletzt genannten Konstruktionen gewinnen eine praktische Bedeutung dann, wenn durch den gegebenen Punkt bezw. die gegebene Richtung eine Lichtquelle bestimmt ist, von der aus die Fläche eine Beleuchtung erfährt; in diesem Falle bezeichnet die Berührungskurve des Tangentenkegels durch den betreffenden Punkt bezw. des Tangentenzylinders parallel der gegebenen Richtung mit der Drehungsfläche die Selbstschattengrenze auf letzterer Fläche unter Voraussetzung zentraler bezw. paralleler Beleuchtung. (S. a. Schattenkonstruktionen sowie die unter Geometrie, darstellende, angegebene Literatur.)

Flächen zweiter Ordnung. Unter einer Fläche zweiter Ordnung verſteht man jede Fläche, die von einer Ebene nach einer Linie zweiten Grades, d. h. nach einem Kegelſchnitte getroffen wird; hieraus folgt zugleich, daß es auf eine Fläche zweiter Ordnung keine andern ebenen Kurven als Kegelſchnitte gibt. Iſt auf einer Fläche zweiter Ordnung eine gerade Linie vorhanden, ſo wird jede durch die letztere gelegte Ebene die Fläche noch nach einer zweiten Geraden ſchneiden; es wird alſo die Fläche zweiter Ordnung eine Regelfläche ſein.

Einige Polareigenſchaften der Flächen zweiter Ordnung: Zieht man durch einen beliebigen Punkt des Raumes nach der Fläche zweiter Ordnung Sekanten und konſtruiert für jede Sekante den zu dem gegebenen Punkte hinſichtlich der Durchſchnittspunkte der Sekante mit der Oberfläche konjugierten vierten harmoniſchen Punkt, ſo liegen dieſe ſämtlichen vierten harmoniſchen Punkte in einer Ebene, welche die Polarebene des Punktes hinſichtlich der Fläche zweiter Ordnung genannt wird. Der Punkt ſelbſt heißt der zur Polarebene gehörige Pol. Schneidet die Polarebene die Fläche zweiter Ordnung nach einem Kegelſchnitte, ſo bezeichnet man den zur Polarebene gehörigen Pol als außerhalb der Fläche liegend. Gehört der Pol der Fläche ſelbſt an, ſo iſt die zugehörige Polarebene die Tangentialebene der Fläche im Pole. Hat die Polarebene keinen reellen Kegelſchnitt mit der Fläche zweiter Ordnung gemeinſam, ſo nennt man den zugehörigen Pol innerhalb der Fläche liegend. Verbindet man die Schnittpunkte der Polarebene mit der Fläche zweiter Ordnung mit dem zugehörigen Pole, ſo ſind dieſe Verbindungslinien Tangenten an die Oberfläche zweiter Ordnung und bilden den zu dem Punkte gehörigen Tangentenkegel an die Fläche zweiter Ordnung. Iſt der betreffende Punkt eine Lichtquelle, ſo iſt die Berührungskurve des Tangentenkegels mit der Oberfläche die Selbſtſchattengrenze der Fläche zweiter Ordnung hinſichtlich des gewählten Punktes als Lichtquelle. Für eine Fläche zweiter Ordnung iſt daher bei zentraler Beleuchtung die Selbſtſchattengrenze ſtets ein Kegelſchnitt, desgleichen ihre Schlagſchattengrenze auf eine gegebene ebene Fläche. Fällt die Spitze des Tangentenkegels in unendliche Ferne, ſo geht der Tangentenkegel in einen Tangentenzylinder über, der die Fläche nach einem Kegelſchnitte berührt, deſſen Mittelpunkt zugleich der Mittelpunkt der Fläche genannt wird und die Eigenſchaft hat, daß ſämtliche durch ihn gehenden Sehnen in ihm halbiert werden. Jede den Mittelpunkt enthaltende Ebene heißt eine Durchmeſſerebene, jede den Mittelpunkt enthaltende Sehne ein Durchmeſſer der Fläche zweiter Ordnung. Iſt der unendlich ferne Punkt eine Lichtquelle, ſo iſt die Berührungskurve des Tangentenzylinders mit der Fläche zweiter Ordnung die Selbſtſchattengrenze; dieſe iſt ſomit unter Vorausſetzung einer Beleuchtung durch parallele Lichtſtrahlen für eine Fläche zweiter Ordnung ſtets ein den Mittelpunkt der Fläche als Mittelpunkt beſitzender Kegelſchnitt.

Durch eine beliebige Gerade laſſen ſich im allgemeinen nur zwei Tangentialebenen an eine Fläche zweiter Ordnung legen; die Fläche zweiter Ordnung iſt daher auch eine Fläche zweiter Klaſſe oder kurzweg eine **Fläche zweiten Grades.** Die Verbindungslinie der Berührungspunkte der die gegebene Gerade G enthaltenden Tangentialebenen liefern eine Gerade G_1, durch welche die Polarebenen für ſämtliche Punkte von G hindurchgehen. Zwei ſolche Gerade G, G_1 heißen konjugierte Polaren der Fläche zweiten Grades. Liegt die Gerade G in unendlicher Ferne, ſo geht die zu G konjugierte Polare G_1 durch den Mittelpunkt des Kegelſchnittes und man nennt die die Gerade G enthaltende Durchmeſſerebene die zu G_1 konjugierte Durchmeſſerebene. Wählt man in letzterer irgend zwei konjugierte Durchmeſſer des in ihr liegenden Kegelſchnittes, ſo bilden dieſe mit G_1 drei konjugierte Durchmeſſer der Fläche zweiten Grades und die durch ſie beſtimmten Ebenen drei konjugierte Durchmeſſerebenen der Fläche. Sie haben die Eigenſchaft, daß die Ebene von je zwei Durchmeſſern die Polarebene des unendlich fernen Punktes des dritten Durchmeſſers darſtellt. — Stehen drei konjugierte Durchmeſſer einer Fläche zweiten Grades aufeinander ſenkrecht, ſo heißen ſie die Hauptachſen der Fläche; die durch ſie beſtimmten Ebenen ſind die Hauptachſenebenen und die in ihnen liegenden Kegelſchnitte die Hauptachſenſchnitte der Fläche.

Durch irgend zwei ebene Schnitte einer Fläche zweiten Grades laſſen ſich im allgemeinen ſtets zwei Kegelflächen zweiten Grades legen, deren Spitzen auf der zur Schnittlinie der beiden Ebenen konjugierten Polaren liegen; hieraus folgt, daß parallele Ebenen eine Fläche zweiten Grades nach ähnlichen und ähnlich liegenden Kegelſchnitten ſchneiden, eine Eigenſchaft, die für konſtruktive Zwecke nützlich verwendet werden kann. Zwei Flächen zweiten Grades ſchneiden ſich im allgemeinen nach einer Linie vierter Ordnung, die insbeſondere in zwei Kegelſchnitte zerfallen kann; dies iſt der Fall, wenn die Flächen zweiten Grades ſich in zwei Punkten berühren. Iſt eine der beiden Flächen eine Kugel und findet eine Berührung in zwei Punkten ſtatt, ſo beſteht die Schnittkurve aus zwei Kreiſen. Es gibt ſomit für jede Fläche zweiten Grades zwei Lagen von Ebenen, welche die Fläche nach Kreiſen ſchneidet. Findet die Berührung nur in einem Punkte ſtatt, ſo iſt die Schnittkurve beider Flächen eine Kurve vierter Ordnung mit einem Doppelpunkte. Sind die Flächen zweiten Grades Regelflächen und haben dieſelben eine Erzeugende gemeinſam, ſo beſteht der übrige Schnitt aus einer Kurve dritter Ordnung.

Einteilung der Flächen zweiten Grades. Nach der Geſtalt der Hauptachſenſchnitte unterſcheidet man folgende Flächen zweiten Grades:

1. Das **Ellipſoid.** Die drei Hauptachſenſchnitte ſind Ellipſen A, B, C (ſ. Fig. 3—5); iſt einer der Hauptachſenſchnitte ein Kreis, ſo ſind die beiden andern kongruente Ellipſen und man erhält das **Umdrehungsellipſoid**; es entſteht durch Umdrehung einer Ellipſe um eine ihrer Hauptachſen. Findet die Drehung um die große Achſe ſtatt, ſo entſteht das Umdrehungsellipſoid erſter Art oder das **bifokale Ellipſoid**; alle Meridiane beſitzen die nämlichen Brennpunkte und es kann das Ellipſoid auch definiert werden als der geometriſche Ort aller Punkte im Raume, die von zwei feſten Punkten eine gegebene Abſtandsſumme beſitzen. — Findet die Drehung um die kleine Ellipſenachſe ſtatt, ſo entſteht das Umdrehungsellipſoid

zweiter Art oder das Sphäroid; die Brennpunkte der Meridianellipſe beſchreiben einen Kreis, den Fokalkreis des Sphäroides; man erhält die Brennpunkte der übrigen Meridianellipſen im Durchſchnitte ihrer Ebenen mit dem Fokalkreiſe des Sphäroides. Beim Ellipſoid iſt die Berührungskurve eines Tangentenkegels bezw. eines Tangentenzylinders ſtets eine Ellipſe bezw. ein Kreis. Sind alle Hauptachſenſchnitte Kreiſe, ſo entſteht als Fläche die Kugel. Bei der Darſtellung des Ellipſoides durch Projektion wählt man die Projektionsebenen zweckmäßig parallel zu den Achſenebenen; dann ſtellen die Achſenſchnitte zugleich die Umriſſe oder Konturen der Fläche für die bezüglichen

Fig. 3.

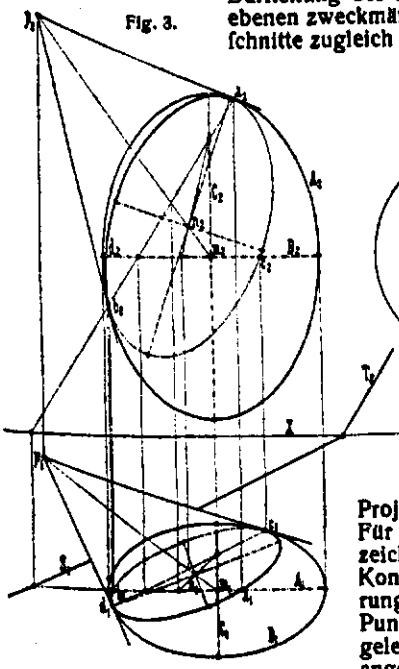


Fig. 4.

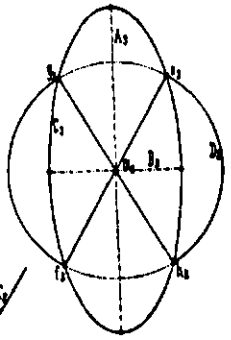
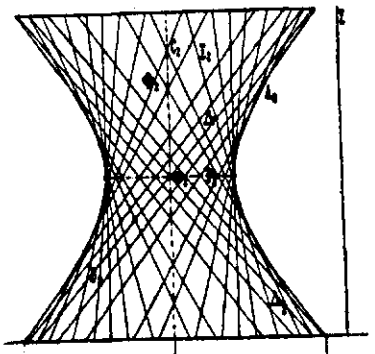


Fig. 5.

Fig. 6.



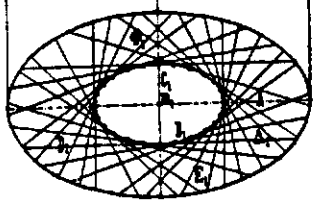


Fig. 7.

Projektionsebenen dar. — Für das in Fig. 3—5 gezeichnete Ellipſoid iſt die Konſtruktion der Berührungskurve des von dem Punkt p an die Oberfläche gelegten Tangentenkegels angedeutet. Die Tangenten von den Projektionen p_1 und p_2 an die zugehörigen Umriſſe der Flächen geben für jede Projektion der Berührungskurve zwei Tangenten mit ihren Berührungspunkten. Da außerdem der Mittelpunkt des Berührungskegelſchnittes ſich als Schnittpunkt der Verbindungslinie des Punktes p mit dem Mittelpunkte des Ellipſoides beſtimmt, ſo kennt man von Grund- und Aufriß des Berührungskegelſchnittes je den Mittelpunkt ſowie zwei Tangenten mit ihren Berührungspunkten, und es unterliegt nach der Lehre von den Kegelſchnitten keiner Schwierigkeit, die Hauptachſen der Projektionen des Berührungskegelſchnittes zu beſtimmen und dieſen ſelbſt punktweiſe zu konſtruieren. Die Ebene der Berührungskurve iſt, wie ſchon früher erwähnt, die Polarebene des Punktes p. Mit vorſtehendem iſt auch die Aufgabe gelöſt, den Schnitt einer beliebigen Ebene $S_1 T_2$ mit dem Ellipſoid zu konſtruieren. Man hat nur nötig, die Schnittlinien cd und ab der Ebene $S_1 T_2$ mit der Ebene des erſten und zweiten Umriſſes zu ermitteln und in den Schnittpunkten $c_1 d_1 a_2 b_2$ dieſer Linien mit den zugehörigen Umrißkurven die Tangenten an letztere zu zeichnen. Hierdurch beſtimmt ſich der Pol p der Ebene $S_1 T_2$ und die Aufgabe iſt auf die vorhergehende zurückgeführt. In Fig. 5 iſt außerdem die Lage der Kreisſchnittebenen des Ellipſoides beſtimmt; die Projektion D_2 einer Kugel mit m_2 als Mittelpunkt und einem Halbmeſſer gleich der mittleren Hauptachſe des Ellipſoides ſchneidet die Ellipſe C_2 in den Punkten $e_2 f_2$ und $g_2 h_2$. Die Verbindungslinien $e_2 f_2$ und $g_2 h_2$ ſtellen die dritten Projektionen zweier Ebenen dar, die aus dem Ellipſoide Kreiſe ausſchneiden.

Fig. 8.

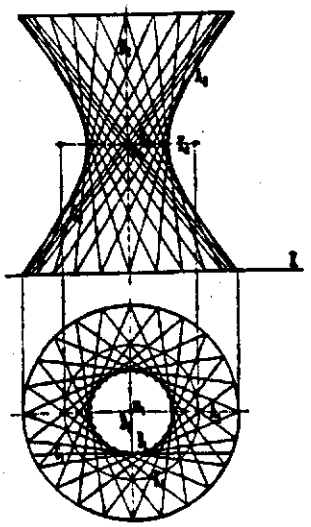


Fig. 9.

2. **Das einſchalige oder windſchiefe Hyperboloid.** Zwei der Hauptachſenſchnitte ſind Hyperbeln (ſ. Fig. 6), deren gemeinſame imaginäre Achſe die eine Hauptachſe der Fläche bildet, der dritte Achſenſchnitt iſt eine Ellipſe C (ſ. Fig. 7), die Fläche iſt eine Regelfläche und kann auch hervorgebracht werden durch Bewegung einer geraden Linie D, die ſtets drei vorgegebene Gerade A, E und Φ (ſ. Fig. 6 und 7) ſchneidet. Geht der elliptiſche Achſenſchnitt in einen Kreis über, ſo entſteht das einſchalige Umdrehungshyperboloid (ſ. Fig. 8 und 9). Dasſelbe kann in doppelter Weiſe hervorgebracht werden, einmal durch Drehung einer Hyperbel um ihre imaginäre Achſe D oder aber durch Drehung einer geraden Linie C um eine zweite, zur erſten windſchief liegende Gerade D als Achſe. Die Fläche beſitzt einen Fokalkreis K, den Ort der Brennpunkte der

Meridianhyperbeln; ſind die Meridianhyperbeln gleichſeitig, ſo erhält man das gleichſeitige Hyperboloid.

3. Das zweiſchalige Hyperboloid. Zwei Achſenſchnitte ſind Hyperbeln A und B (ſ. Fig. 10 und 11), deren gemeinſame reelle Achſe eine Hauptachſe der Fläche bildet; die dritte Hauptachſenebene enthält keinen reellen Kegelſchnitt, doch liefern Parallelſchnitte zur dritten Achſenebene ähnliche und ähnlich liegende Ellipſen (in Fig. 12 iſt der Schnitt der Fläche mit der Projektionsebene E_1 als Ellipſe C_1 gezeichnet); gehen letztere in Kreiſe über, ſo entſteht das zweiſchalige Umdrehungshyperboloid. Es kann aufgefaßt werden als der geometriſche Ort aller Punkte im Raume, die von zwei gegebenen Punkten eine gegebene Abſtandsdifferenz beſitzen. Die ſämtlichen Meridianhyperbeln beſitzen dieſelben Brennpunkte, weshalb die Fläche auch als bifokales Hyperboloid bezeichnet wird.

Fig. 10.

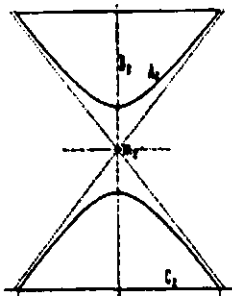


Fig. 11.

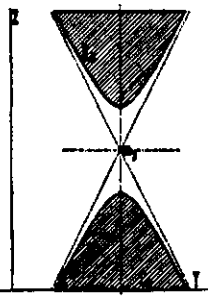


Fig. 12.

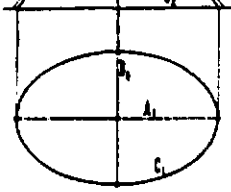


Fig. 15.

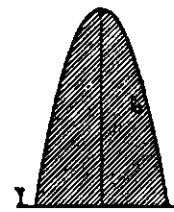


Fig. 13.

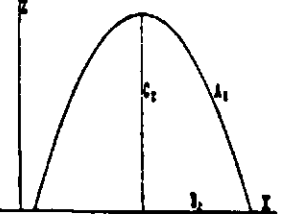
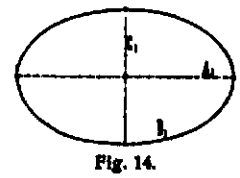


Fig. 14.



4. Das elliptiſche Paraboloid. Zwei Hauptachſenſchnitte (ſ. Fig. 13 und 15) ſind Parabeln A und C, alle zur dritten Achſenebene parallelen Schnitte ähnliche und ähnlich liegende Ellipſen. Der Schnitt mit der Projektionsebene E_1 iſt in Fig. 14 als Ellipſe B_1 dargeſtellt. Der Mittelpunkt der Fläche liegt in unendlicher Ferne. Werden die zuletzt genannten Schnitte kreisförmig, ſo entſteht das Umdrehungsparaboloid; es wird hervorgerufen durch Umdrehung einer Parabel um ihre Achſe und kann aufgefaßt werden als der geometriſche Ort aller Punkte im Raume, die von einem feſten Punkte, dem Brennpunkt der Meridianparabel, und einer feſten Ebene, der durch die Leitlinie der Parabel ſenkrecht zur Parabelachſe gelegten Ebene, gleichen Abſtand beſitzen.

Fig. 16.

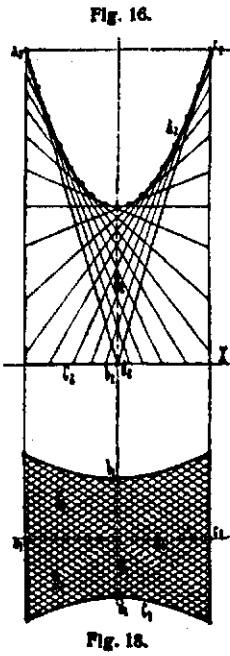


Fig. 17.

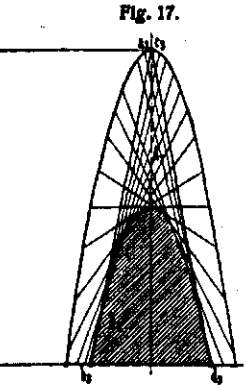


Fig. 18.

5. Das hyperboliſche oder windſchiefe Paraboloid. Zwei Achſenſchnitte ſind Parabeln A und B (ſ. Fig. 16 und 17), alle zur dritten Achſenebene parallelen Schnitte ſind ähnliche und ähnlich liegende Hyperbeln; der Schnitt mit der Projektionsebene E_1 iſt als Hyperbel C_1 gezeichnet. Die Fläche iſt eine Regelfläche und kann auch hervorgerufen werden durch Bewegung einer geraden Linie, die ſtets parallel zu einer gegebenen Ebene bleibt und außerdem in jeder ihrer Lagen zwei vorgegebene gerade Linien ſchneidet. Bei der gewählten Darſtellung kann die erwählte Ebene parallel zu einer der Aſymptoten der Hyperbel C gewählt werden. Es ſind demnach zwei ſolcher Ebenen vorhanden, zu denen die Erzeugenden des Paraboloides bezw. parallel ſind, d. h. es gibt auf dem Paraboloide zwei Syſteme von Erzeugenden, das eine Syſtem iſt parallel zur Ebene D_1, das andre zur Ebene E_1.

Aus den fünf vorgenannten Arten von Flächen zweiten Grades leiten ſich noch als Spezialfälle die Kegel- und Zylinderflächen zweiten Grades ab; die Kegelfläche zweiten Grades entſteht aus dem Hyperboloide, wenn ſtatt der Hyperbeln deren Aſymptoten als Achſenſchnitte gewählt werden. Die Zylinderfläche zweiten Grades entſteht aus dem Paraboloide, wenn ſtatt der paraboliſchen Achſenſchnitte je ein Paar paralleler Geraden als ſolche gewählt werden.

Die unter 1., 3., 4. aufgeführten Flächen zweiten Grades führen die gemeinſame Bezeichnung „elliptiſche Flächen zweiten Grades“, weil ſie in beſtimmter Weiſe durch räumlich kollineare Verwandlung aus der Kugel abgeleitet werden können, indem das räumlich zentriſch kollineare Abbild einer Kugelfläche eine dieſer Flächen ſein kann (ſ. Zentralprojektion). Die unter 2. und 5. genannten Flächen ſind die windſchiefen Flächen zweiten Grades, während die Kegel- und Zylinderflächen zweiten Grades die abwickelbaren Flächen zweiten Grades bilden. Vgl. a. die analytiſche Darſtellung in Flächen zweiten Grades.

Literatur: S. unter Geometrie, darſtellende.

Erzeugung einer abwickelbaren Fläche. Bewegt ſich ein Punkt im Raume nach einem beſtimmten Geſetze, ſo entſteht eine Raumkurve. Die ſämtlichen Tangenten einer Raumkurve bilden ihre Tangentenfläche und dieſe iſt eine abwickelbare (developpable) Fläche, weil es möglich iſt, die von aufeinander folgenden Tangenten gebildeten Flächenſtreifen, Flächenelemente, durch Drehung um die je zwei Streifen gemeinſame Kante ohne Aenderung der Form der Elemente, d. h. ohne Faltung, in eine einzige Ebene auszubreiten (abzuwickeln). Die Tangenten der Raumkurve ſind Mantellinien oder Erzeugende der abwickelbaren Fläche. Die gleiche Fläche kann auch hervorgebracht werden durch Bewegung einer Ebene. Je zwei aufeinander folgende Ebenen ſchneiden ſich nach Geraden, die wieder als Mantellinien oder Erzeugende der Fläche bezeichnet werden und gleichfalls als Tangenten eine Raumkurve einhüllen. Zu jeder Raumkurve gehört eine abwickelbare Fläche als Tangentenfläche, zu jeder abwickelbaren Fläche eine Raumkurve als Rückkehrkante. Zwei aufeinander folgende Tangenten der Raumkurve enthalten von letzterer drei aufeinander folgende Punkte, und die Ebene dieſer Punkte iſt eine Schmiegungs- oder Oskulationsebene der Raumkurve. Die zu einer Raumkurve gehörige abwickelbare Fläche iſt die Fläche der Schmiegungsebenen der Kurve. Jede ſolche Schmiegungsebene enthält zwei aufeinander folgende Erzeugende der abwickelbaren Fläche, d. h. ſie berührt die Fläche nach dieſer Erzeugenden und iſt eine Tangentialebene der abwickelbaren Fläche. Ihr Schnitt mit einer beliebigen Ebene iſt eine Tangente an die Schnittkurve dieſer Ebene mit der abwickelbaren Fläche. Hierdurch hat man ein Mittel, die Tangentialebene an eine abwickelbare Fläche in einem gegebenen Punkte der Fläche zu konſtruieren. Man zieht durch den Punkt eine Erzeugende der Fläche und ermittelt deren Schnittpunkt mit einer beliebigen auf der Fläche liegenden ebenen Kurve. Die Tangente an letztere beſtimmt mit der Erzeugenden durch den gegebenen Punkt die Tangentialebene in dieſem. Zwei aufeinander folgende Erzeugende bezw. Tangentialebenen einer abwickelbaren Fläche bilden je einen unendlich kleinen Winkel; der erſtere heißt Kontingenzwinkel, der letztere Torſions- oder Windungswinkel.

Krümmung einer Raumkurve. Liegt auf einer abwickelbaren Fläche eine beliebige Kurve und iſt ab ein unendlich kleines Bogenſtück desſelben, zu welchem der Kontingenzwinkel Θ und der Torſionswinkel η gehört, ſo bezeichnet man das Verhältnis $\frac{ab}{\Theta} = \frac{1}{\varrho_1}$ als die **erſte**, das Verhältnis $\frac{ab}{\eta} = \frac{1}{\varrho_2}$ als die **zweite Krümmung** des Kurvenelementes. Durch drei aufeinander folgende Punkte der Kurve geht ein **Krümmungskreis**, vier aufeinander folgende Punkte liegen auf der Oberfläche der **Schmiegungskugel**.

Haupt- und Binormale einer Raumkurve. Errichtet man in einem Punkte a einer Raumkurve K zur zugehörigen Tangente eine Normalebene, ſo laſſen ſich in letzterer durch a unzählig viele Normalen zur Kurve K ziehen; eine davon liegt in der Schmiegungsebene und heißt die Hauptnormale, eine andre ſteht ſenkrecht hierzu und führt die Bezeichnung Binormale.

Evolutenfläche der Raumkurve. Aufeinander folgende Normalebenen einer Raumkurve umhüllen eine abwickelbare Fläche, die Evolutenfläche der erſteren; ihre Erzeugenden ſind parallel zu den Binormalen der Raumkurve und ſchneiden ſich in der Rückkehrkurve der Evolutenfläche, dem Ort der Mittelpunkte k der Schmiegungskugeln der Raumkurve (Fig. 19). Die Tangenten- und Evolutenfläche einer Raumkurve haben eine krumme Linie gemeinſam, den Ort der Krümmungsmittelpunkte m der Raumkurve. Jedem Punkte p der Raumkurve entſpricht eine beſtimmte zur Binormale des Punktes p parallele Erzeugende E der Evolutenfläche. Zieht man von p nach einem beliebigen Punkte e von E eine Gerade G, ſo iſt G eine Normale zur Raumkurve K und ſchneidet die zu E benachbarte Erzeugende E_1 in einem Punkte e_1, durch den wieder eine Normale G_1 zu K gezogen werden kann, die E_2 in e_2 ſchneidet u. ſ. w. Die Linien G ſind Normalen zur Kurve K und Tangenten an die Kurve der e. Letztere Kurve iſt ſomit eine **Evolute** von K. Zu einer Raumkurve K gehören unendlich viele Evoluten, die alle auf der Evolutenfläche von K liegen.

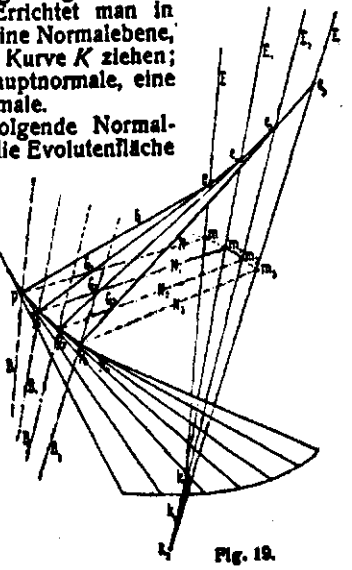


Fig. 19.

Evolventenfläche einer Raumkurve. Bewegt man eine Tangente ohne Gleiten längs einer Raumkurve, ſo beſchreibt jeder Punkt der Tangente bei dieſer Bewegung eine Evolvente der Raumkurve. Zu einer Raumkurve gehören unendlich viele Evolventen, die alle auf der Tangentenfläche der Raumkurve liegen; erſtere iſt ſomit auch die Evolventenfläche der letzteren.

Krümmungslinien der abwickelbaren Flächen. Die Evolventen einer Raumkurve ſind Linien auf ihrer abwickelbaren Fläche, deren Normalen in aufeinander folgenden Punkten ſich ſchneiden. Das gleiche iſt der Fall hinſichtlich der Normalen längs den Punkten der Erzeugenden der abwickelbaren Fläche. Dieſe beiden Syſteme von Linien, die ſich überall rechtwinklig durchſchneiden, nennt man die **Krümmungslinien der abwickelbaren Fläche.**

Aſymptoten- oder Richtungskegel der abwickelbaren Fläche. Zieht man durch einen beliebigen Punkt des Raumes zu allen Erzeugenden der abwickelbaren Fläche Parallellinien, ſo bilden letztere die Mantelfläche eines Kegels, welche der Aſymptoten- oder Richtungskegel der abwickelbaren Fläche heißt. Seine Tangentialebenen ſind parallel zu denen der abwickelbaren Fläche.

Tangentialebene einer abwickelbaren Fläche bei nicht gegebenem Berührungspunkt. Soll von einem Punkte außerhalb der Fläche eine Tangentialebene an die Fläche konſtruiert werden, ſo legt man im allgemeinen durch den Punkt eine Ebene, ermittelt deren Schnitt mit der Fläche und zeichnet an die Schnittkurve durch den gegebenen Punkt die möglichen Tangenten; die Erzeugenden durch deren Berührungspunkte beſtimmen mit den zugehörigen Tangenten die möglichen Tangentialebenen. Liegt der Punkt in unendlicher Ferne auf einer gegebenen Geraden, ſo legt man parallel zu der letzteren an den Richtungskegel die möglichen Tangentialebenen (ſ. **Kegelfläche**) und ermittelt die zu dieſen parallelen Tangentialebenen der abwickelbaren Fläche. Iſt der gegebene Punkt, gleichviel ob er in endlicher oder unendlicher Ferne ſich befindet, eine Lichtquelle, von der aus die Fläche Licht erhält, ſo begrenzen die Berührungslinien der von dem Punkte an die Fläche gelegten Tangentialebenen den Selbſtſchatten (ſ. **Schattenkonſtruktionen**) auf der Fläche [1].

Abwicklung des Mantels einer abwickelbaren Fläche in eine Ebene. Bei der Entwicklung einer abwickelbaren Fläche bleiben alle Winkel und Längen auf der Fläche ungeändert. Die Erzeugenden bilden alſo vor und nach der Abwicklung unter ſich und mit irgend einer auf der Fläche liegenden Kurve die nämlichen Winkel. Anders verhält es ſich hinſichtlich der Krümmung einer Kurve. Sind (ſ. Fig. 20) $a\,b\,c$ drei aufeinander folgende Punkte einer auf einer abwickelbaren Fläche liegenden Kurve, ſo geht durch die Punkte a, b, c, ein Krümmungskreis der Kurve. Wird nun das Flächenelement BC in die Ebene AB um die Kante B gedreht, ſo beſchreibt C einen ſenkrechten Kreiskegel mit B als Achſe und m als Mittelpunkt. Da nun aber der Winkel η als unendlich klein angenommen werden kann, ſo iſt Winkel $bc'c$ ein rechter, d. h. man erhält bc' als Projektion von bc in die Ebene AB. Projiziert man den ganzen Krümmungskreis K in die Ebene AB, ſo ergibt ſich als Projektion eine Ellipſe, deren Krümmungskreis im Punkte b den Krümmungskreis für die Abwicklung der Kurve K darſtellt. Sind nun ϱ und ϱ_n die Krümmungshalbmeſſer vor und nach der Abwicklung und bezeichnet W den Winkel der Tangentialebene mit der Ebene des Krümmungskreiſes im fraglichen Punkte, ſo iſt die kleine Achſe der Ellipſe, die als Projektion des Krümmungskreiſes in die Tangentialebene AB ſich ergibt, gleich $2\varrho \cdot \cos W$; für den Endpunkt der kleinen Achſe iſt aber der Krümmungshalbmeſſer $\varrho_n = \frac{\varrho^2}{\varrho \cdot \cos W} = \frac{\varrho}{\cos W}$. Für $W = 0$ erhält man $\varrho = \varrho_n$, für $W = 90°$ iſt $\varrho_n = \infty$. Das erſte iſt der Fall für alle Punkte der Rückkehrkante einer abwickelbaren Fläche, woraus folgt, daß für die Rückkehrkante einer abwickelbaren Fläche die Krümmung durch die Abwicklung des Flächenmantels in eine Ebene ungeändert bleibt. Steht die Tangentialebene eines Punktes einer Kurve auf der zugehörigen Schmiegungsebene des Kurvenpunktes ſenkrecht, ſo erhält die Kurve nach der Abwicklung in dem entſprechenden Punkte einen Wende- oder Inflexionspunkt. Zeichnet man auf der abgewickelten Fläche eine Linie mit lauter Wendepunkten, d. h. eine Gerade, ſo entſpricht derſelben auf der Fläche eine Linie, deren ſämtliche Schmiegungsebenen auf den zugehörigen Tangentialebenen ſenkrecht ſtehen; ſie heißt eine geodätiſche Linie und iſt die kürzeſte Verbindungslinie zwiſchen zwei Punkten der Fläche.

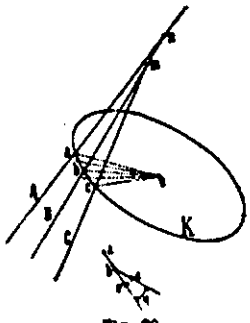


Fig. 20.

Rektifizierende abwickelbare Fläche einer Raumkurve. Legt man durch ſämtliche Tangenten und die zugehörigen Binormalen einer Raumkurve Ebenen, ſo bilden letztere eine abwickelbare Fläche, deren Tangentialebenen auf den entſprechenden Schmiegungsebenen der Raumkurve ſenkrecht ſtehen; letztere iſt ſomit eine geodätiſche Linie dieſer abwickelbaren Fläche und verwandelt ſich bei der Abwicklung der letzteren in eine gerade Linie.

Algebraiſche abwickelbare Flächen und Raumkurven. Eine Raumkurve heißt **algebraiſch**, wenn ſie von einer Ebene in einer endlichen Anzahl von Punkten geſchnitten wird, im Gegenſatz zu einer **tranſzendenten** Raumkurve, deren Schnittpunkte mit einer Ebene unzählig viele ſein können. Die Tangentenfläche einer algebraiſchen Raumkurve iſt eine algebraiſche abwickelbare Fläche, ſie wird von einer Geraden in einer endlichen Anzahl von Punkten getroffen.

Charaktere einer Raumkurve bezw. deren abwickelbarer Fläche. Man unterſcheidet bei einer Raumkurve 1. ihre **Ordnung**, d. i. die Anzahl ihrer Schnittpunkte mit einer beliebigen Ebene, 2. ihren **Rang**, d. i. die Anzahl der Schnittpunkte ihrer Tangenten mit einer beliebigen Geraden, 3. ihre **Klaſſe**, d. i. die Anzahl der Schmiegungsebenen, die durch einen beliebigen Punkt des Raumes gehen. Bei einer abwickelbaren Fläche unterſcheidet man ebenſo 1. ihre **Ordnung**, ſie iſt gleich der Ordnung eines ebenen Schnittes der Fläche und gleich der Anzahl Schnittpunkte der Schnittkurve mit einer beliebigen Geraden ihrer Ebene — mit andern Worten: **Die Ordnung einer abwickelbaren Fläche iſt gleich dem Range ihrer Rückkehrkante**—; 2. ihre **Klaſſe**, ſie iſt gleich der Klaſſe eines ebenen Schnittes der Fläche und gleich der Anzahl Tangenten an die Schnittkurve von einem Punkte ihrer Linie. Die Klaſſe der abwickelbaren Fläche iſt gleich der Klaſſe ihrer Rückkehrkante.

Singularitäten der Raumkurve und ihrer abwickelbaren Fläche. Bei der Entſtehung der Raumkurve und ihrer abwickelbaren Fläche durch Bewegung eines Punktes bezw. einer Ebene können folgende Singularitäten auftreten: Der bewegliche Punkt bezw. die Ebene hält einen Augenblick in der Bewegung inne und kehrt die Bewegungsrichtung um; es entſteht im erſten Falle ein **ſtationärer Punkt** (ſ. Fig. 21), d. h. ein Rückkehrpunkt der Raumkurve, im zweiten Falle aber eine **ſtationäre Schmiegungsebene** der Kurve bezw. eine ſtationäre Tangentialebene der Fläche (ſ. Fig. 22). Außerdem unterſcheidet man **ſtationäre**

Tangenten, d. h. solche Tangenten, die drei unmittelbar aufeinander folgende Punkte enthalten (Fig. 23), Doppelpunkte, Doppelschmiegungs- bezw. Tangentialebenen, für die entweder der bewegliche Punkt oder die bewegliche Ebene zweimal durch dieselbe Stelle des Raumes hindurchgeht, endlich Doppeltangenten der Raumkurve oder Doppelerzeugende der Fläche, d. h. Linien, welche die Raumkurve in zwei verschiedenen Punkten berühren. Außer den Doppelelementen kann eine Raumkurve bezw. abwickelbare Fläche auch noch mehrfache Elemente besitzen, z. B. $k$fache Elemente, d. h. $k$fache Punkte, Tangenten, Schmiegungsebenen.

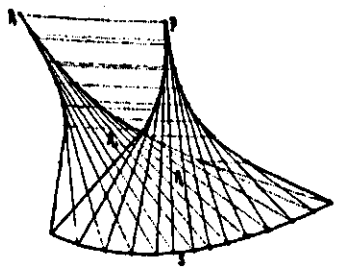


Fig. 21.

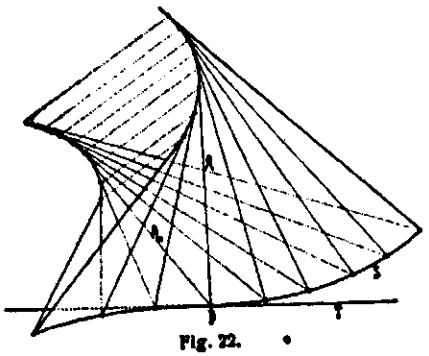


Fig. 22.

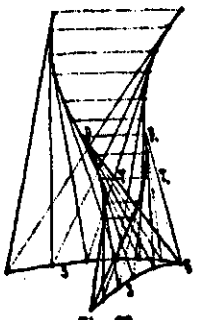


Fig. 23.

Zusammenhang einer Raumkurve mit ihrer Projektion auf einer Ebene. Eine Raumkurve $n$ter Ordnung hat als Projektion im allgemeinen eine Kurve n-ter Ordnung, denn erstere hat mit jeder projizierenden Ebene n Punkte gemeinsam; dieselbe Anzahl gemeinsamer Punkte besitzt aber auch die Spur der projizierenden Ebene mit der Projektion der Raumkurve. Die **Klasse der Projektion** ist gleich dem **Range** der Raumkurve, denn jede Tangente von einem beliebigen Punkte p der Projektionsebene ist die Projektion einer Tangente der Raumkurve, die den Projektionsstrahl durch p enthält. Die Ordnung bezw. Klasse der Projektion vermindert sich um eine Einheit, wenn das Projektionszentrum auf der Kurve bezw. auf einer Tangente der Kurve liegt.

Singularitäten der ebenen Projektion einer Raumkurve. Den Singularitäten einer Raumkurve entsprechen gewisse Singularitäten ihrer ebenen Projektion. Letztere besitzt so viele Rückkehrpunkte, als die Raumkurve stationäre Punkte hat (s. Fig. 21); außerdem erzeugt noch jede Tangente der Raumkurve, die das Projektionszentrum enthält, einen Rückkehrpunkt. Ist also β die Anzahl der stationären Punkte der Raumkurve und gehen ϱ Tangenten durch das Zentrum, so besitzt die Projektion $\beta + \varrho$ Rückkehrpunkte. Die Anzahl der stationären Tangenten der Projektion ist gleich der Anzahl der stationären Tangenten der Raumkurve (s. Fig. 23), außerdem erzeugt jede das Projektionszentrum enthaltende Schmiegungsebene eine weitere stationäre Tangente der Projektion. Ist also H die Anzahl der stationären Tangenten der Raumkurve und gehen m Schmiegungsebenen durch das Projektionszentrum, so ist die Anzahl der stationären Tangenten der Projektion $m + H$. Jedem Doppelpunkte der Raumkurve entspricht ein Doppelpunkt der Projektion; außerdem erzeugt aber jeder die Kurve zweimal schneidende Projektionsstrahl einen Doppelpunkt der Projektion. Ist also D die Anzahl der Doppelpunkte der Raumkurve und schneiden h Projektionsstrahlen die Kurve doppelt, so besitzt die Projektion $D + h$ Doppelpunkte. Jeder Doppeltangente der Raumkurve entspricht eine Doppeltangente der Projektion, ebenso erzeugt jede die Fläche doppelt berührende projizierende Ebene eine Doppeltangente der Projektion. Ist d die Anzahl der Doppeltangenten der Raumkurve und berühren y projizierende Ebenen die Kurve doppelt, so hat die Projektion $d + y$ Doppeltangenten.

Singularitäten eines ebenen Schnittes einer abwickelbaren Fläche. Ein ebener Schnitt einer abwickelbaren Fläche besitzt Singularitäten, und zwar **Rückkehrpunkte**: Jeder Schnittpunkt der Rückkehrkante der Fläche mit der Schnittebene wird ein Rückkehrpunkt der Schnittkurve, desgleichen jeder Schnittpunkt mit einer stationären Erzeugenden der Fläche (s. Fig. 23). Die Gesamtzahl der Rückkehrpunkte eines ebenen Schnittes ist also gleich $n + \Theta$, n die Ordnung der Rückkehrkante und Θ die Anzahl ihrer stationären Tangenten. **Stationäre oder Wendetangenten**: Die Spur jeder stationären Tangentialebene der Fläche gibt eine stationäre Tangente der Schnittkurve (s. Fig. 23), ihre Gesamtzahl ist gleich α. **Doppelpunkte**: Gehen durch einen Punkt der Schnittkurve zwei Erzeugende der Fläche, so ist derselbe ein Doppelpunkt der Schnittkurve, außerdem gibt die Spur einer jeden Doppelerzeugenden der Fläche einen Doppelpunkt der Schnittkurve. Die Gesamtzahl ist $x + d$, x die Anzahl der erstgenannten Punkte, d die Zahl der Doppelerzeugenden der Fläche. **Doppeltangenten**: Die Spur jeder Doppeltangential- oder Schmiegungsebene gibt eine Doppeltangente der Schnittkurve; sind außerdem in der Schnittebene noch g Gerade vorhanden, durch die je zwei Tangentialebenen an die Fläche möglich sind, so ist die Anzahl der Doppeltangenten der Schnittkurve gleich $\Delta + g$, Δ die Anzahl der Doppeltangentialebenen. Der Schnittkurve kommen überdies noch unendlich ferne Punkte zu, wenn nämlich Erzeugende der Fläche parallel zur Schnittebene gerichtet sind. Die Kurve hat dann Asymptoten; man erhält sie als Schnittlinien der Tangentialebenen in den unendlich fernen Punkten mit der Schnittebene. Zwischen den Charakteren n, m, r, x, y, h, g, α und β bestehen die folgenden, nach ihrem Entdecker Cayley benannten sechs Gleichungen:

1. $r = n(n-1) - 2h - 3\beta$
2. $n = r(r-1) - 2y - 3m$
3. $m - \beta = 3(r-n)$
4. $m = r(r-1) - 2x - 3n$
5. $r = m(m-1) - 2g - 3\alpha$
6. $\alpha - n = 3(m-r)$.

Sind von den Charakteren der Raumkurve drei beliebig, jedoch mit Ausnahme der Zuſammenſtellung r, x, β oder r, y, α gegeben, ſo laſſen ſich die übrigen ſechs mit Hilfe der obenſtehenden Gleichungen ermitteln.

Geſchlecht einer Raumkurve. Hierunter verſteht man die Beziehungen

$$p = \tfrac{1}{2}(n-1)(n-2) - h - \beta \qquad p = \tfrac{1}{2}(r-1)(r-2) - y - r$$
$$p = \tfrac{1}{2}(r-1)(r-2) - x - n \qquad p = \tfrac{1}{2}(m-1)(m-2) - g - \alpha.$$

Es iſt ſomit das Geſchlecht einer Raumkurve dem Geſchlechte ihrer ebenen Projektion und jenem eines ebenen Schnittes ihrer abwickelbaren Fläche gleich.

Durch jeden Punkt des Raumes gehen an eine Raumkurve y doppelt berührende Ebenen; die Geſamtheit dieſer Ebenen umhüllt eine der Raumkurve doppelt umſchriebene abwickelbare Fläche. In jeder Ebene gibt es x Punkte, in denen ſich zwei Erzeugende einer abwickelbaren Fläche ſchneiden. Die Geſamtheit aller dieſer Punkte gehört einer Kurve an, die eine Doppelkurve der abwickelbaren Fläche darſtellt. Nach dieſer Doppelkurve durchſchneidet ſich die Fläche ſelbſt. Die Klaſſe der doppelt umſchriebenen abwickelbaren Fläche [2] iſt $\tfrac{1}{2}[r(r-1) - n - 3m]$, die Ordnung der Doppelkurve $\tfrac{1}{2}[r(r-1) - m - 3n]$.

Das Bewegungsgeſetz für eine Ebene kann gegeben ſein durch die Bedingung, daß die Ebene in allen ihren Lagen a) Schmiegungsebene längs den Punkten einer Raumkurve ſein ſoll, b) zwei gegebene Leitkurven oder Leitflächen berühren, c) eine Leitkurve und eine Leitfläche berühren, d) eine Leitkurve doppelt berühren, d. h. ihr doppelt umſchrieben ſein ſoll. — Unter allen abwickelbaren Flächen mit gegebener Rückkehrkurve iſt geometriſch intereſſant und techniſch wichtig die abwickelbare Schraubenfläche; bei ihr iſt die Rückkehrkante eine Schraubenlinie; die Erzeugenden der Fläche ſind gebildet durch die ſämtlichen Tangenten der Schraubenlinie (ſ. Schraubenflächen). Unter den möglichen Flächen im Falle b) ſollen nur die folgenden genannt werden: α) Die beiden Leitkurven ſind Kreiſe oder Kegelſchnitte und liegen in parallelen Ebenen; in beiden Fällen entſtehen als abwickelbare Fläche zwei Kegelflächen zweiten Grades, deren Mittelpunkte auf der Verbindungslinie der Mittelpunkte der gegebenen Leitkurven liegen und dieſe Linie im Verhältnis der Längen von zwei parallelen Halbmeſſern der genannten Kurven teilen. β) Die beiden Leitkurven ſind Kreiſe bezw. Kegelſchnitte, in zwei unter einem beliebigen Winkel zueinander geneigten Ebenen; die abwickelbare Fläche iſt eine Fläche von der achten Ordnung und vierten Klaſſe und beſitzt die gegebenen Kegelſchnitte als Doppellinien und überdies zwei weitere Kegelſchnitte als Doppelkurven. Liegt einer der beiden Leitkegelſchnitte in unendlicher Ferne und iſt erſetzt durch einen ſenkrechten Kreiskegel als Richtungskegel, ſo iſt die abwickelbare Fläche eine Böſchungsfläche; ihre Tangentialebenen beſitzen ſämtlich gegen eine zur Achſe des Leitkegels ſenkrechte Ebene die nämliche Neigung. γ) Die beiden Leitflächen ſind Flächen zweiten Grades; die denſelben umſchriebene abwickelbare Fläche iſt eine Fläche von der achten Ordnung und der vierten Klaſſe, ſie beſitzt vier Kegelſchnitte als Doppelkurven und geht in zwei Kegelflächen zweiten Grades über für den Fall, daß die Leitflächen Kugeln werden. Iſt eine der gegebenen Leitflächen leuchtend, die andre beleuchtet, ſo bilden die Berührungskurven ihrer gemeinſam umſchriebenen abwickelbaren Fläche die Grenze des Halb- bezw. Kernſchattens (ſ. Flächen zweiten Grades, S. 66). Der Fall c) iſt von Wichtigkeit, wenn die Leitkurve ein Kegelſchnitt iſt, und zwar eine in unendlicher Ferne liegende Kreislinie, die durch einen ſenkrechten Kreiskegel erſetzt iſt. Die entſtehende abwickelbare Fläche iſt dann wieder eine Böſchungsfläche. Wird die Fläche in der Richtung der Achſe des Kegels durch parallele Lichtſtrahlen beleuchtet, ſo ſtellt die genannte Böſchungsfläche eine Fläche gleicher Beleuchtungsſtärke dar, und ihre Berührungslinie mit der Fläche iſt eine Linie gleicher Beleuchtungsſtärke, das iſt eine Iſophote (ſ. Schattenkonſtruktionen). Im Falle d) gibt es außer der Tangentenfläche der Raumkurve im allgemeinen ſtets noch eine weitere abwickelbare Fläche, deren Erzeugende die Kurve doppelt berühren; eine Ausnahme hiervon macht nur die Raumkurve dritter Ordnung, die außer ihrer Tangentenfläche eine weitere, ihr doppelt umſchriebene abwickelbare Fläche nicht beſitzt; ſ. a. Zylinder und Kegelflächen. — Beleuchtung der abwickelbaren Flächen. Wird eine abwickelbare Fläche durch parallele Lichtſtrahlen beleuchtet, ſo ergibt ſich ihr zugehöriges Iſophotenſyſtem mittels des Richtungskegels; die Iſophoten für eine abwickelbare Fläche ſind Mantellinien oder Erzeugende der Fläche und parallel zu den entſprechenden Iſophoten des Richtungskegels. S. a. Kegelflächen, Böſchung und Schraubenflächen [3], [4] und [5].

Erzeugung einer windſchiefen Fläche. Das Bewegungsgeſetz der Geraden kann dadurch gegeben ſein, daß die bewegte Gerade entweder drei gegebene Kurven, die Leitlinien, in jeder ihrer Lagen treffen, oder aber, daß ſie drei gegebene Flächen, die Leitflächen, ſtets berühren ſoll. Sind die Leitlinien oder Leitflächen algebraiſch, ſo iſt auch die windſchiefe Fläche eine algebraiſche Fläche von beſtimmter Ordnung und Klaſſe, und zwar ſind Ordnung und Klaſſe ſtets einander gleich, weshalb man von windſchiefen Flächen beſtimmten Grades ſprechen kann. Der Grad n einer windſchiefen Fläche läßt ſich aus den Ordnungszahlen n_1, n_2 und n_3 ihrer Leitlinien A_1, A_2 und A_3 ausdrücken, und zwar erhält man $n = 2 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$. Dieſe Gradzahl vermindert ſich, ſobald die Leitlinien gemeinſame Punkte beſitzen, und zwar wird, wenn s_3, s_2 und s_1 die Zahl der gemeinſamen Punkte zwiſchen den Leitlinien A_1, A_2 und A_3 bezeichnen, $n = 2 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 - n_1 s_1 - n_2 s_2 - n_3 s_3$. Es iſt klar, daß die Leitlinien A_1, A_2, A_3 vielfache Kurven der windſchiefen Fläche darſtellen, und zwar beträgt der Grad der Vielfachheit $n_2 \cdot n_3$, $n_1 \cdot n_3$ und $n_1 \cdot n_2$ bezw. und verringert ſich um die Beträge $n_2 n_3 - s$, $n_1 n_3 - s_2$ und $n_1 \cdot n_2 - s_3$ beim Vorhandenſein von s_1, s_2 und s_3 gemeinſamen Punkten zwiſchen den gegebenen Leitlinien. Die Leitlinien können aus geraden oder krummen Linien beſtehen. Folgende vier Hauptgruppen von windſchiefen Flächen ſind denkbar: 1. die drei Leitlinien ſind gerade, man erhält die windſchiefen

Flächen zweiten Grades; 2. zwei Leitlinien sind gerade, eine Leitlinie ist krumm; 3. eine Leitlinie ist gerade, zwei sind krumm; 4. alle drei Leitlinien sind krumm. In allen vier Fällen kann überdies eine der Leitlinien in unendlicher Ferne liegen. Liegt eine gerade Leitlinie in unendlicher Ferne, so ist sie ersetzt durch eine Ebene, zu der die Erzeugenden der Fläche parallel laufen; man erhält eine windschiefe Fläche mit einer Leit- oder Richtungsebene. Ist dagegen eine krumme Leitlinie im Unendlichen vorausgesetzt, so ist sie ersetzt durch einen Kegel, zu dessen Mantellinien die Erzeugenden der windschiefen Fläche parallel laufen müssen, und man erhält eine windschiefe Fläche mit einem Leit- oder Richtungskegel.

Tangentialebene einer windschiefen Fläche. Jede durch eine Erzeugende B einer windschiefen Fläche gelegte Ebene E ist eine Tangentialebene der windschiefen Fläche; ihr Berührungspunkt mit der Fläche ist der Schnittpunkt b der Verbindungslinie cd der Schnittpunkte c und d der Nachbarerzeugenden C und D von B mit der Ebene E. Diese Verbindungslinie ist zugleich Tangente an die Schnittkurve der Tangentialebene E mit der windschiefen Fläche. Die Erzeugende B und die Tangente cd bilden die beiden Haupttangenten der windschiefen Fläche im Punkte b. Die Gesamtheit aller durch eine Erzeugende B gehenden Tangentialebenen der windschiefen Fläche bildet ein Ebenenbüschel projektiv zu der Punktreihe ihrer Berührungspunkte längs der Erzeugenden. Die sämtlichen zweiten Haupttangenten längs den Punkten einer Erzeugenden einer windschiefen Fläche liegen auf einem windschiefen Hyperboloide, das sich längs der Erzeugenden an die windschiefe Fläche anschmiegt. Im übrigen gibt es längs einer Erzeugenden einer windschiefen Fläche unzählig viele die windschiefe Fläche berührende windschiefe Hyperboloide bezw. windschiefe Paraboloide. Zu jeder Tangentialebene längs den Punkten einer windschiefen Fläche geht durch ihren Berührungspunkt mit der Fläche eine Normale zu letzterer, und diese Normalen bilden ein windschiefes Paraboloid, das zur Erzeugenden gehörige Normalenparaboloid. Eine Tangentialebene einer windschiefen Fläche schneidet aus letzterer im allgemeinen eine Kurve $n$ter Ordnung heraus, die in die gerade Erzeugende und in eine Kurve von der Ordnung $n-1$ zerfällt. Letztere trifft die Erzeugende einerseits in dem Berührungspunkt der Tangentialebene mit der Fläche und außerdem in $n-2$ Punkten, in denen die Erzeugende noch von andern Erzeugenden der Fläche getroffen wird, welche Punkte also einer Doppellinie der Fläche angehören. In den Punkten dieser Doppellinie besitzt die windschiefe Fläche zwei voneinander verschiedene Tangentialebenen, die aber unter besonderen Umständen zusammenfallen können. Solche Punkte, in denen dies stattfindet, heißen Kuspidalpunkte der Fläche. Es kann endlich bei der Bewegung einer Geraden auch vorkommen, daß dieselbe zwei- oder mehreremal dieselbe Lage im Raum einnimmt; eine solche Erzeugende ist dann eine Doppel- oder mehrfache Erzeugende der windschiefen Fläche. Liegt der Berührungspunkt einer Tangentialebene mit einer windschiefen Fläche in unendlicher Ferne, so heißt die Ebene eine asymptotische Ebene der Fläche; eine durch die Erzeugende senkrecht zur asymptotischen Ebene geführte Tangentialebene hat als Berührungspunkt jenen Punkt, der der Nachbarerzeugenden am nächsten liegt; er heißt der Mittel- oder Zentralpunkt der Erzeugenden. Die sämtlichen Mittelpunkte der Erzeugenden liegen auf der Striktionslinie der windschiefen Fläche.

Ebener Schnitt einer windschiefen Fläche. Eine beliebige Ebene durchschneidet eine windschiefe Fläche $n$ten Grades nach einer Linie $n$ter Ordnung, die eine Anzahl Doppel- oder vielfacher Punkte enthalten kann, je nachdem die Schnittebene die auf der windschiefen Fläche vorhandenen Doppel- oder mehrfachen Erzeugenden trifft. Enthält die Schnittebene eine Erzeugende, ist also eine Tangentialebene der windschiefen Fläche, so zerfällt der ebene Schnitt in eine Gerade und eine Linie $n-1$ter Ordnung. Geht die Schnittebene durch zwei nicht benachbarte Erzeugende hindurch, so besteht die Schnittkurve aus zwei Geraden und aus einer Linie von der $n-2$ten Ordnung.

Tangentenkegel an einer windschiefen Fläche. Soll von einem nicht auf der Oberfläche einer windschiefen Fläche liegenden Punkte ein Tangentenkegel an die Fläche gelegt werden, so führt man durch den Punkt und jede Erzeugende je eine Ebene und bestimmt deren Berührungspunkt mit der Fläche. Die Verbindungslinie dieser Berührungspunkte ist die Berührungslinie des Tangentenkegels; sie stellt, im Falle die Spitze des Tangentenkegels eine Lichtquelle ist, die Selbstschattengrenze der windschiefen Fläche dar. Der Schlagschatten der windschiefen Fläche auf eine bestimmte Ebene ist dann durch den Durchschnitt des Tangentenkegels mit der genannten Ebene festgelegt. Die windschiefen Flächen finden mannigfache Anwendung in der Technik, so als Fugenflächen bei Steinkonstruktionen, wie z. B. beim schiefen Tonnengewölbe (s. Gewölbe), ferner als Laibungsflächen für Gewölbe (windschiefe Wölbfläche), dann als Schraubenflächen im Maschinenbau.

Erzeugung einer Umhüllungsfläche. Eine solche Fläche entsteht durch Bewegung irgend einer Fläche nach einem bestimmten Gesetze, etwa derart, daß irgend ein in fester Verbindung mit der beweglichen Fläche befindlicher Punkt eine gegebene Leitlinie durchläuft. Hierbei kann die bewegliche Fläche ihre Gestalt unverändert beibehalten oder diese ebenfalls nach einem gegebenen Gesetze ändern. In beiden Fällen schneiden sich je zwei aufeinander folgende Lagen der beweglichen Fläche nach einer Linie, der Charakteristik der Umhüllungsfläche. Ist z. B. die bewegliche Fläche eine Kugel, so bestehen die Charakteristiken aus Kreisen, deren Ebenen senkrecht stehen auf der jeweiligen Bewegungsrichtung. So ist z. B. in Fig. 2 eine Umhüllungsfläche dargestellt, die zugleich eine Umdrehungsfläche ist. Ihre Leitlinie ist eine Kreislinie, die Charakteristiken sind gleichfalls Kreislinien und stehen senkrecht zur Leitlinie. Ist die Leitlinie eine Schraubenlinie und die bewegliche Fläche eine Kugel, deren Mittelpunkt auf der Schraubenlinie fortrückt, so entsteht als Umhüllungsfläche die schraubenförmige Röhrenfläche, s. Schraubenflächen. Auch der senkrechte Kreiszylinder bezw. Kreiskegel, desgleichen alle Umdrehungsflächen sind gleichzeitig Umhüllungsflächen von Kugeln, bei denen der Mittelpunkt auf der Achse der Um-

drehungsfläche ſich bewegt, während der Halbmeſſer entweder unverändert bleibt oder ſich nach einem beſtimmten, durch die Meridianlinie ausgedrückten Geſetze verändert. Tangentialebene, Tangentenkegel bezw. -zylinder, desgleichen ebene Schnitte können mit Zuhilfenahme der beweglichen Fläche und der zugehörigen Charakteriſtiken konſtruktiv ermittelt werden. Vgl. a. die beſonderen Artikel: Flächentheorie, Flächen zweiten Grades, Ebene, Enveloppen, Fußpunktflächen, Kegelflächen, Konoidflächen, Schraubenflächen, Zylinderflächen, Cylindroid u. ſ. w. in analytiſcher Behandlung.

Literatur: [1] Fiedler, Die darſtellende Geometrie der krummen Linien und Flächen, Leipzig 1885. — [2] Peſchka, Darſtellende und projektive Geometrie, Bd. 2, Wien 1884. — [3] Wiener, Lehrbuch der darſtellenden Geometrie, Bd. 2, Leipzig 1887. — [4] De la Gournerie, Traité de géométrie descriptive, Paris 1880, Bd. 2. — [5] Gugler, Lehrbuch der deſkriptiven Geometrie, Stuttgart 1874. — [6] Rohn und Papperitz, Darſt. Geometrie, 1893—96. *Vonderlinn.*

Flächen zweiten Grades (vgl. a. Flächentheorie).

A. Eine Fläche zweiter Ordnung (Quadrifläche) hat die Gleichung $a_{11}x^2+2a_{12}xy+a_{22}y^2+2a_{13}xz+2a_{23}yz+a_{33}z^2+2a_{14}x\omega+2a_{24}y\omega+2a_{34}z\omega+a_{44}\omega^2=0$ (wo ω die homogeniſierende Veränderliche). Sie iſt durch neun Punkte beſtimmt. Die Polarebene eines beliebigen Punkts (Pols) (a, b, c, d) in bezug auf dieſelbe iſt:

$$a(a_{11}x+a_{12}y+a_{13}z+a_{14}\omega)+b(a_{12}x+a_{22}y+a_{23}z+a_{24}\omega)+c(a_{13}x+a_{23}y+a_{33}z+a_{34}\omega)+d(a_{14}x+a_{24}y+a_{34}z+a_{44})=0.$$

Auf jedem Strahl durch den Pol trennt dieſer und die Polarebene die beiden Schnittpunkte mit der Fläche harmoniſch. Die Polarebene eines Flächenpunkts in bezug auf die Fläche iſt die Tangentialebene in demſelben. Die Polarebenen aller Punkte einer Geraden gehen durch eine Gerade, die Polargerade der erſteren. Vier Punkte, von denen je drei auf der Polarebene des vierten liegen, bilden ein Polartetraeder. Je zwei Flächen zweiter Ordnung beſitzen ein gemeinſames Polartetraeder. Der Pol der unendlich fernen Ebene heißt Mittelpunkt der Fläche; derſelbe fällt ins Unendliche, wenn die Fläche die unendlich ferne Ebene berührt. Durch den Mittelpunkt gehen drei Ebenen (Hauptebenen), die auf den Richtungen nach ihren unendlich fernen Polen ſenkrecht ſtehen und die ſich in den drei Hauptachſen ſchneiden (ſ. Durchmeſſer). Wird der Mittelpunkt zum Urſprung und die Hauptebenen zu Koordinatenebenen gemacht, ſo enthält die Flächengleichung nur quadratiſche Glieder. — Die Einteilung der Flächen zweiter Ordnung iſt folgende:

Es ſei $\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} & a_{34} \\ a_{14} & a_{24} & a_{34} & a_{44} \end{vmatrix} = A$; A_{ik} die Unterdeterminante von a_{ik} in A; ferner

$$\varphi_1 = a_{ii}(a_{ii}a_{kk}-a_{ik}^2);\ \varphi_2 = a_{ii};\ \varphi_3 = A_{44}(a_{ii}a_{kk}-a_{ik}^2);\ \varphi_4 = A\cdot A_{44}$$

(wo i und k irgend welche der Zahlen 1, 2, 3 ſind). Dann ſind zu unterſcheiden:

1. $A \gtrless 0$. **Eigentliche Flächen zweiter Ordnung.**

a) $A_{44} \gtrless 0$. Mittelpunktsflächen:

Alle Größen φ haben gleiches Zeichen: imaginäres Ellipſoid $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}+1=0$.

Die Größen $\varphi_1\varphi_2\varphi_3$ haben gleiches, φ_4 entgegengeſetztes Zeichen: reelles Ellipſoid $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}=1$. Die Fläche wird von jeder Ebene in einer reellen oder imaginären Ellipſe geſchnitten; ſie liegt ganz im Endlichen; a, b, c heißen Halbachſen.

Zwei der Größen φ ſind poſitiv, zwei negativ: einmanteliges Hyperboloid $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}-\frac{z^2}{c^2}=1$. Die Fläche wird von jeder Ebene in einer reellen Ellipſe, einer Parabel oder einer Hyperbel geſchnitten. Sie beſteht nur aus einem einzigen, ſich ins Unendliche erſtreckenden Mantel und enthält zwei Scharen von reellen Geraden

$$\left\{\begin{matrix} \frac{x}{a}+\frac{z}{c}=\lambda\left(1+\frac{y}{b}\right) \\ \lambda\left(\frac{x}{a}-\frac{z}{c}\right)=1-\frac{y}{b} \end{matrix}\right\} \text{ und } \left\{\begin{matrix} \frac{x}{a}+\frac{z}{c}=\mu\left(1-\frac{y}{b}\right) \\ \mu\left(\frac{x}{a}-\frac{z}{c}\right)=1+\frac{y}{b} \end{matrix}\right\}.$$

Jede Schargerade ſchneidet alle Geraden der andern und keine der eignen Schar. Die Fläche iſt der Ort einer Geraden, die immer drei Gerade ſchneidet; ſie iſt eine windſchiefe Regelfläche.

Von den Größen $\varphi_1\varphi_2\varphi_3$ haben zwei dasſelbe Vorzeichen wie φ_4, die dritte das entgegengeſetzte: Zweimanteliges Hyperboloid $\frac{x^2}{a^2}-\frac{y^2}{b^2}-\frac{z^2}{c^2}=1$. Die Fläche wird von jeder Ebene in einer reellen oder imaginären Ellipſe, Parabel oder Hyperbel geſchnitten. Sie enthält keine reellen Geraden und beſteht aus zwei Mänteln, die im Unendlichen zuſammenhängen.

b) $A_{44}=0$ Paraboloide. Der Mittelpunkt liegt im Unendlichen.

φ_1 und φ_2 haben gleiches Zeichen: elliptiſches Paraboloid $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=\frac{2z}{c}$. Die Fläche wird von jeder Ebene in einer reellen oder imaginären Ellipſe oder in einer Parabel geſchnitten und erſtreckt ſich ins Unendliche. Sie enthält keine reellen Geraden.

φ_1 und φ_2 haben entgegengeſetzte Vorzeichen: hyperboliſches Paraboloid $\frac{x^2}{a^2}-\frac{y^2}{b^2}=\frac{2z}{c}$. Die Fläche wird von jeder Ebene in einer Parabel oder Hyperbel geſchnitten;

ſie iſt ſattelförmig und hat mit der unendlich fernen Ebene ein Geradenpaar gemein. Sie enthält zwei Scharen von Geraden $\left\{\begin{matrix}\frac{x}{a}+\frac{y}{b}=\frac{2z}{\lambda c}\\ \frac{x}{a}-\frac{y}{b}=\lambda\end{matrix}\right\}$ und $\left\{\begin{matrix}\frac{x}{a}+\frac{y}{b}=\mu\\ \frac{x}{a}-\frac{y}{b}=\frac{2z}{\mu c}\end{matrix}\right\}$ und iſt der Ort einer Geraden, die immer zwei andre ſchneidet und zu einer gegebenen Ebene parallel bleibt.

2. $A=0$; nicht alle erſten Unterdeterminanten A_{ik} von A verſchwinden. **Kegelflächen.**

a) $A_{44}\gtrless 0$. **Eigentliche Kegelflächen.**

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ haben gleiche Vorzeichen: **imaginärer Kegel** $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}=0$. Derſelbe hat nur die Spitze als einzigen reellen Punkt.

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ haben nicht gleiche Vorzeichen: **reeller Kegel** $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}-\frac{z^2}{c^2}=0$. Derſelbe wird von jeder Ebene in einer reellen Ellipſe, Parabel oder Hyperbel (oder einem Geradenpaar) geſchnitten. Er erſtreckt ſich ins Unendliche, iſt eine abwickelbare Regelfläche und enthält eine Schar von Geraden: $\left\{\begin{matrix}\frac{x}{a}+\frac{z}{c}=-\frac{y}{b\lambda}\\ \frac{x}{a}-\frac{z}{c}=-\frac{\lambda y}{b}\end{matrix}\right\}$, die alle durch die Spitze gehen.

b) $A_{44}=0$. **Zylinderflächen.**

φ_1 und φ_2 haben gleiche Vorzeichen: **elliptiſcher Zylinder** $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$. Die Fläche wird von jeder Ebene in einer Ellipſe (oder einem Parallelenpaar) geſchnitten, erſtreckt ſich ins Unendliche und enthält eine Schar von parallelen Geraden: $\left\{\begin{matrix}\frac{x}{a}+1=-\frac{\lambda y}{b}\\ \frac{x}{a}-1=-\frac{y}{\lambda b}\end{matrix}\right\}$.

φ_1 und φ_2 haben verſchiedene Vorzeichen: **hyperboliſche Zylinder** $\frac{x^2}{a^2}-\frac{y^2}{b^2}=1$. Die Fläche wird von jeder Ebene in einer Hyperbel (oder in einem Parallelenpaar) geſchnitten, erſtreckt ſich ins Unendliche und enthält eine Schar von Geraden: $\left\{\begin{matrix}\frac{x}{a}+1=\frac{\lambda y}{b}\\ \frac{x}{a}-1=\frac{y}{\lambda b}\end{matrix}\right\}$.

$\varphi_1=\varphi_2=0$. **Paraboliſcher Zylinder** $\frac{x^2}{a^2}=-\frac{2y}{b}$. Die Fläche wird von jeder Ebene in einer Parabel (oder einem Parallelenpaar) geſchnitten, erſtreckt ſich ins Unendliche und enthält eine Schar von Geraden: $\left\{\begin{matrix}\frac{x}{a}=\lambda\\ \frac{x}{a}=\frac{2y}{\lambda b}\end{matrix}\right\}$.

3. $A=0$; alle $A_{ik}=0$, nicht alle Unterdeterminanten zweiter Ordnung verſchwinden: **Ebenenpaare.**

φ_1 und φ_2 haben gleiches Vorzeichen: **imaginäres Ebenenpaaar** $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=0$.

φ_1 und φ_2 haben entgegengeſetztes Vorzeichen: **reelles Ebenenpaar** $\frac{x^2}{a^2}-\frac{y^2}{b^2}=0$.

$\varphi_1=\varphi_2=0$. **Parallelebenenpaar** $\frac{x^2}{a^2}\pm 1=0$.

4. Alle Unterdeterminanten zweiter Ordnung verſchwinden: **Doppelebene** $x^2=0$.

Zu den Flächen zweiter Ordnung gehören folgende **Drehungsflächen:**

Das **Drehungsellipſoid** $\frac{x^2+y^2}{a^2}+\frac{z^2}{c^2}=1$. Es entſteht durch Drehung einer Ellipſe um eine Hauptachſe und heißt abgeplattet (Sphäroid) oder verlängert, je nachdem $a\gtrless c$ iſt.

Das **einmantelige Drehungshyperboloid** $\frac{x^2+y^2}{a^2}-\frac{z^2}{c^2}=1$ entſteht durch Drehung einer Hyperbel um die imaginäre Achſe oder durch Drehung einer Geraden um eine zu ihr windſchiefe Gerade.

Das **zweimantelige Drehungshyperboloid** $\frac{x^2+y^2}{a^2}-\frac{z^2}{c^2}+1=0$ entſteht durch Drehung einer Hyperbel um die reelle Achſe.

Die **Kugel** $x^2+y^2+z^2=a^2$.

Das **Drehungsparaboloid** $\frac{x^2+y^2}{a^2}=\frac{2z}{c}$ entſteht durch Drehung einer Parabel um ihre Achſe.

Der **Drehungskegel** (gerade Kreiskegel) $\frac{x^2+y^2}{a^2}-\frac{z^2}{c^2}=0$ entſteht durch Drehung einer Geraden um eine ſie ſchneidende Gerade.

Der **Drehungszylinder** (Kreiszylinder) $\frac{x^2+y^2}{a^2}=1$ entſteht durch Drehung einer Geraden um eine Parallele zu derſelben.

Kreisſchnitte der Fläche zweiter Ordnung erhält man durch Ebenen parallel zu den Tangentialebenen in den Kreispunkten. Konfokal heißen zwei Flächen zweiter Ordnung $\frac{x^2}{L}+\frac{y^2}{M}+\frac{z^2}{N}=1$ und $\frac{x^2}{L-P}+\frac{y^2}{M-P}+\frac{z^2}{N-P}=1$. Alle zu einer gegebenen Fläche konfokalen Flächen bilden eine Schar, von der durch jeden Raumpunkt drei Flächen (ein Ellipſoid, ein einmanteliges und ein zweimanteliges Hyperboloid) hindurchgehen. Die Schnittkurve zweier Flächen zweiter Ordnung iſt eine Raumkurve vierter Ordnung erſter Spezies.

B. **Flächen zweiter Klaſſe.** Eine ſolche hat die Gleichung:
$A_{11}u^2+2A_{12}uv+A_{22}v^2+2A_{13}uw+2A_{23}vw+A_{33}w^2+2A_{14}ut+2A_{24}vt+2A_{34}wt+A_{44}t^2=0$.
Die Flächen zweiter Klaſſe ſind mit denjenigen zweiter Ordnung identiſch, wenn die Determinante $A'=\begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ A_{12} & A_{22} & A_{23} & A_{24} \\ A_{13} & A_{23} & A_{33} & A_{34} \\ A_{14} & A_{24} & A_{34} & A_{44} \end{vmatrix}$ nicht verſchwindet. Verſchwindet A', ſo kommen folgende neue Gattungen hinzu:

a) $A'=0$; nicht alle erſten Unterdeterminanten von A' verſchwinden: **Eigentlicher Kegelſchnitt.**

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ haben gleiches Vorzeichen: imaginärer Kegelſchnitt $\frac{u^2}{a^2}+\frac{v^2}{b^2}+1=0$.

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ haben nicht alle gleiche Vorzeichen: reeller Kegelſchnitt.

1. $\psi=(A_{44}A_{ll}-A_{l4}^2)(A_{44}A_{kk}-A_{k4}^2)-(A_{44}A_{lk}-A_{l4}A_{k4})^2$ (wo l, k irgend welche der Zahlen 1, 2, 3) poſitiv: Ellipſe $\frac{u^2}{a_3}+\frac{v^2}{b^2}=1$.

2. ψ negativ: Hyperbel $\frac{u^2}{a^2}-\frac{v^2}{b^2}=1$. 3. $A_{44}=0$. Parabel $\frac{u^2}{a^2}=\frac{2v}{b}$.

b) $A'=0$; alle erſten Unterdeterminanten von A', nicht aber alle zweiten verſchwinden: **Punktenpaare.**

φ_1 und φ_2 haben gleiches Zeichen: imaginäres Punktepaar: $\frac{u^2}{a^2}+\frac{v^2}{b^2}=0$.

φ_1 und φ_2 haben verſchiedene Zeichen: reelles Punktepaar: $\frac{u^2}{a_3}-\frac{v^2}{a^2}=0$.

c) $A'=0$; alle zweiten Unterdeterminanten von A' verſchwinden: **Doppelpunkt** $u^2=0$.

Literatur: [1] Salmon, Analytiſche Geometrie des Raums, deutſch von Fiedler, 1. Teil, 4. Aufl., Leipzig 1898. — [2] Clebſch, Vorleſungen über Geometrie, bearbeitet von Lindemann, Bd. 2, 1. Teil, Leipzig 1891, 2. Abt. — [3] Heſſe, O., Vorleſungen über analytiſche Geometrie des Raumes, 3. Aufl., Leipzig 1876. — [4] Schröter, H., Theorie der Oberflächen zweiter Ordnung und der Raumkurven dritter Ordnung, Leipzig 1880. — [5] Weinmeiſter, J. P., Die Flächen zweiter Ordnung, Leipzig 1880—81, Bd. 1, 2. — [6] Simon, M., Die Flächen zweiter Ordnung, Leipzig 1901. — [7] Staude, Die Fokaleigenſchaften der Flächen zweiter Ordnung, Leipzig 1896. — [8] Brockmann, Zur Theorie der Linienflächen zweiter Ordnung, Roſtock 1904. *Wölffing.*

Flächenberechnung. Die Berechnung des Inhaltes vermeſſener Flächen kann erfolgen 1. unmittelbar aus den Meſſungsergebniſſen, 2. auf Grund danach angefertigter Karten.

1. Die Flächenberechnung nach Meſſungen. Die Grundfigur für die Flächenberechnung, auf die ſchließlich jede noch ſo verwickelte Figur durch Zerlegung zurückgeführt werden kann, iſt das Dreieck mit der Flächenformel $2F=hg$ ($2F=$ doppelter Flächeninhalt, g Grundlinie, h Höhe). Zum Beiſpiel für Flächen wie Fig. 1—3 iſt

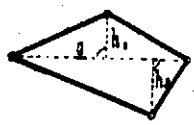


Fig. 1.

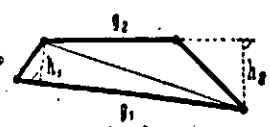


Fig. 2.

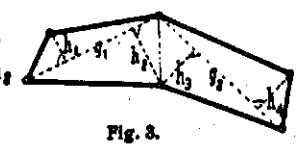


Fig. 3.

Fig. 1: $2F=(h_1+h_2)g$; Fig. 2: $2F=h_1g_1+h_2g_2$;
Fig. 3: $2F=(h_1+h_2)g_1+(h_3+h_4)g_2$.

Eine ſehr häufig bei der Aufmeſſung mit Hilfe rechtwinkliger Abſtände (Koordinatenmethode) ſich ergebende Aufgabe iſt die Flächenberechnung für Figuren wie 4—6, wobei nach folgenden Formeln zu rechnen iſt:

Fig. 4: $2F=h_1(g_1+g_2)+h_2(g_2+g_3)$;
Fig. 5: $2F=h_1(g_1+g_2)+h_2(g_2+g_3)+h_3(g_3+g_4)+h_4(g_4+g_5)$;
Fig. 6: $2F=h_1(g_1+g_2)+h_2(g_2+g_3)+h_3(g_4+g_5)+h_4(g_6+g_6)$.

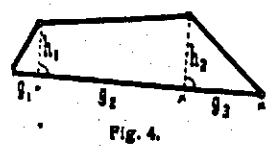


Fig. 4.

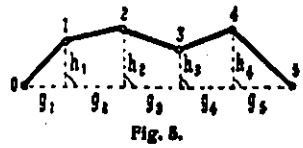


Fig. 5.

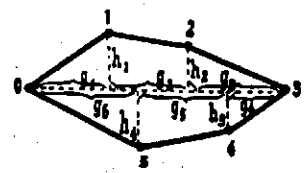


Fig. 6.

Nach dieſen einfachen Regeln können bei paſſender Anordnung der Meſſung einzelne Grundſtücke oder Verbände von Grundſtücken unmittelbar aus den im Felde gewonnenen Meſſungszahlen berechnet werden. Es iſt jedoch erforderlich, für jede Beſtimmung eine Probe für die Meſſung und Rechnung zu

beſchaffen, um die Flächenermittlung vor Fehlern und deren Folgen zu ſchützen. Dazu ſind die Meſſungen ſo auszuführen, daß eine zweite unabhängige Flächenbeſtimmung ermöglicht wird, die ſich durch andre Anordnung der Rechenfiguren ohne weiteres ergibt, z. B. in Fig. 1 durch Verwendung der zweiten Diagonale, in Fig. 2 durch Beſtimmung beider Abſtände h der Eckpunkte auf beiden Linien g_1 und g_2, u. ſ. w.

Für die Berechnung des Inhaltes von Längen- oder Querprofilen ergibt ſich nach Fig. 5 die Fläche zwiſchen den Ordinaten h_1 und h_4 entſprechend der Formel zu Fig. 5:

$$2F = h_1 g_2 + h_2 (g_2 + g_3) + h_3 (g_3 + g_4) + h_4 g_4.$$

Sind für ſämtliche Eckpunkte einer Figur (Vieleck) die Koordinaten y, x in einem ebenen, rechtwinkligen Koordinatenſyſtem berechnet, ſo ergibt ſich der Inhalt der Figur nach der allgemeinen Formel: $2F = \Sigma y_n (x_{n-1} - x_{n+1}) = \Sigma x_n (y_{n+1} - y_{n-1})$. Die Formel liefert eine doppelte Beſtimmung. Bei ihrer Anwendung iſt jede Ordinate mit dem Unterſchiede der ihr vorhergehenden und folgenden Abſciſſe, und jede Abſciſſe mit dem Unterſchiede der ihr folgenden und vorhergehenden Ordinate zu multiplizieren. Die Reihenfolge der Punkte muß, dem Drehungsſinn des Koordinatenſyſtems entſprechend, rechtsläufig ſein. Die Summe der Ordinaten bezw. Abſciſſenunterſchiede muß Null ſein. Das folgende Zahlenbeiſpiel erläutert die Anwendung der Formel und das Rechnungsverfahren:

Nummer des Punktes	y_n ±	x_n ±	$\Delta y_n = +y_{n+1} - y_{n-1}$ +	−	$\Delta x_n = -x_{n+1} + x_{n-1}$ +	−	$y_n \Delta x_n$ +	−	$x_n \Delta y_n$ +	−
1	2		3		4		5		6	
1	+ 58,2	+ 17,2		102,6	108,9		6 337,98			1 764,72
2	+ 23,7	+ 73,2		22,0		128,5		3 045,45		1 610,40
3	+ 36,2	+ 145,7	48,1			140,4		5 082,48	7 008,17	
4	+ 71,8	+ 213,6	90,1			36,4		2 613,52	19 245,36	
5	+ 126,3	+ 182,1		13,6	196,4		24 805,32			2 476,56
		Probe:	138,2	138,2	305,3	305,3	31 143,30	10 741,45	26 253,53	5 851,68
							$2F = 20\,401,85$		$20\,401,85$	
							Probe.			

Große Koordinatenwerte werden entſprechend gekürzt.

Endlich kann auch der Flächeninhalt von Vielecken unmittelbar aus den Vieleckſeiten und Winkeln nach L'Huilliers Flächenformel berechnet werden, die lautet: Der doppelte Inhalt eines Vielecks iſt gleich der Summe aller aus je zwei Seiten und den Sinuſſen der Summe aller zwiſchen ihnen liegenden Vieleckswinkel möglichen Produkte, wobei alle diejenigen Produkte negativ ſind, in denen die Sinuſſe einer geraden Anzahl von Winkeln vorkommen. (Weitere Formeln für die Flächeninhaltsbeſtimmung von Dreiecken ſ. Dreiecksberechnung.)

2. Die Flächenberechnung nach Plänen. Bei der Vermeſſung zuſammenhängender Grundſtückskomplexe ganzer Gemarkungen u. ſ. w. erfolgt die Flächenberechnung in der Regel nach den dafür angefertigten Plänen durch Zerlegung in Dreiecke nach denſelben Formeln wie oben. Die erforderlichen Maße werden vom Plan entnommen. Dazu dienen Anlegemaßſtab oder Zirkel und Abgreifmaßſtab, der bei der Kartierung benutzte Auftragapparat oder eine mit einer engen Quadratnetzteilung verſehene Glastafel (Glasplanimeter), die beſonders empfehlenswert iſt für die gleichzeitige Ableſung von $(h_1 + h_2)$ und g in einem Viereck (vgl. die obenangegebenen Formeln) und als zweckmäßigſtes Hilfsmittel die „Flächenmeßtafel", eine transparente hyperboliſche Produktentafel, an der ſofort das Produkt abgeleſen werden kann (ſ. Planimeter). Mit Rückſicht auf die Genauigkeit der Flächenermittlung und die Fehler der Kartierung iſt die Meſſung ſo auszuführen, daß kleine Parzellen nach Möglichkeit unmittelbar aus Meſſungszahlen berechnet werden können (ſ. Stückvermeſſung) und daß, wenn bei den Flächenprodukten gh einer der Faktoren ſehr klein im Vergleich zum andern iſt, für dieſen kleinen Wert die unmittelbar gemeſſene Länge benutzt werden kann, z. B. die Breiten (Kopfbreiten) langgeſtreckter Parzellen. Für ſehr ſchmale Flächen wie Wege, Bäche ſind beſondere Regeln zu beachten [1].

Die zur Vereinfachung der Ausrechnung zuweilen angewendete Verwandlung der Figuren (Vielecke in Dreiecke) iſt im allgemeinen nicht empfehlenswert, da ſie eine erhebliche Fehlerquelle in ſich ſchließt. Zur Vereinfachung unregelmäßiger Grenzzüge u. ſ. w. bietet ſie dagegen in manchen Fällen einen gewiſſen Vorteil, beſonders bei der Inhaltsberechnung für Profile ſowie zur Erleichterung der Multiplikation, indem ein Faktor zu einer bequemen Zahl (100, 200) gemacht wird. — Zur Ausmultiplikation der Faktoren ſind ſtets geeignete Rechenhilfsmittel (Rechenmaſchine, Rechenſchieber, Produktentafel [2]) zu verwenden und die Faktoren in linilierte Berechnungsformulare einzutragen, die bei umfangreichen Rechnungen ganz unentbehrlich ſind (bei amtlichen Rechnungen beſonders vorgeſchrieben, vgl. [1]).

Zur Ausführung der graphiſchen Berechnung in Plänen ſtehen verſchiedene Hilfsmittel zur Verfügung, die man allgemein als Planimeter (Faden-, Glas-, Linear-, Polar-, Scheibenroll-, Kugelrollplanimeter) bezeichnet. Ueber Konſtruktion und Gebrauch dieſer Hilfsmittel ſ. den Art. Planimeter.

Werden krummlinig begrenzte Figuren durch ein Syſtem gleichabſtändiger (Abſtand x) paralleler Linien zerlegt, ſo kann der Inhalt, wenn die Krümmung außer Betracht bleibt, als die Summe der Trapeze aus den Mittellinien p der ſchmalen Trapeze nach der Formel

$$F = x\,[p_1 + p_2 + p_3 \ldots p_n]$$

(vgl. Fadenplanimeter) beſtimmt werden. Wenn die Krümmung in Betracht gezogen werden muß und dieſelbe zwiſchen den Parallelen durch eine paraboliſche Kurve ſich ausdrücken läßt, ſo kann zwiſchen den Parallelen y_0 und y_n von der Simpſonſchen Flächenformel

$$F=\frac{x}{3}\left[y_0+y_n+4\left(y_1+y_3+\dots y_{n-1}\right)+2\left(y_2+y_4+\dots y_{n-2}\right)\right]$$

Gebrauch gemacht werden.

Die Flächeninhaltsberechnung bei der Vermeſſung größerer Gebiete (ganze Gemarkungen, Fluren u. ſ. w.) zerfällt in verſchiedene Arbeitsſtadien:

1. Die Berechnung des Sollinhaltes für ein Kartenblatt (Flur, Block u. ſ. w.) entweder aus den Koordinaten des das Blatt umſchließenden Randpolygons oder auf graphiſchem Wege aus den Netzquadraten des Koordinatenſyſtems (große Maſſenberechnung [1]).

2. Die Einzelberechnung der Parzellen (Grundſtücke, Eiſenbahnen, Wege, Bäche u. ſ. w.). Dieſe erfolgt der Probe wegen zweimal unabhängig voneinander (z. B. aus Meſſungszahlen und graphiſch) in der Regel von verſchiedenen Rechnern.

3. Beſondere Proberechnungen, die gegen grobe Verſehen (Auslaſſen von Parzellen, Verwechſlungen u. ſ. w.) ſchützen ſollen, weshalb das Blatt in einige paſſend angeordnete Teile (Gruppen von Parzellen) zerlegt wird, nach [1] ſogenannte kleine Maſſenberechnung.

4. Die Ausgleichung der gemittelten Einzelberechnungen nach 2. auf den nach 1. beſtimmten Sollbetrag. Es ergibt ſich demnach der Inhalt des ganzen Blattes nicht aus der Summe der Einzelparzellen, ſondern aus der Berechnung des ganzen Blattes, auf welche die Einzelberechnungen ausgeglichen werden.

Für alle dieſe Berechnungen ſind entſprechend feſtgeſetzte Fehlergrenzen innezuhalten, die in den für die verſchiedenen Staaten erlaſſenen Vermeſſungsanweiſungen, Reglements u. ſ. w. angegeben ſind. Dieſe Fehlergrenzen, bei denen die Genauigkeit der Flächeninhaltsberechnung unter Berückſichtigung der Meſſungsfehler, der Kartierungsfehler, des Maßſtabes der Karte u. ſ. w. zu beachten ſind, werden als eine Funktion der Flächengröße zum Ausdruck gebracht, wobei naturgemäß die Funktion verſchiedene Formen annehmen kann. Dementſprechend haben auch die amtlich feſtgeſetzten Fehlergrenzformeln in verſchiedenen Inſtruktionen eine verſchiedene Form. Ein Beiſpiel für dieſe Fehlergrenzen gibt folgende Zuſammenſtellung:

Fläche . . .	1 a	5 a	10 a	50 a	1 ha	5 ha	10 ha	50 ha
Fehlergrenze	8 qm	17 qm	25 qm	55 qm	80 qm	190 qm	280 qm	900 qm

Zu berückſichtigen iſt hierbei der Eingang des Papiers (ſ. a. Karte, Kartierung ſowie [1]).

Literatur: Weiteres ſ. die in dem Art. Geodäſie genannten Hand- und Lehrbücher der Geodäſie, z. B. Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Bd. 2, 1904, ſowie die amtlichen Vermeſſungsanweiſungen, z. B. [1] VIII. Anweiſung vom 25. Oktober 1881 für das Verfahren bei Erneuerung der Karten und Bücher des Grundſteuerkataſters, Berlin 1882. — [2] Crelle, A. L., Rechentafeln, Berlin 1880, ſowie Zimmermann, H., Rechentafel, Berlin 1889, und Zimmermann, L., Rechentafeln, Liebenwerda 1895. *Reinhertz.*

Flächenbüſchel. Sind $f=0$ und $\varphi=0$ zwei Flächen, λ ein veränderlicher Parameter, ſo iſt $f+\lambda\varphi=0$ eine einfach unendliche Schar von Flächen durch die Raumkurve $\left\{\begin{matrix}f=0\\ \varphi=0\end{matrix}\right\}$; dieſelbe heißt Flächenbüſchel.

Zwei projektiviſche Flächenbüſchel $\left\{\begin{matrix}f+\lambda\varphi=0\\ f'+\lambda\varphi'=0\end{matrix}\right\}$ erzeugen eine Fläche $\left\{\begin{matrix}f & \varphi\\ f' & \varphi'\end{matrix}\right\}=0$. In einem Flächenbüſchel zweiter Ordnung ſind vier Kegelflächen enthalten. *Wölffing.*

Flächendruck, ſ. Zapfenberechnung und Schiffswelle.

Flächengradierung, ſ. Salz.

Flächenhammer, Hammer mit zwei geraden, quer gegen den Stiel ſtehenden Finnen, von denen die eine flach, die andre faſt ſchneidig iſt; ſ. Hammer.

Flächenkräfte heißen Kräfte, welche in den Elementen beliebiger Flächen angreifen. Sind ſie auf einen Flächenteil ſtetig verteilt, ſo wird ihr Wert pro Flächeneinheit ſpezifiſche Flächenkraft genannt.

Die auf eine ebene Fläche oder auf ein Flächenelement wirkende Kraft läßt ſich ſtets in eine Komponente normal und eine Komponente tangential der Fläche zerlegen, welche die Normalkraft und Tangentialkraft der Fläche heißen, und ſpeziell pro Flächeneinheit ſpezifiſche Normalkraft und ſpezifiſche Tangentialkraft. Die Normalkraft wirkt als Zug oder Druck, je nachdem ſie das ergriffene Flächenelement von dem ihm anliegenden (vgl. Druck) zu entfernen oder es demſelben zu nähern ſucht. Auf die Flächeneinheit hat man ſpezifiſchen Zug oder ſpezifiſchen Druck. Die ſpezifiſchen Flächenkräfte im Innern beliebiger Körper werden auch Spannungen genannt und in Normalſpannungen und Tangentialſpannungen oder in Zugſpannungen, Druckſpannungen und Schubſpannungen unterſchieden; ſ. a. die Artikel Druck, Spannungen, Aeußere Kräfte, Aeußere Arbeit, Angriffsmoment, Elaſtizitätslehre, allgemeine, Schnittkräfte u. ſ. w. *Weyrauch.*

Flächenkühler, ſ. Bierbrauerei, Spiritusfabrikation.

Flächenmaße, die Quadrate der Längenmaße (ſ. d.), dienen zur Beſtimmung der Größe einer Fläche. Für Bodenflächen ſind vielfach beſondere Bodenflächenmaße in Gebrauch. Im metriſchen Syſtem dienen als Bodenflächenmaße: Ar und Hektar. Weitere beſondere Bodenflächenmaße ſind: England:

Acre of land; Rußland: Deſſatin; Türkei: Donum (osmaniſches Joch); Aegypten: Feddán. *Plate.*

Flächenmaße (vergleichende Zuſammenſtellung). Nach der Maß- und Gewichtsordnung für das Deutſche Reich iſt das Quadratmeter (qm) die Flächeneinheit. Die Verhältniſſe und amtlichen Bezeichnungen ſind: 1 Ar = 1 a = 100 qm; 1 Hektar = 1 ha = 100 a = 10000 qm; 1 Quadratkilometer = 1 qkm = 100 ha = 10000 a = 1000000 qm; 1 Quadratzentimeter = 1 qcm = 0,0001 qm; 1 Quadratmillimeter = 0,01 qcm = 0,000001 qm. Eine Vergleichung älterer deutſcher und einiger ausländiſchen Flächenmaße mit dem metriſchen Syſtem gibt folgende Zuſammenſtellung:

Land	Bezeichnung des Flächenmaßes	Wert im metriſchen Syſtem	Land	Bezeichnung des Flächenmaßes	Wert im metriſchen Syſtem
Baden	1 Quadratfuß	0,0900 qm	Preußen	1 Quadratfuß	0,0985 qm
	1 Quadratrute = 100 Quadratfuß	9,000 qm		1 Quadratrute = 144 Quadratfuß	14,185 qm
	1 Morgen = 400 Quadratruten	36,00 a		1 Morgen = 180 Quadratruten	25,532 a
Bayern	1 Quadratfuß	0,0852 qm	Schleswig	1 Quadratfuß	0,0821 qm
	1 Quadratrute = 100 Quadratfuß	8,5182 qm		1 Quadratrute = 256 Quadratfuß	21,023 qm
	1 Tagwerk (Juchart) = 400 Quadratruten	34,073 a		1 Tonne = 240 Quadratruten	50,456 a
	1 Dezimale = 1/100 Tagwerk	34,073 qm	Hannover	1 Quadratfuß	0,0853 qm
Braunſchweig	1 Quadratfuß	0,0814 qm		1 Quadratrute = 256 Quadratfuß	21,842 qm
	1 Quadratrute = 256 Quadratfuß	20,847 qm		1 Morgen = 120 Quadratruten	26,210 a
	1 Feldmorgen = 120 Quadratruten	25,016 a	Naſſau	1 Quadratfeldfuß	0,25 qm
	1 Waldmorgen = 160 Quadratruten	33,354 a		1 Quadratfeldrute = 100 Quadratfeldfuß	25,000 qm
Heſſen, Großherzogtum	1 Quadratfuß	0,0625 qm		1 Morgen = 100 Qu.-Feldruten	25,000 a
	1 Quadratklafter = 100 Quadratfuß	6,250 qm	Frankfurt a. M.	1 Quadratfuß	0,0810 qm
	1 Morgen = 400 Quadratklafter	25,000 a		1 Quadratfeldrute = 100 Qu.-Feldſchuh	12,657 qm
Heſſen, Kurfürſtentum	1 Quadratfuß	0,0828 qm		1 Quadratwaldrute = 100 Qu.-Waldſchuh	20,347 qm
	1 Quadratkataſterrute	15,910 qm		1 Feldmorgen = 160 Qu.-Feldruten	20,251 a
	1 Acker = 150 Quadratkataſterruten	23,865 a		1 Waldmorgen = 160 Qu.-Waldruten	32,555 a
Oldenburg	1 Quadratfuß	0,0875 qm	Hamburg	1 Quadratfuß	0,0821 qm
	1 neue Quadratrute = 324 Quadratfuß	28,364 qm		1 Quadratmarſchrute = 196 Quadratfuß	16,096 qm
	1 alte Quadratrute = 400 Quadratfuß	35,018 qm		1 Quadratgeeſtrute = 256 Quadratfuß	21,023 qm
	1 Jück = 160 neue Quadratruten	45,383 a		1 Scheffel = 200 Qu.-Geeſtruten	42,047 a
	1 Morgen = 350 alte Quadratruten	122,562 a		1 Morgen = 600 Quadratmarſchruten	96,576 a
Mecklenburg	1 Quadratfuß	0,0847 qm	Württemberg	1 Quadratfuß	0,0821 qm
	1 Quadratrute = 256 Quadratfuß	21,679 qm		1 Quadratrute = 100 Quadratfuß	8,208 qm
	1 Morgen = 300 Quadratruten	65,036 a		1 Morgen (Juchart) = 384 Quadratruten	31,517 a
Sachſen	1 Quadratfuß	0,0802 qm	Oeſterreich	1 Quadratfuß	0,0999 qm
	1 Quadratfeldmeſſerrute	18,447 qm		1 Quadratklafter = 36 Quadratfuß	3,597 qm
	1 Acker = 300 Quadratfeldmeſſerruten	55,342 a		1 Joch = 1600 Quadratklafter	57,546 a
Sachſen-Weimar	1 Quadratfuß	0,0795 qm	Polen	1 Quadratrute (Pretow)	18,662 qm
	1 Quadratrute = 256 Quadratfuß	20,355 qm		1 Morgen (Morg) = 300 Quadratruten	55,988 a
	1 Acker = 140 Quadratruten	28,497 a			

Land	Bezeichnung des Flächenmaßes	Wert im metriſchen Syſtem
Schweiz (wie Baden)	1 Joch (Juchart) = 400 Quadratruten	36,00 a
England und Nordamerika	1 Quadratfuß (Foot)	0,0929 qm
	1 Quadratyard = 9 Quadratfuß (Feet)	0,8361 qm
	1 Quadratrod	25,292 qm
	1 Quadratchain	4,047 a
	1 Acre of land = 4840 Quadratyards = 160 Quadratrods = 10 Quadratchains	40,467 qm
Dänemark und Norwegen	1 Quadratrode = 100 Quadratfad	9,850 qm
	1 Tönde (Tonne) = 560 Quadratrode	55,162 a
Schweden	1 Quadratfuß (Fot)	0,0882 qm
	1 Quadratelle (Aln) = 4 Quadratfuß	0,3526 qm
	1 Tunnland = 14000 Quadratellen	49,364 a
Rußland	1 Quadratſaſchen (Faden)	4,552 qm
	1 (Kron-) Deſſätine = 2400 Qu.-Saſchen	109,250 a
	1 (große) Deſſätine = 3200 Qu.-Saſchen	145,667 a
Spanien	1 Quadrateſtadal	11,156 qm
	1 Fanega = 576 Quadrateſtadal	64,25 a
Griechenland	1 Quadratpiki	1 qm
	1 Stremma = 1000 Quadratpiki (franzöſiſches Maß)	10 a
Niederlande	1 Vierkantroede	1 a
	1 Bunder (franz. Maß)	1 ha
Frankreich, desgl. Belgien und Italien	1 Quadratfuß (altes Maß)	0,1055 qm
	1 Quadrattoiſe „ „ (im übrigen metriſches Syſtem)	3,799 qm
	1 Geogr. Quadratmeile	55,063 qkm

Wegen weiterer älterer deutſcher Flächenmaße ſ. F. G. Gauß, Tafeln zur Berechnung der Geldwerte u. ſ. w., Berlin 1863, ſowie Tafeln zur Berechnung der Grundſteuerreinerträge, Halle 1889. *Reinhertz.*

Flächenmeſſer, ſ. Zeichnen, techniſches.

Flächenmeßtafel, ſ. Flächenberechnung und Planimeter.

Flächenteilung, ſ. Teilung (von Grundſtücken) und Feldbereinigung.

Flächentheorie. Fläche (Oberfläche) iſt eine zweifach ausgedehnte Raumgröße, die Begrenzung eines Körpers. Sie iſt entweder eben (Ebene) oder krumm (eigentliche Fläche). Sie beſitzt eine Gleichung zwiſchen drei Veränderlichen $f(x, y, z) = 0$ und heißt je nach der Natur der Funktion f algebraiſch oder transzendent. An Stelle der Gleichung kann auch die Parameterdarſtellung treten: $x = \varphi(u, v)$; $y = \psi(u, v)$; $z = \chi(u, v)$. Flächen mit unendlich vielen Geraden heißen Regelflächen; dieſelben werden abwickelbar genannt, wenn je zwei benachbarte Flächengeraden ſich ſchneiden, andernfalls windſchief.

A. Allgemeine Eigenſchaften der algebraiſchen Flächen. Der Grad n der Gleichung $f(x, y, z) = 0$ heißt Ordnung der Fläche; er iſt die Zahl ihrer Schnittpunkte mit einer beliebigen Geraden. Eine beliebige Ebene ſchneidet die Fläche in einer Kurve $n$ter Ordnung. Zwei Flächen von den Ordnungen m und n haben eine Raumkurve $m \cdot n$ter Ordnung gemein; drei Flächen von den Ordnungen m, n und p ſchneiden ſich in $m \cdot n \cdot p$ Punkten. Eine Fläche n-ter Ordnung iſt durch $\frac{n(n^2+6n+11)}{6}$ Punkte beſtimmt. In jedem Flächenpunkt (ξ, η, ζ) exiſtieren unendlich viele Tangenten, die ſämtlich in der Tangentialebene $(\xi - x)\frac{\partial f}{\partial \xi} + (\eta - y)\frac{\partial f}{\partial \eta} + (\zeta - z)\frac{\partial f}{\partial \zeta} = 0$ gelegen ſind. Das Lot auf der Tangentialebene: $\xi - x : \eta - y : \zeta - z = \frac{\partial f}{\partial \xi} : \frac{\partial f}{\partial \eta} : \frac{\partial f}{\partial \zeta}$ heißt Flächennormale. Die Tangentialebene ſchneidet die Fläche in einer Kurve mit Doppelpunkt im Berührungspunkt; die Tangenten in letzterem oskulieren die Fläche und heißen Haupttangenten. Die Flächenpunkte, in denen die Tangentialebene von der Fläche in einem Doppelpunkt mit Inflexion geſchnitten wird und in welchen daher die eine Haupttangente die Fläche dreipunktig berührt, liegen auf einer Kurve, der ſogenannten Wendekurve. Von einem Punkt (a, b, c) außerhalb der Fläche geht an dieſelbe ein Berührungskegel $n(n-1)$ter Ordnung. Durch die Berührungskurve desſelben geht auch die Fläche $\frac{\partial f}{\partial x}(x - a) + \frac{\partial f}{\partial y}(y - b) + \frac{\partial f}{\partial z}(z - c) = 0$, die Polarfläche des Punktes (a, b, c) in bezug auf $f = 0$ hindurch. Durch den beliebigen Punkt a, b, c gehen $\frac{1}{2} n(n-1)(n-2)(n-3)$ Doppeltangenten (Doppelkanten) und $n(n-2)(n-3)$ Haupttangenten (Rückkehrkanten des Berührungskegels) hindurch. Die Klaſſe des Kegels iſt $n(n-1)^2$, zugleich die Klaſſe der Fläche oder die Zahl der durch eine beliebige Gerade an dieſelbe zu legenden Tangentialebenen. In einem Doppelpunkt (Knotenpunkt) der Fläche bilden die Tangenten einen Kegel zweiter Ordnung, der in ein Ebenenpaar oder in eine Doppelebene ausarten kann (biplanarer und uniplanarer Knotenpunkt). Die Punkte, deren Polarflächen in bezug auf die Fläche Doppelpunkte beſitzen, liegen auf der Hefſeſchen oder Kernfläche von der Ordnung $4(n-2)$, während der Ort dieſer

Doppelpunkte selbst die konjugierte Kernfläche von der Ordnung $4(n-2)^2$ ist. Durchschneiden sich zwei Mäntel einer Fläche in einer Kurve, so heißt diese Doppelkurve der Fläche; Rückkehrkurve heißt eine Raumkurve, längs deren sich zwei Flächenmäntel berühren, ohne sich über dieselbe hinaus fortzusetzen; eine geradlinige Rückkehrkurve heißt Rückkehrkante. Beispiel: Eine Raumkurve ist Rückkehrkurve der von ihren Tangenten gebildeten abwickelbaren Fläche.

B. Flächen dritter Ordnung. Dieselben besitzen höchstens vier Doppelpunkte und höchstens eine Doppelgerade; in letzterem Fall sind sie Regelflächen. Zu diesen gehört das Cylindroid: $z(x^2+y^2)-cxy=0$. Eine Fläche dritter Ordnung ohne Doppelpunkte kann auf die Form gebracht werden: $x_1^3+x_2^3+x_3^3+x_4^3+x_5^3=0$, wobei die Ebene $x_1=0\ldots x_5=0$ das Pentaeder von Sylvester und Steiner bilden; dabei besteht die identische Relation: $x_1+x_2+x_3+x_4+x_5=0$. Die beiden Kernflächen fallen zusammen. Eine Fläche dritter Ordnung besitzt 27 Gerade; jede derselben wird von 10 andern geschnitten und dieselben lassen sich in 36 sogenannte Doppelsechssysteme anordnen.

C. Flächen vierter Ordnung. Von denselben sind zu erwähnen: die Steinersche Fläche mit drei Doppelgeraden durch einen Punkt; die Cykliden, welche den unendlich fernen Kreis zum Doppelkegelschnitt haben, die Kummersche Fläche mit 16 Knotenpunkten, von der das Tetraedroid und die Wellenfläche Spezialfälle sind. Letztere hat die Gleichung $(x^2+y^2+z^2)(a^2x^2+b^2y^2+c^2z^2)-a^2(b^2+c^2)x^2-b^2(c^2+a^2)y^2-c^2(a^2+b^2)z^2+a^2b^2c^2=0$.

D. Familien von Flächen. a) Zylinderflächen $F(x-az, y-bz)=0$. Differentialgleichung $ap+bq=1$. Regelflächen, deren sämtliche Erzeugende einer Geraden parallel sind. b) Kegelflächen $F\left(\frac{x-a}{z-c}, \frac{y-b}{z-c}\right)=0$. Differentialgleichung $(x-a)p+(y-b)q=z-c$. Regelflächen, deren sämtliche Erzeugende durch einen Punkt gehen. c) Umdrehungsflächen $F(x^2+y^2, z)=0$. Differentialgleichung $py-qx=0$. Sie entstehen durch Drehung einer Kurve um eine Gerade. d) Konoidflächen $F(yx, z)=0$. Differentialgleichung $px+qy=0$. Sie werden erzeugt durch eine Gerade, die eine andre schneidet und zu einer Ebene parallel bleibt. e) Regelflächen $x=f(\alpha)z+\varphi(\alpha)$; $y=\psi(\alpha)\cdot z+\chi(\alpha)$. Es befinden sich auf ihnen unendlich viele Geraden. Sie sind abwickelbar, wenn $rt-s^2=0$.

E. Krümmung der Flächen. Die Fläche $z=f(xy)$ wird durch eine zur Tangentialebene $z=0$ parallele unendlich nahe Ebene $z=\varepsilon$ in einem unendlich kleinen Kegelschnitt, der Indicatrix, geschnitten. Je nachdem dieselbe eine Ellipse, ein Parallelenpaar, eine Hyperbel ist, heißt die Fläche im Ursprung elliptisch, parabolisch, hyperbolisch gekrümmt. Die Punkte parabolischer Krümmung befinden sich auf der parabolischen Kurve, die von der Hesseschen Fläche (s. A.) ausgeschnitten wird. Der Krümmungsradius eines Normalschnitts ist dem Quadrat des Durchmessers der Indicatrix, durch den er geht, proportional (s. Eulersche Formel). In den durch die Achsen der Indicatrix gehenden Hauptschnitten erreicht der Krümmungsradius seinen größten bezw. kleinsten Wert (Hauptkrümmungsradien ϱ_1 und ϱ_2). Bei Drehungsflächen sind der Krümmungsradius des Meridians und das Stück seiner Normalen bis zur Drehachse die beiden Hauptkrümmungsradien. $\frac{1}{\varrho_1\varrho_2}$ heißt Krümmungsmaß, $\frac{1}{\varrho_1}+\frac{1}{\varrho_2}$ mittlere Krümmung; dieselbe ist Null bei den Minimalflächen. In den Kreispunkten (Nabelpunkten) ist $\varrho_1=\varrho_2$, also alle Krümmungshalbmesser der Normalschnitte einander gleich. Eine unendliche Reihe von Kreispunkten auf der Fläche heißt Linie sphärischer Krümmung. Satz von Meunier: Ist ϱ der Krümmungsradius eines Normalschnitts, r derjenige eines mit demselben den Winkel ϑ bildenden und durch dieselbe Tangente gehenden schiefen Schnitts, so ist $r=\varrho\cos\vartheta$. Die sphärische Abbildung einer Fläche erhält man, indem man zu allen Flächennormalen parallele Radien einer Kugel zieht; dieselbe ist bei den Minimalflächen konform.

F. Flächenkurven. Haupttangentenkurven (asymptotische Kurven) sind solche Flächenkurven, deren Richtung immer mit derjenigen der Haupttangenten (Asymptoten der Indicatrix) zusammenfällt. Ist $f(x, y, z)=0$ die Kurvengleichung, so ist die Differentialgleichung der Haupttangentenkurven

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}dx^2+2\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial y}dx\,dy+\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}dy^2+2\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial z}dx\,dz+2\frac{\partial^2 f}{\partial y\partial z}dy\,dz+\frac{\partial^2 f}{\partial z^2}dz^2=0.$$

Die Schmiegungsebene fällt in jedem Punkt mit der Tangentialebene der Fläche zusammen. Durch jeden Punkt mit hyperbolischer Krümmung gehen zwei reelle Haupttangentenkurven; in den Punkten der parabolischen Kurve besitzen dieselben Spitzen. Krümmungslinien sind solche Flächenkurven, deren Richtung immer mit derjenigen einer der Hauptachsen der Indicatrix zusammenfällt. Ihre Differentialgleichung ist: $\begin{vmatrix} dx & dy & dz \\ \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} & \frac{\partial f}{\partial z} \\ d\frac{\partial f}{\partial x} & d\frac{\partial f}{\partial y} & d\frac{\partial f}{\partial z} \end{vmatrix}=0$. Durch jeden Flächenpunkt gehen zwei zueinander senkrechte Krümmungslinien. Satz von Joachimsthal: Ist eine Krümmungslinie eben (z. B. die Meridiankurve einer Drehungsfläche), so wird ihre Ebene von der Tangentialebene der Fläche längs derselben unter konstantem Winkel geschnitten. Die Krümmungslinie ist alsdann zugleich geodätische Linie (s. unten). Satz von Dupin: Schneiden sich drei Flächen in einem Punkte rechtwinklig und schneiden sie sich paarweise im nächsten Punkt ebenfalls rechtwinklig, so sind die Richtungen der Schnittkurven zugleich Richtungen von Krümmungslinien in jeder. Daher werden die Krümmungslinien der Flächen zweiten Grades durch konfokale Flächen ausgeschnitten. Die Normalen in den Punkten einer Krümmungslinie erzeugen eine abwickelbare Fläche. Die Rückkehrkanten aller dieser zu den Krümmungslinien gehörigen abwickelbaren Flächen bilden die Krümmungszentrafläche (Zentrafläche), auf

der die Hauptkrümmungszentra liegen und die im allgemeinen zwei Mäntel beſitzt. Die genannten Rückkehrkanten ſind zugleich geodätiſche Linien der Zentrafläche. Geodätiſche Linien ſind ſolche Flächenkurven, deren Schmiegungsebene immer die Flächennormale enthält. Ihre Differentialgleichung iſt: $\begin{vmatrix} dx & dy & dz \\ d^2x & d^2y & d^2z \\ \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} & \frac{\partial f}{\partial z} \end{vmatrix} = 0$. Sie ſind die kürzeſten Flächenkurven zwiſchen zwei Punkten; durch jeden Punkt gehen unendlich viele hindurch. Sie ſpielen auf der Fläche dieſelbe Rolle wie die Geraden in der Ebene; man redet daher von geodätiſchen Parallelen, Koordinaten, Kreiſen, Krümmung u. ſ. w.

Literatur: [1] Salmon, Analytiſche Geometrie des Raumes, deutſch von Fiedler, 3. Aufl., 2. Teil, Leipzig 1880. — [2] Stahl, H. und Komerell, V., Die Grundformeln der allgemeinen Flächentheorie, Leipzig 1893. — [3] Joachimsthal, F., Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf die allgemeine Theorie der Flächen und der Linien doppelter Krümmung, 3. Aufl., bearbeitet von L. Natani, Leipzig 1890. — [4] Serret, Lehrbuch der Differentialrechnung, deutſch von Harnack, Leipzig 1884, Kap. 9 und 10. — [5] Darboux, Leçons sur la théorie générale des surfaces et les applications géométriques du calcul infinitésimal I—IV, Paris 1887—96. — [6] Knoblauch, Einleitung in die allgemeine Theorie der krummen Flächen, Leipzig 1888. — [7] Gauß, C. F., Allgemeine Flächentheorie, deutſch von Wangerin, 2. Aufl., Leipzig 1900. — [8] Cremona, Grundzüge einer allgemeinen Theorie der Oberfläche in ſynthetiſcher Behandlung, deutſch von Curtze, Berlin 1870. — [9] Bianchi, Vorleſungen über Differentialgeometrie, deutſch von Lukat, Leipzig 1899. — [10] Cesaro, Vorleſungen über natürliche Geometrie, deutſch von Kowalewski, Leipzig 1901. — [11] Kommerell, V. und K., Allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen, I—II, Leipzig 1903. *Wölffing.*

Flächentreue Abbildungen (flächentreue Karten, äquivalente Karten), ſ. Kartenprojektion.

Flämiſcher Verband, ſ. Gotiſcher Verband.

Flaggſchiff (Flottillenſchiff), ein Kriegsſchiff, auf dem ſich der Chef eines Schiffsverbandes eingeſchifft hat und das deſſen Kommandozeichen führt.

Flamboyantſtil, ſ. Flammenſtil.

Flamme (oxydierende und reduzierende), ein mit oder ohne Lichtentwicklung brennender Gasſtrom.

Das Leuchten einer Flamme hängt von ihrem Gehalt an feſten, in das Glühen verſetzten Beſtandteilen und von ihrer Temperatur ab. In unſern Feuerungen iſt der in der Flamme glühende Körper meiſtens Kohlenſtoff, der ſich bei der Verbrennung der Kohlenwaſſerſtoffe, falls denſelben nicht genügend Sauerſtoff zur Verfügung ſteht, in ſehr feinen Teilchen ausſcheidet. Eine Flamme, in der ſich noch viel feſter Kohlenſtoff in feinſt verteilter Form befindet, wird beſtrebt ſein, zur Verbrennung dieſes Kohlenſtoffs weiteren Sauerſtoff zu erlangen; dies kann durch Hinzutritt friſcher Luft erfolgen, es kann aber ebenſogut dadurch geſchehen, daß Sauerſtoff veranlaßt wird, aus Verbindungen, die ſich im Bereiche der Flamme befinden, auszutreten und die Verbrennung dieſes Kohlenſtoffs zu veranlaſſen. Der teilweiſe oder völlige Austritt des Sauerſtoffs hat zur Folge, daß die Oxyde, Oxydule u. ſ. w. in ſolche einer niedrigeren Oxydationsſtufe bezw. in das reine Element übergeführt werden; man nennt dies eine Reduktion und bezeichnet demgemäß eine Flamme, die eine ſolche Wirkung hervorbringt, als eine reduzierende. Während eine leuchtende Flamme beweiſt, daß in derſelben Mangel an Sauerſtoff vorhanden iſt, deutet eine nichtleuchtende Flamme nicht in allen Fällen auf das Gegenteil. Manche Gaſe, z. B. Kohlenoxyd, Waſſerſtoff, vermögen beim Verbrennen feſte Körper nicht auszuſcheiden und zeigen daher eine nichtleuchtende Flamme, unbeeinflußt durch die Menge des zur Verfügung ſtehenden Sauerſtoffs. Dieſes Nichtleuchten der Flamme findet aber auch dann ſtatt, wenn alle in den brennenden Gaſen vorhandenen Stoffe, dank dem reichlich und im Ueberſchuß vorhandenen Sauerſtoff, ſofort vollſtändig verbrannt werden. Iſt ein ſolcher Ueberſchuß von Sauerſtoff vorhanden, ſo wird derſelbe befähigt ſein, im Bereich der Flamme befindliche Metalle zu oxydieren oder eventuell Oxyde in höhere Oxydationsſtufen überzuführen. Eine Flamme, bei der noch freier Sauerſtoff vorhanden iſt, nennt man aus dieſem Grunde eine oxydierende Flamme. Außer dieſer reduzierenden und oxydierenden Flamme ſpricht man auch noch von neutraler Flamme; es iſt dies diejenige, bei der an jeder Stelle weder mehr noch weniger Sauerſtoff, als zur vollſtändigen Verbrennung gerade erforderlich, vorhanden iſt. — Wird eine kohlenwaſſerſtoffreiche Flamme bei Sauerſtoffmangel (reduzierend) bis unter die Verbrennungstemperatur (ſ. Brennſtoffe) abgekühlt, ehe zu derſelben der zur vollſtändigen Verbrennung notwendige Sauerſtoff getreten iſt, ſo ſcheiden ſich Kohlenſtoff und ſchwer verbrennbare Kohlenwaſſerſtoffverbindungen als Ruß aus, der mit dem Luftſtrom, der durch die Verbrennung hervorgebracht wird, als ſichtbarer Rauch weit fortgeführt werden kann. Von dieſen oxydierenden oder reduzierenden Eigenſchaften der Flammen werden in der Induſtrie die weiteſtgehenden Anwendungen gemacht, ſo namentlich in der Metallurgie und in der keramiſchen Induſtrie. Bei letzterer wird für beſondere Zwecke, z. B. zum Dämpfen der Ziegel, ſogar eine künſtliche Rauchbildung herbeigeführt, die ſonſt aus ökonomiſchen Gründen, da mit einer Rauchbildung ſtets eine große Brennmaterialverſchwendung verbunden iſt, tunlichſt vermieden werden muß (ſ. Ziegel, Ziegelfabrikation). *Dümmler.*

Flamme, bengaliſche, ſ. v. w. Bengaliſches Feuer (ſ. d.); vgl. Feuerwerkerei.

Flammenbogen, laufchender und ſprechender, ſ. Telephonie (ohne Draht).

Flammendolomit, ein dichter oder auch poröſer und lückiger, gelber und braun gefleckter oder geflammter Dolomit, der an der Grenze zwiſchen der unteren und mittleren Abteilung der Keuperformation in geringer Mächtigkeit auftritt (Bayern, Württemberg). *Leppla.*

Flammenmergel, ein heller, dunkel gefleckter, geſtreifter und geflammter, quarzſandreicher, ſchiefriger Tonmergel.

Er gehört dem oberen Gault, alſo der unteren Kreideformation an (Weſtfalen, Hannover). Manche Lager ſind reich an Kalkſilikat, daher ſehr hart und verwittern ſchwer. Sie dienen alsdann beim Straßenbau als Packlage. Die ſtarke und enge Zerklüftung erzeugt eine relativ große Aufnahmefähigkeit für Waſſer, und ſo treten in der Grenze gegen die unterlagernden, wenig durchläſſigen Minimustone Quellen hervor. *Leppla.*

Flammenſicherheit, ſ. Anſtriche, feuerſichere, Bd. 1, S. 231, und Feuerſchutz, Bd. 3, S. 793.

Flammenſtil, auch Flamboyantſtil genannt, bezeichnet jene Periode der gotiſchen Spätzeit, welche die Fiſchblaſe oder Flamme in ihrem Maßwerke einführte. Es iſt dies eine Ausartung des Stiles, die insbeſondere in Frankreich und dann in England mit Vorliebe gepflegt wurde (vgl. a. Fiſchblaſe).

Flammieren (Chinieren), Art der Garnfärberei, bei der die Garnſtränge geknotet und ſo ausgefärbt werden, daß das Innere der Knoten ungefärbt bleibt. — Vgl. a. Chiné.

Geflammte (flammierte, Flammé) Garne werden auch in der Spinnerei durch Einſpinnen andersfarbiger Faſerbüſchel dadurch erzielt, daß entweder auf den Krempeln (der Streichgarnſpinnerei) durch Einſtreuen der Faſerbüſchel oder durch Aufſtreichen des andersfarbigen Spinngutes in Querſtreifen durch mit Kratzen beſchlagene Walzen an eine Krempelwalze die Faſerbüſchel hineingebracht werden, oder dadurch, daß Stücke fertiger andersfarbiger Vorgarnfäden in beſtimmten Abſtänden quer über eine Krempelwalze, am beſten die Kammwalze (Peigneur) aufgelegt werden. Eingehenderes hierüber in der Leipz. Monatſchr. f. Textilind. 1902, S. 675. *Ernſt Müller.*

Flammöfen, ſ. Oefen, metallurgiſche, und Eiſengießerei.

Flammrohrkeſſel, ſ. Dampfkeſſel, Bd. 2, S. 563.

Flamſteeds Projektion iſt eine flächentreue, unecht zylindriſche Projektion, ſ. Kartenprojektion.

Flanell, bloß aus Streichgarn, manchmal aus Baumwoll- und Streichgarn (halbwollener Flanell) mit Leinwand- oder Köperbindung hergeſtelltes, nur auf einer Seite gerauhtes Gewebe mit weichem Griff; ſ. Tuchfabrikation und Weberei. *Kraft.*

Flankenpfoſten (Standpfoſten) ſ. Pferdeſtälle.

Flankierfeile (Triebfeile), eine kleine, den Meſſerfeilen ähnliche 50—80 mm lange, aber nicht zugeſpitzte Feile von nebenſtehendem Querſchnitt mit Hieb auf den beiden flachen Seiten. Wird im Uhrmachergewerbe zum Bearbeiten der Zähne von Getrieben benutzt; ſ. Feilen.

Flankierrohr (Strahlrohr), vgl. Feuerſchutz, Bd. 3, S. 771.

Flanſch, der kranzförmige Rand an Röhren und rohrförmigen Stücken, der die Verbindung mit einem gleichfalls mit Flanſch verſehenen zweiten Rohr oder rohrförmigen Stück geſtattet; ſ. a. Rohre, Rohrverbindungen. *Dalchow.*

Flanſchenring, ſ. Rohre und Rohrverbindungen.

Flanſchenröhren, ſ. Rohre und Rohrverbindungen.

Flanſchenverbindung, ſ. Rohre und Rohrverbindungen.

Flaſche, Gefäß aus Glas (ſ. d.), auch aus Ton (ſ. Tonwaren) oder Metall. Für die Herſtellung des gewöhnlichen Flaſchenglaſes (Bouteillenglaſes) finden die billigſten Materialien (Sand, Schlacken, Baſalt, Tuffe, Rohſoda u. ſ. w.) Verwendung. Feinere Flaſchen werden aus eiſenfreiem Material, die feinſten aus Kriſtallglas hergeſtellt. Die irdenen Flaſchen (Steinkrüge) beſtehen aus ordinärem Steinzeug mit Salzglaſur; gegen Einwirkung von Chemikalien ſind ſie ſehr widerſtandsfähig.

Flaſche (Formkaſten), eiſerner Rahmen meiſt rechteckiger Geſtalt, in den Formſand unter Benutzung des Modells zur Herſtellung der Sand- oder Maſſeformen eingeſtampft wird; vgl. a. Eiſengießerei. *Dalchow.*

Flaſche, mechaniſche Anordnung einer oder mehrerer Seil- oder Ketten-

wellen in einem Gehäuſe. Durch geeignete Vereinigung zweier oder mehrerer Flaſchen wird ein Flaſchenzug (ſ. d.) gebildet. *K. Specht.*

Flaſchenfüllapparate für Bier, Wein u. ſ. w. werden nach Fig. 1 unter Anwendung des Saugheberprinzips ausgeführt.

Das abzufüllende Faß wird durch Rohrleitung oder Schlauch mit dem aus emailliertem Gußeiſen oder verzinntem Kupferblech hergeſtellten Kaſten unter Einſchaltung eines Schwimmerventils verbunden, ſo daß ſich der Kaſten ſtets auf ein beſtimmtes Niveau ſelbſttätig füllt. In den Kaſten tauchen eine Anzahl Heberrohre ein, drehbar um die Achſe x; die im Kaſten befindlichen Rohrenden ſind mit Gummiringen verſehen, die, ſolange die Heber nicht durch das Gewicht einer Flaſche herabgedrückt werden, ſich mittels Gegengewichts gegen die Wandung des Kaſtens anpreſſen und die Heber luftdicht abſchließen; es kann alſo die in denſelben befindliche Flüſſigkeit nicht austreten, obwohl am äußeren Ende der Heberrohre Oeffnungen für den Austritt angebracht ſind; ſobald aber eine Flaſche über das Rohr eines Hebers geſteckt wird, zieht dieſelbe durch ihr Gewicht das innere Rohrende von der Wand ab, und die Flüſſigkeit läuft durch den Heber in die Flaſche ſo lange, bis (bei gefüllter Flaſche) das Niveau in der Flaſche dem Niveau im Kaſten gleich iſt; ein Ueberlaufen findet dabei nicht ſtatt. Preis eines Apparates mit vier Heberrohren 55 *M.* — Zum Abfüllen von Flüſſigkeiten unter Druck, wie dies z. B. bei der Mineralwaſſerfabrikation nötig iſt, werden beſondere Abfüll- und Verkorkmaſchinen nach Fig. 2 benutzt. Die Flaſche wird durch Treten auf den Hebel h gegen das mit der Druckleitung in Verbindung ſtehende Kreuzſtück k angepreßt unter dichtem Gummiringabſchluß; dann wird der Ring i geöffnet und die Flaſche gefüllt, wobei die Luft durch einen beſonderen Kanal entweicht. Iſt die Flaſche gefüllt, ſo wird der in dem Schlitten s ſitzende Kork durch Niederdrücken des Hebels h_1 mittels des Stempels t in den Flaſchenhals eingepreßt. Preis ca. 150 *M.* ***Blecken.***

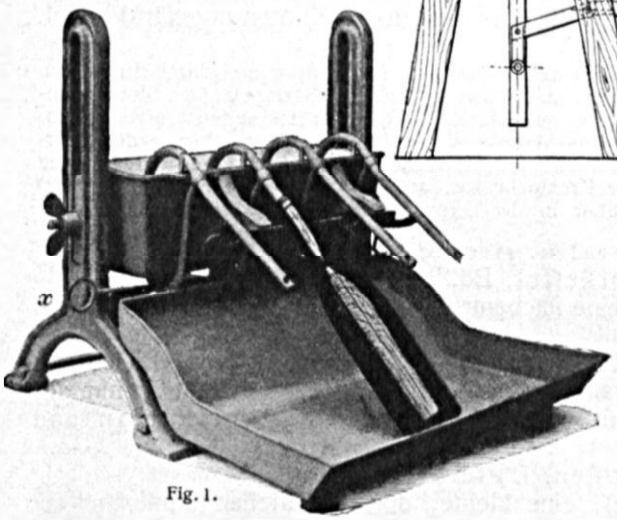


Fig. 1.

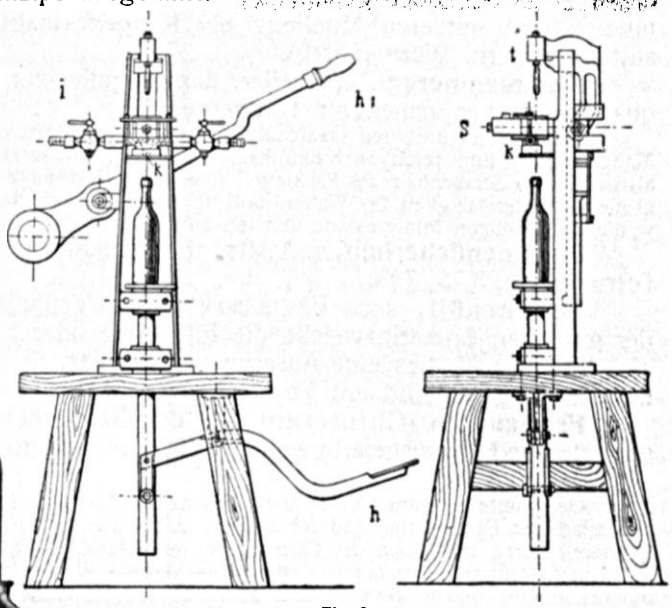


Fig. 2.

Flaſchenkorkmaſchine, ſ. Flaſchenfüllapparate.

Flaſchenlack, ſ. Siegellack.

Flaſchenſchraubſtock, Schraubſtock, deſſen beweglicher Backen um einen Bolzen drehbar iſt; ſ. Schraubſtock.

Flaſchenſpülapparate werden in Wirtſchaftsbetrieben, Kellereien u. ſ. w. angewendet im Anſchluß an Hausreſervoire oder ſtädtiſche Waſſerleitungen. Es ſind Selbſtſchlußhähne mit einem vertikal nach oben ſtehenden Strahlmundſtück, über das die zu ſpülende Flaſche mit dem Kopf übergeſtülpt wird; indem man die Flaſche nach unten drückt, öffnet man das Ventil und das Waſſer tritt mit vollem Druck in die Flaſche ein.

Fig. 1 zeigt ein Ventil für geringen Waſſerdruck, das durch die Flaſche direkt niedergedrückt und geöffnet wird, Fig. 2 ein ſolches für höheren Druck mit einer Hebelüberſetzung. Das Strahlmundſtück kann auch mit einem Spritzrohr mit Löchern, nach verſchiedenen Richtungen ſpritzend, verſehen werden. Bei größeren Betrieben, z. B. Mineralwaſſerfabriken, hat man ähnliche Vorrichtungen mit Bürſten an den Spritzrohren, die durch Riemenbetrieb während

der Spülung in Rotation erhalten werden. Ein Apparat für Großbetrieb in Mineralwaſſerfabriken und Kellereien, von F. Cuntz in Berlin konſtruiert, beruht auf dem Syſtem der Injektion; über der Strahlſpitze, durch die der Hochdruckwaſſerſtrahl eintritt, iſt ein Trichter mit ſeitlichen Oeffnungen angeordnet; das Ganze ſitzt in einem mit Sand gefüllten Meſſingtopf; der Waſſerſtrahl ſaugt den Sand an und wirft ihn mit dem Waſſer in das Innere der Flaſche, eine energiſche, vollkommene Spülung bewirkend. 5—20 ſolcher Spülelemente können nebeneinander auf einem tiſchartigen Geſtell angeordnet ſein und ebenſo viele Flaſchen können dann gleichzeitig geſpült werden, wobei nur ein oder mehrere Waſſerleitungshähne aufzudrehen ſind. Dieſe Apparate koſten je nach der Zahl der Spülelemente 500—2000 ℳ.

Blechen.

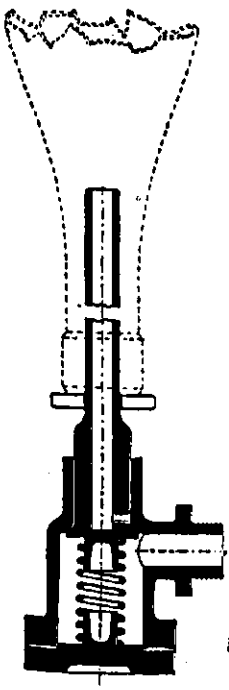


Fig. 1.

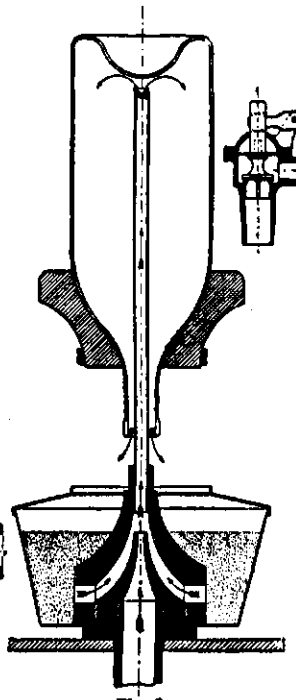


Fig. 3.

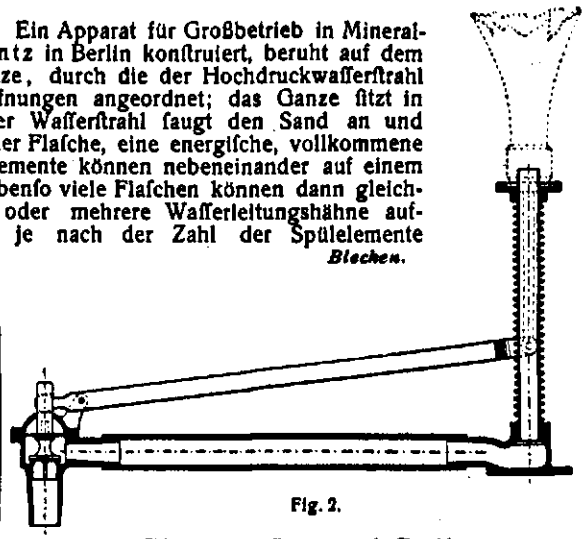


Fig. 2.

Flaſchenzüge, auch Rollenzüge, Seil- oder Kettenzüge genannt, ſind transportable Hebezeuge zum Heben kleinerer Laſten von Hand.

Der gewöhnliche oder eigentliche Flaſchenzug beſteht aus einer feſten und einer loſen Flaſche, beide mit einer gleichen Anzahl von Rollen; je nachdem das die Rollen verbindende Tragorgan ein Seil oder eine Kette iſt, unterſcheidet man Seil- oder Kettenflaſchenzüge, jedoch kommen bei dem gewöhnlichen Flaſchenzug Ketten nur ſelten zur Anwendung. Je nach der Anordnung der Rollen unterſcheidet man nach Ernſt [1] Rollenzüge mit getrennter oder gemeinſamer Hubbahn der loſen Rollen.

Bei den Rollenzügen mit getrennter Hubbahn beſteht die loſe Flaſche aus zwei oder mehreren in einer Ebene neben- und untereinander angeordneten loſen Rollen von gleichem Durchmeſſer mit getrennten Seilen, deren jedes mit einem Ende an einem feſten Punkte, mit dem andern Ende aber am Haken der nächſten Rolle befeſtigt iſt, nur das letzte Seil iſt von der letzten loſen Rolle nach einer feſten Leitrolle geführt; ſein freies Ende dient zum Angriff der Kraft, während die erſte (tiefſte) Rolle den Laſthaken trägt. — Dieſe Art von Rollenzügen findet indes nur ſelten Verwendung, weil ſie nicht oder doch nur ſchwierig transportabel ſind.

In den Flaſchen der Rollenzüge mit gemeinſamer Hubbahn ſitzen ſämtliche Rollen einer Flaſche entweder nebeneinander loſe auf einer in den Gehäuſewänden der Flaſche feſtgelagerten Achſe und haben alle gleichen Durchmeſſer; oder die Rollen jeder Flaſche ſitzen untereinander, jede auf beſonderer Achſe; ſie müſſen dann verſchiedene Durchmeſſer haben, damit die Seiltrume ohne Reibung aneinander vorbeigehen können. Da ſich bei dieſer Anordnung die Flaſchen ſehr lang bauen, wird ſie für Handflaſchenzüge nur ſelten gewählt. Die bewegliche Flaſche trägt ſtets den Laſthaken, während das Seil mit einem Ende zunächſt an der feſten Flaſche befeſtigt und dann nach einer Rolle der beweglichen Flaſche, von dieſer nach der erſten Rolle der feſten Flaſche, dann nach der beweglichen Flaſche u. ſ. w. geführt iſt. Das freie Seilende bildet den Angriffspunkt für die Kraft. — Der gewöhnliche Flaſchenzug mit gemeinſamer Hubbahn der loſen Rollen hat nach Ernſt [1] einen im umgekehrten Verhältnis zur Seildicke (ſtets Hanfſeil) ſtehenden Wirkungsgrad von 0,84—0,52 und iſt nicht ſelbſthemmend, ſo daß die Laſt beim Nachlaſſen oder Aufhören der Zugkraft von ſelbſt ſinkt. Zur Beſeitigung dieſes Uebelſtandes hat man daher Seilflaſchenzüge mit Selbſthemmung konſtruiert, von denen hier die Seilklemme von Hewitt & Goffs erwähnt ſein mag, die von Georg Kiefer in Köln ausgeführt wird. Aus dem Beſtreben, die Flaſchenzüge ſelbſthemmend zu machen, ſind weiter die Differential- und Schraubenflaſchenzüge hervorgegangen.

Unter Differentialflaſchenzügen verſteht man Kettenflaſchenzüge, bei denen die obere, feſte Rolle aus zwei in einem Stück gegoſſenen Rollen oder Kettenſcheiben von verſchiedenen Durchmeſſern beſteht, während die untere Flaſche nur eine einzige loſe Rolle enthält. Der in Fig. 1 abgebildete Weſtonſche Differentialflaſchenzug dürfte die älteſte derartige Bauart ſein. Er beſitzt eine endloſe Kette, deren frei herunterhängende Schleife zum Angriff beim Heben der Laſt dient, während die andre Schleife derſelben an der loſen Rolle die Laſt trägt, wobei ihre Kettentrume einerſeits über die größere, anderſeits über die kleinere

der beiden Kettenſcheiben laufen. Bei genügend kleinem Unterſchied der Rollenhalbmeſſer wirkt dieſer Flaſchenzug ſelbſtſperrend, indem der Unterſchied der auf entgegengeſetzten Seiten der Rollenachſe zur Wirkung kommenden Momente kleiner iſt als die Widerſtände der Ketten- und Zapfenreibung, die letzteren alſo das Niederſinken der Laſt verhindern. Um letzteres zu bewirken, muß daher ebenſo wie beim Anheben am frei herabhängenden Kettenſtrang gezogen werden. Für größere Laſten werden dieſe Flaſchenzüge auch mit einem beſonderen Haſpelrad für die Kette verſehen, wie in Fig. 2 dargeſtellt iſt. Die Kettenrollen der feſten Flaſche ſind in ihren Nuten mit eingegoſſenen Querrippen verſehen, zwiſchen die ſich die Glieder der Kette legen; dieſe muß daher kalibriert ſein. Sobald ſich die Kette reckt oder eine ſtärkere Abnutzung jener Querrippen eintritt, kommt die Kette leicht ins Gleiten, ſo daß die Laſt unbeabſichtigt zurückrutſcht und die Selbſthemmung aufgehoben iſt. Ein derartiger Flaſchenzug iſt dann unbrauchbar und zu verwerfen. Kette und Kettenrollen unterliegen einer ſtarken Abnutzung.

Fig. 1.

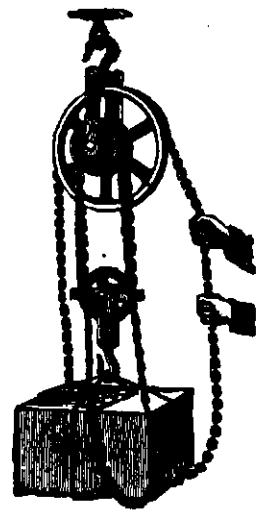


Fig. 2.

Auf denſelben Grundgedanken wie der Weſtonſche Differentialflaſchenzug beruhen auch diejenigen von Eade, Pickering und Moore. Der Differentialflaſchenzug von Eade, auch Epicykloidalflaſchenzug genannt und von Zobel, Neubert & Co. in Schmalkalden angefertigt, beſitzt in der feſten Flaſche ein innen verzahntes, mit der Kettenſcheibe zuſammengegoſſenes, loſe auf der Antriebswelle ſitzendes Rad, in das ein um einige Zähne kleineres Stirnrad eingreift, das, loſe auf einem Exzenter der Antriebswelle ſitzend, durch dieſe gedreht und in Eingriff mit dem Hohlrade erhalten wird. Da es durch geeignete Knaggen verhindert iſt, ſich im Hohlrade abzuwickeln, ſo iſt dieſes gezwungen, ſich bei jedem vollen Wellenumgang um den Unterſchied der beiderſeitigen Zähnezahlen zu drehen und dadurch die kalibrierte Laſtkette um den gleichen Winkelbetrag zu heben. Die Antriebswelle wird durch ein beſonderes Zugkettenrad betätigt.

Die Differentialflaſchenzüge von Moore und Pickering haben ebenfalls ein auf einem Exzenter der Antriebswelle ſitzendes Stirnrad, das in zwei dasſelbe umſchließende Hohlräder mit angegoſſenen Kettenſcheiben eingreift. Während Pickering das eine der beiden Hohlräder feſtſtellt und ſomit nur eine Kettenſcheibe dreht, ſetzt Moore beide Hohlräder loſe auf die Buchſen der Antriebswelle und betätigt ſomit beide Kettenräder in dem nämlichen Sinne. Die über dieſe gelegte Laſtkette iſt demnach auch mit beiden Enden am Laſthaken befeſtigt. Der Antrieb erfolgt ebenfalls mittels eines beſonderen Zugkettenrades [1]. — Der Flaſchenzug von Kohn (D.R.P. Nr. 65749), von Briegleb, Hanſen & Co. in Gotha gebaut, hat ein Stirnradvorgelege, deſſen Trieb auf der Achſe der Haſpelkettenſcheibe ſitzt, während das zugehörende Rad auf die Achſe der ſehr klein gewählten Kettennuß der Laſtkette aufgekeilt iſt. Die Haſpelkettenſcheibe iſt innen mit Sperrzähnen verſehen, in die ſich beim angeſtrebten Rücklauf der Laſt eine Sperrklinke legt, die an der Lagerbüchſe der Haſpelradwelle ihren Drehpunkt hat. Dieſe Büchſe wird unmittelbar vom Aufhängehaken des Flaſchenzuges getragen, ſo daß durch letztere und die Laſt der erforderliche Bremsdruck erzeugt wird. — Derartige Flaſchenzüge werden bis 2000 kg Höchſtbelaſtung gebaut [1].

Die Schraubenflaſchenzüge enthalten in der oberen Flaſche ein Schneckenradvorgelege, auf der Achſe des Schraubenrades ſitzt eine Kettentrommel oder Kettennuß für die Laſtkette, während die Achſe der Schnecke die Kettenſcheibe für die endloſe Zugkette trägt. — Hierzu gehört unter anderm der Schraubenflaſchenzug von Pohl (D.R.P. Nr. 40932), welcher ſelbſtſperrend iſt und mehrgängige Schnecken geſtattet. Das Schneckenrad beſteht aus zwei Hälften, die, loſe gegeneinander gelegt, auf der Achſe des Hebezeuges drehbar angeordnet ſind. Zwei Kettenräder mit ſehr verſchiedenen Zähnezahlen ſind an die äußeren Seiten der Schneckenradhälften angegoſſen. Die endloſe Laſtkette iſt in entgegengeſetzter Richtung über die Kettenrollen gelegt und in die eine Schlinge iſt eine loſe Rolle mit dem Laſthaken eingehängt. Eine ſteilgängige Schnecke, auf deren Achſe die Haſpelrolle ſitzt, bewegt das zweiteilige Schneckenrad ſcheinbar wie normale Räder vor oder zurück, doch hat die an den Ketten gleichmäßig wirkende Kraft das Beſtreben, die Kettenrollen und die mit ihnen zuſammengegoſſenen Schneckenradhälften in entgegengeſetzter Richtung zu drehen, unterſtützt alſo bei der Lafthebung das an der kleineren Rolle wirkende Laſtmoment durch den Zahndruck der Schneckenradhälfte gegen die Gewindegänge der Schnecke die beabſichtigte Drehung der letzteren, ſo daß die an der Haſpelwelle wirkende Kraft geringer ſein kann als beim ungeteilten Schraubenrad. Bei der Laſtſenkung dagegen unterſtützt umgekehrt das an der größeren Rolle wirkende Laſtmoment die rückläufige Bewegung der Schnecke, wodurch der Kraftaufwand bei der Laſtſenkung geringer wird. Im Ruhezuſtand endlich üben die Zähne der Schneckenradhälften durch ihr entgegengeſetztes Bewegungsbeſtreben einander entgegengeſetzte Drucke auf die Gewindegänge der Schnecke aus, klemmen alſo die einzelnen Schneckengewindegänge zwiſchen ſich ein und verhindern ſo die ſelbſttätige Drehung der Schnecke und das unbeabſichtigte Sinken der Laſt. — Dieſe Flaſchenzüge werden von G. A. Kroll in Hannover für Laſten von 500—10000 kg und Antrieb durch einen Arbeiter ausgeführt.

Der Schneckenflaſchenzug von Collet & Engelhard in Offenbach beſitzt, wie Fig. 3

zeigt, zwei von derſelben Schnecke angetriebene Schneckenräder, an jedem derſelben iſt eine Kettentrommel befeſtigt. An den entgegengeſetzten Enden jeder Trommel iſt eine Kette, aber beide in entgegengeſetzter Richtung, aufgelegt, die ſich an den Kreuzkopf des Laſthakens anſchließen, der ſomit in gerader Bahn ſenkrecht aufſteigt. Es iſt erſichtlich, daß der Flaſchenzug ſelbſthemmend iſt und er geſtattet die Anwendung ſtark ſteigender Schnecken; dagegen iſt die Hubhöhe beſchränkt. Die genannte Firma führt dieſelben bis 5000 kg Höchſtbelaſtung und 5 m Hubhöhe aus.

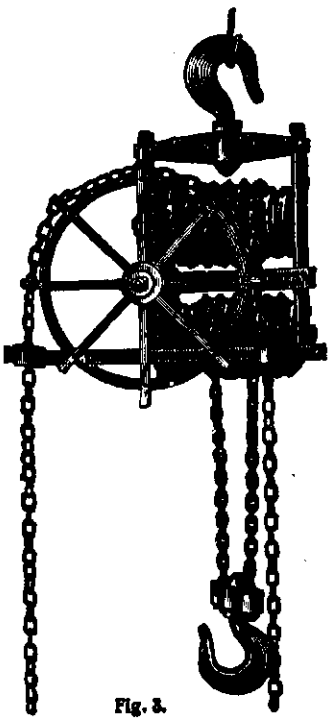


Fig. 3.

Schraubenflaſchenzüge mit Drucklager. Dieſe zuerſt von E. Becker, Berlin-Reinickendorf, nach D.R.P. Nr. 10611 ausgeführte Bauart hat von allen andern die weiteſte Verbreitung gefunden. Durch die Anwendung ſtark ſteigender Schnecken wird eine Nutzleiſtung bis 65% erzielt und durch das Drucklager eine zuverläſſige Selbſtſperrung erreicht, verbunden mit größter Sicherheit des Betriebes, bei ruhigem Gang und geringer Abnutzung aller Teile. Die Geſamtanordnung eines Beckerſchen Flaſchenzuges iſt aus Fig. 4 und 5, die Schneckenwelle mit Schnecke aus Fig. 6 (größerer Maßſtab) erſichtlich [1]. Die Schneckenwelle *W*, mit Haſpelrad für die Zugkette verſehen, iſt mit dem Vollkegel *C* aus dem Ganzen hergeſtellt; derſelbe wird durch den Achſendruck der Schnecke in den Hohlkegel *B* gepreßt, ſo daß beide Teile miteinander gekuppelt werden und der Zapfenanſatz des letzteren beim Laſtaufwinden als Stützzapfen dient, indem er ſich gegen die im Flaſchenzuggehäuſe ſitzende Druckſchraube *D* legt. Da die Schnecke ſteilgängig iſt, ſo muß der Rücklauf der ſchwebenden Laſt in geeigneter Weiſe verhindert werden und hierzu dient ein am Gehäuſe befeſtigter Sperrkegel (Fig. 7), der in die am Umfange des Hohlkegels *B* angebrachten Sperrzähne greift. Das Senken der Laſt kann nur durch Ziehen an dem auf der Schneckenwelle ſitzenden Kettenrad unter Ueberwindung des überſchüſſigen Bremswiderſtandes erfolgen.

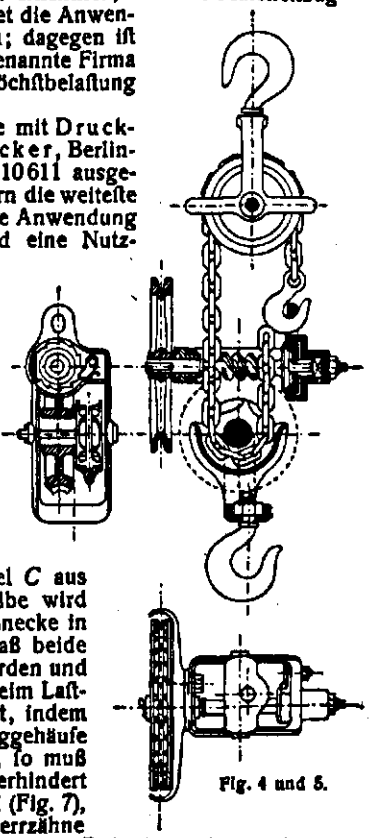


Fig. 4 und 5.

Fig. 7.

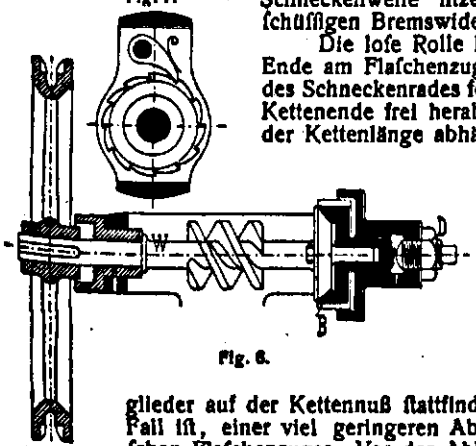


Fig. 6.

Die loſe Rolle hängt in einer Schleife der Laſtkette, die mit einem Ende am Flaſchenzuggehäuſe befeſtigt und dann über die auf der Achſe des Schneckenrades feſt aufgekeilte Kettennuß gelegt iſt, ſo daß das andre Kettenende frei herabhängt; demnach iſt die Hubhöhe der Laſt nur von der Kettenlänge abhängig. Es iſt Sorge getragen, daß die arbeitenden Teile in guter Schmierung erhalten werden können. Derartige Flaſchenzüge werden für Nutzlaſten bis zu 10000 kg gebaut; Gehäuſe, Schnecke, Drucklager und Kettennuß ſind aus Stahl hergeſtellt, nur das Schneckenrad beſteht aus Gußeiſen. Da, wie erwähnt, für gute Schmierung geſorgt iſt, ſo iſt die Abnutzung wegen des höheren Güteverhältniſſes eine ſehr geringe. Die Ketten der Beckerſchen Flaſchenzüge ſind weſentlich ſtärker als die des Weſtonſchen Differentialflaſchenzuges und ſind, weil ein viel ſeltenerer Lagenwechſel der Kettenglieder auf der Kettennuß ſtattfindet, als es bei dem letztgenannten Flaſchenzuge der Fall iſt, einer viel geringeren Abnutzung unterworfen als die Ketten des Weſtonſchen Flaſchenzuges. Vor der Ablieferung wird jeder Flaſchenzug mit der $1\frac{1}{4}$fachen Nutzlaſt probiert.

Das Prinzip der Beckerſchen Drucklagerbremſe iſt von vielen andern Konſtrukteuren in verſchiedenen Formen weiter angewendet worden. So benutzen Pichatzek & Lüders, Berlin, in ihrem D.R.P. Nr. 32820 ſtatt der Bremskegel eine einfache Lamellenkupplung. Von den beiden äußeren, mit der Schneckenwelle durch Nut und Feder verbundenen Druckſcheiben dieſer Kupplung dient die eine ebenfalls als Stützzapfen; zwiſchen beiden Scheiben liegt die aus Bronze zur Aufnahme von Schmiermittel hohl gegoſſene Sperrſcheibe, deren beiderſeitige Reibflächen bei entſprechend gewählten Abmeſſungen Erſatz für die Beckerſchen Bremskegel bieten. — G. Kiefer in Köln erſetzt die Sperrklinke zum Feſthalten der einen Kupplungshälfte durch eine Druckſchraube die beim Laſtſenken oder bei dem durch die ſchwebende Laſt

angeſtrebten Rücklauf der ſteilgängigen Schnecke die bewegliche Muffe gegen eine Lederſcheibe auf dem Boden der mit dem Gehäuſe feſt verbundenen Kupplungstrommel anpreßt und dadurch das ſelbſttätige Sinken der Laſt verhindert. Hierdurch wird außerdem ein vollſtändig geräuſchloſer Gang erzielt. Wie Fig. 8 erkennen läßt, iſt bei dieſen Flaſchenzügen das ſteilgängige Gewinde der Druckſchraube unmittelbar in das hintere Ende der Schneckenwelle eingeſchnitten. Beim Anheben der Laſt wird die bewegliche Schraubenmuffe *M* durch den zurzeit vorhandenen Anpreſſungsdruck gegen die Lederſcheibe gedrückt, während ſie durch die radiale Komponente des ſchiefen Zahndruckes der Hauptſchnecke, der gegen die innere Fläche der feſten zylindriſchen Gehäuſebuchſe wirkt, an der Drehung gehindert iſt. Hierdurch kommt das Gewinde zum Eingriff, und die Muffe *M* wird von der Lederſcheibe entfernt, wobei ihr Weg durch den Stift *S* begrenzt wird. Die Hauptſchnecke läuft dann auf dem Stützzapfen. — Die ſich ſelbſt überlaſſene Laſt ſucht die Hauptſchnecke rückwärts zu drehen und ſchraubt hierbei die bewegliche Muffe ſofort wieder gegen die Lederſcheibe im Gehäuſe, die dann einen ausreichenden Reibungswiderſtand bietet, um die Laſt ſchwebend zu erhalten, bezw. kann das Senken derſelben nur durch äußeren, den Bremswiderſtand der Lederſcheibe überwindenden Antrieb erfolgen.

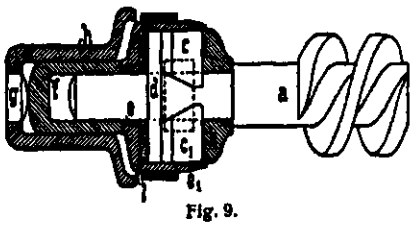
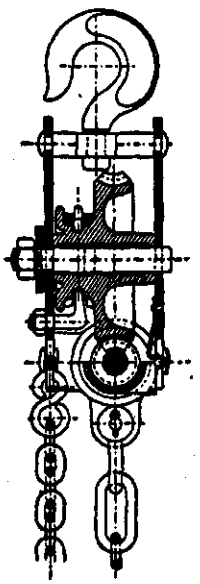


Fig. 9.



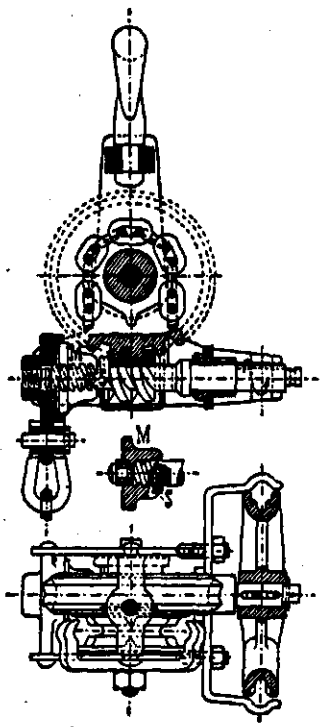


Fig. 8.

Bei der neueren Bauart des Kieferſchen Flaſchenzuges wird das Druckſchraubengewinde der Hauptwelle durch Schraubenklauenkupplung erſetzt, deren eine Hälfte mit der Hauptſchneckenwelle aus dem Ganzen hergeſtellt iſt, während die zweite Hälfte durch die verſchiebbare Bremsmuffe gebildet wird. Dieſe Anordnung beſeitigt den etwaigen Verſchleiß der Kernſpindel und erſetzt das Druckgewinde durch einen einzigen Schneckengang von ſehr reichlichen Abmeſſungen, ſo daß die ſpezifiſche Flächenpreſſung erheblich vermindert wird. — Erwähnt ſei noch G. Kiefers Flaſchenzug mit ſelbſttätiger Einkupplung eines Stirnradvorgeleges zum zwangläufigen raſchen Senken der Laſt (D.R.P. Nr. 101 902) [1].

Bei dem Schraubenflaſchenzug mit Maximbremskupplung von Gebrüder Bolzani in Berlin (D.R.P. Nr. 75977) wird die Bremswirkung ähnlich wie bei Kiefer einerſeits am inneren Umfange des Bremsgehäuſes, anderſeits an deſſen Grundfläche erzeugt. Der Hauptteil dieſes Flaſchenzuges iſt in Fig. 9 dargeſtellt.

Auf der Schneckenwelle *a* ſitzt feſt die Scheibe *b*, die durch den von der Laſt in erſterer erzeugten Achſendruck gegen zwei halbkreisförmige Bremsbacken *c* und c_1 gedrückt wird, die ſich, wie die Figur zeigt, gegen keilförmige Anſätze der auf der Schneckenwelle axial verſchiebbaren, aber nicht drehbaren Scheibe *d* legen, wobei die Bremsbacken *c* und c_1 auseinander und gegen den inneren Umfang e_1 der Bremsmuffe *e* gepreßt werden; gleichzeitig wird Scheibe *d* gegen eine im Grunde der Bremsmuffe befindliche Lederſcheibe gedrückt. Die Bremsmuffe ſtützt ſich auf die loſe Spurbuchſe *f* und dieſe gegen den im Gehäuſe befeſtigten balligen Spurzapfen *g*. Um die angehobene Laſt in der Schwebe zu halten, iſt die Bremsmuffe am äußeren Umfange mit Sperrzähnen verſehen, in die ein Sperrkegel eingreift. Beim Senken der Laſt muß der etwaige Bremswiderſtand durch die Kraft am Haſpelrad überwunden werden.

Auch dieſer Flaſchenzug arbeitet außerordentlich zuverläſſig und iſt die Abnutzung der einzelnen Teile, die leicht in guter Schmierung erhalten werden können, ſehr gering. Sie werden ebenfalls bis 10000 kg Nutzlaſt ausgeführt und iſt, da die Kette ebenſo aufgelegt iſt wie bei Becker, die Hubhöhe nur von der Kettenlänge abhängig.

Ueber Berechnung von Flaſchenzügen vgl. [1]. — Hüttentaſchenbuch. — Kataloge und Preiſe ſind von den genannten Firmen zu erhalten, außer welchen noch Hilgerſcheidt & Kasbaum, Berlin N. (Schönhauſer Allee), Duisburger Maſchinenbau-Aktiengeſellſchaft, Duisburg, Mohr & Federhaff, Mannheim, zu erwähnen ſind.

Literatur: [1] Ernſt, A., Die Hebezeuge, Berlin 1899, 3. Aufl., Bd. 1. *Spackt.*

Flaferkalk, ſ. Kalkſtein.

Flaferung, in der Geſteinskunde die Erſcheinung, daß in einem geſchichteten Geſtein einzelne Lagen eines Minerals linſenförmige, körnige Anhäufungen

darſtellen, während die einſchließenden Lagen desſelben Minerals ſich parallel um dieſe linſenförmigen Aggregate anſchmiegen, daß alſo im allgemeinen eine Parallelität zwiſchen der Längserſtreckung der Linſen und der darum ſich biegenden Lagen vorhanden iſt. Dieſes Gefüge iſt meiſt dem Gneis eigen. *Leppla.*

Flatterruß, ſehr leichter, großflockiger Ruß (ſ. d.).

Flavin, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 635.

Flèche d'amour, ſ. Quarz.

Flechtarbeiten, Geflechte, ſind Arbeiten, bei denen Fäden oder andre biegſame, band- oder rutenförmige Körper durch Verſchränkung (Kreuzung) von einem nach dem andern Ende fortſchreitend vereinigt ſind. Werden die Fäden, von einem nach dem andern Ende fortſchreitend, durch Verſchränkung (Kreuzung) und Zwirnung vereinigt, ſo nennt mán das Arbeitsverfahren Klöppeln (ſ. d.). Aeltere Flechtmaſchinen ſ. [1], neuere [2], Knüpfarbeiten [3]; Herſtellung der Flechtwaren [4].

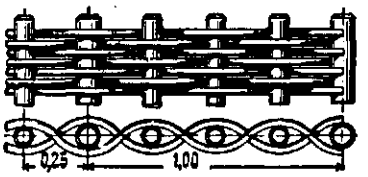
Literatur: [1] Prechtls Techn. Encyklopädie, Stuttgart 1843, Bd. 13, S. 233. — [2] Höffer, Verh. des Gewerbfleißver. 1885, S. 23. — [3] Dillmont, Thérèse de, Encyklopädie der weiblichen Handarbeiten, Dornach (Elſaß), ohne Jahreszahl, S. 361. — [4] Leipziger Monatſchrift für Textilinduſtrie 1904, S. 18; 1905, S. 88. *Ernſt Müller.*

Flechtenblau (Lackmus), durch Alkalien gebläuter roter Farbſtoff mehrerer Flechtenarten (ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 641).

Flechtenrot (Orcein), eigentlich färbende Subſtanz und Hauptbeſtandteil der Orſeille (ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 641).

Flechtmaſchine, ſ. Flechtarbeiten.

Flechtzaun (Flechtwerk), zur Uferbefeſtigung ſowie bei der Wildbachverbauung zu Stauwänden verwendet, beſteht aus runden Pfählen von 10—15 cm Durchmeſſer, die in 20—40 cm Diſtanz von Mitte zu Mitte in den Boden eingeſchlagen und mit Strängen von grünen Weidenruten in der aus der Figur erſichtlichen Weiſe umflochten werden.



Derſelbe erſetzt vielfach in geringer Höhe auf der Krone der Regulierwerke und bei Abdeckung der Uferböſchungen mit grünem Weidenſtrauch die Faſchinenwürſte; das darunter liegende Strauchwerk bekommt durch Flechtzäune einen feſteren Halt. Ebenſo dienen ſie als Stützlager für Steinpflaſterungen. Bei geringen Höhen werden die Pfähle manchmal abwechſelnd in ſchräger Richtung eingeſchlagen und umbunden; in der Regel treibt man ſie ſenkrecht ein, wodurch insbeſondere das Herabdrücken der Ruten erleichtert wird. Sehr häufig wird auch lebendes Flechtwerk, bei dem die Ruten wieder ausſchlagen und anwachſen, verwendet.

Fleck, ſ. Deichverteidigung, Bd. 2, S. 707.

Fleckausmachen, Beſeitigung von Flecken aus Papier, Zeugſtoff, Holz u. ſ. w.

Sind die Flecke dadurch entſtanden, daß gewiſſe Subſtanzen, wie Wachs, Fette, nur mechaniſch mit der Unterlage verbunden ſind, ohne deren Pigment zu verändern, ſo gelingt die Entfernung in der Regel ſchon, wenn man ſie mit Benzin, Aether oder reinen ätheriſchen Oelen (Lavendelöl, rektifiziertes Terpentinöl) wäſcht oder damit benetzt, auf beiden Seiten mit Löſchpapier bedeckt und ſodann mit einem heißen Plätteiſen darauf drückt. Um zu verhindern, daß durch das Weiterdringen des Fettes unter dem Einfluß der Wärme ein wolkiger Rand um die befleckte Stelle entſteht, beſtreicht man den Fleck ringsherum mit einer Löſung von Gummi arabicum, die ſpäter mit Waſſer wieder ausgewaſchen wird.

Aus wollenen Stoffen laſſen ſich friſche Flecke dadurch beſeitigen, daß man kohlenſaure Magneſia zu einem Brei anrührt, denſelben ca. 4—5 mm dick aufträgt, unter geringer Belaſtung eintrocknen läßt und ſchließlich mit einem heißen Plätteiſen erwärmt. Wachsflecke in wollenen Zeugen werden am einfachſten mit Spiritus angefeuchtet; das Wachs löſt ſich dann beim Reiben in Pulverform ab. Bei Samt bedient man ſich am beſten eines Mulläppchens, das man mit trockenem Sand füllt, erhitzt und den Samt vorſichtig damit reibt.

Von Oelfarbe, Harz oder Teer herrührende Flecke laſſen ſich mit Ochſengalle oder Terpentinöl entfernen. Wenn die Flecke bereits eingetrocknet ſind, ſo müſſen ſie zuvor mit ungeſalzener Butter erweicht werden, die man mehrere Tage darauf ſitzen läßt; auch Chloroform dient als Aufweichungsmittel. Fettflecke auf Papier werden am einfachſten durch weißen Bolus oder Cimolit, auf Holz durch gewöhnlichen Ton beſeitigt, indem man die genannten Subſtanzen auf die fleckigen Stellen ſtreicht und trocknen läßt. Weißliche, durch Feuchtigkeit entſtandene Flecke verſchwinden, wenn man mit einem feuchten Tuche Zigarrenaſche aufreibt.

Zur Entfernung von Flecken aus echt gefärbten (ausgenommen ſcharlachrot) Zeugen bedient man ſich häufig der ſogenannten Fleckkugeln, die aus in Weingeiſt gelöſter Seife, Eigelb, etwas Terpentinöl und Walkererde, weißem Bolus (ſo viel, als zur Konſiſtenz erforderlich) beſtehen. Man wäſcht zuvor die Flecke mit warmem Waſſer, überſtreicht ſie mit den Fleckkugeln und wäſcht dann rein aus. Tinten- und Roſtflecke, ferner Wein- und Obſtflecke, über-

haupt alle durch Pflanzenpigmente erzeugten Flecke auf ungefärbten weißen Zeugen verſchwinden, wenn man ſie in mäßig verdünnte Salzſäure taucht und dann auswäſcht. Bedruckte und gefärbte Zeuge verlieren in den meiſten Fällen die Farbe bei Behandlung mit Säuren; die Herſtellung der urſprünglichen Färbung iſt ſchwierig. Tinten- und Roſtflecke laſſen ſich nur ſehr ſelten ohne Zerſtörung des Pigments aus gefärbten Zeugen beſeitigen. Rotweinflecke laſſen ſich aus ſolchen oft ſchon durch Waſchen mit lauwarmer Milch entfernen. Die Flecke von manchen Rotweinen ſind indes widerſtandsfähiger und verſchwinden erſt nach mehrmaligem Waſchen mit verdünntem Salmiakgeiſt. Tinten- und Blutflecke auf Holz werden mit verdünnter Schwefelſäure behandelt. Man läßt dieſelbe kurze Zeit einwirken, wäſcht dann die Stelle mit Waſſer aus und reibt ſie ſchließlich mit Soda und Aſche trocken.

Die Fleckenausmachung hat ſich zu einer gewiſſen Kunſt herausgebildet. Außer den oben ſchon genannten Mitteln mögen noch folgende Erwähnung finden:

Die Fleckſeifen, im weſentlichen aus Seife, Ochſengalle und Quillayarindenextrakt beſtehend (Gallſeife), die Fleckſtifte ſind aus den Fleckſeifen hergeſtellt. Fleckwaſſer beſtehen aus weingeiſtigen Ammoniaklöſungen mit Terpentinöl u. ſ. w., aus Hypochloritlöſungen (Eau de Javelle) u. ſ. w. In Dietrichs Pharmac. Manual, Helfenberg, finden ſich Vorſchriften ſowie eine umfaſſende tabellariſch zuſammengeſtellte Anleitung zur Reinigung von Flecken. *Bujard.*

Fleckenmergel, in der Geologie graue, kalk- und manganreiche Mergel mit zahlreichen dunkeln Flecken. Sie gehören der Liasformation der Alpen an und werden an manchen Orten (bayriſche Alpen) zur Zementbereitung verwendet.

Fleckenporphyr, ſ. Quarzporphyr.

Fleckfarbe, Mittel, um in Leimfarbenanſtrichen befindliche Flecke zu beſeitigen; beſteht aus gelöſchtem Kalke, Eſſigſäure und Waſſer.

Fleckjaspis, ſ. Quarz.

Fleckſchiefer, Tonſchiefer und Phyllite, die in einer ſcheinbar gleichartigen Grundmaſſe Flecke und Knoten von verſchiedener Form zeigen. Je nachdem dieſe die Form von Büſcheln oder Aehren zeigt, hat man die Fleckſchiefer auch als Garben- oder Fruchtſchiefer bezeichnet.

Die Flecke und Knoten ſind Anhäufungen von einzelnen Gemengteilen der Schiefer, ſo z. B. von Hornblende, Biotit, Chlorit, Eiſenerz. Die Fleckſchiefer ſcheinen aus Phylliten hervorgegangen zu ſein, da, wo dieſe mächtigere Granitmaſſive umhüllen. Demnach darf man ſie als kontaktmetamorphiſche Veränderungen auffaſſen. In viel höherem Maße gilt dies von den ſogenannten Knotenſchiefern, die durch Einwirkung des granitiſchen Magmas auf die umhüllenden Tonſchiefer entſtanden ſind. Die Knoten ſind kleine, hirſekorngroße dunklere Fleckchen, die durch Anhäufung der färbenden Maſſe der Tonſchiefer gebildet werden, alſo durch Eiſenerz, kohlige Subſtanzen, Glimmer. Der Knotentonſchiefer ſtellt den geringſten Grad der Umwandlung durch den Granit dar. Je mehr man ſich dieſem in der Schieferhülle nähert, treten in dem Knotentonſchiefer in der Regel Andaluſit oder Chiaſtolith in den Knoten auf, und dieſes Stadium der Umwandlung wird Chiaſtolithſchiefer genannt. Noch weiter gegen den Granit werden die Schiefer feinkriſtallin und reich an hellem Glimmer, auch wohl an Biotit; daneben enthalten ſie noch Quarz. Weiter werden die Knoten weniger ſcharf und das Eiſenerz geht in eine undurchſichtige ſchwarze Maſſe über. Dieſe Art bezeichnet man als Knotenglimmerſchiefer. Als höchſtes Stadium der Umwandlung der Tonſchiefer ſtellt ſich unmittelbar am Granit der Hornfels ein. Die Schieferung iſt hierbei ganz verloren gegangen. Die Hornfelſe ſind ſpröde, ſehr harte, dichte oder ſehr feinkörnige, ſchwarze oder graue, auch wohl violette Geſteine. Sie beſtehen aus Quarz, Eiſenglanz oder Magnetit nebſt zahlreichem Andaluſit, Biotit, Turmalin u. ſ. w. Cornubianit iſt ein aus Andaluſit und Glimmer beſtehender Hornfels. — Eine beſondere techniſche Bedeutung wohnt den Fleck- und Knotenſchiefern nicht inne. Sie werden häufig zur Straßenbeſchotterung verwendet. *Leppla.*

Fleckſeifen dienen zum Entfernen von Fettflecken und fettigen Schmutzflecken aus farbigen Stoffen. Die beſten Fleckſeifen ſind die Gallſeifen (ſ. d.); andre haben Zuſatz von Terpentinöl, Borax und Tonerde. Den Wert der Gallſeifen haben letztere nicht. S. a. Fleckausmachen.

Literatur: Deite, Handbuch der Seifenfabrikation, 2. Aufl., Bd. 2, S. 351. *Deite.*

Fleet, niederdeutſche Bezeichnung für Zweigkanäle von Schiffahrtskanälen oder für Entwäſſerungskanäle aus Ländereien; auch ſ. v. w. Diele (ſ. Bauernhäuſer). *Pachnik.*

Fleiſchbeſchau, ſ. Nahrungsmittelkontrolle und Schlachthaus.

Fleiſchdüngermehl von Fray-Bentos iſt ein Gemiſch von Fleiſch und Knochenmehl, daher ſtickſtoff- und phosphorſäurehaltig (6,5—7,5 % Stickſtoff und 11—17 % Phosphorſäure). Es führt im Handel den Namen Fray-Bentos-Guano. *Weitz.*

Fleiſchextrakt, ſ. Konſervierung (Nahrungsmittel).

Fleiſchhackmaſchine, -keller, ſ. Fleiſchwarenfabrikation.

Fleiſchmarkt, gemeinſamer Verkauf des Fleiſches in beſonderen ſtädtiſchen Gebäuden, Markthallen (ſ. d.) u. dergl.; vgl. a. Markt.

Schon die Römer hatten getrennte Orte für das Schlachten der Tiere und für den Verkauf des Fleiſches. In mittelalterlichen Städten waltete über letzteren beſondere ſanitäre Wachſamkeit. Für die bauliche Anlage der heutigen Fleiſchmärkte ſind folgende Geſichtspunkte zu beachten: Das Gebäude wird am beſten aus Stein, Eiſen und Glas erbaut; es ſei hell und luftig, mit Vorkehrung zur Abhaltung der Sonnenſtrahlen und der Fliegen verſehen. Der Fußboden ſei waſchbar und undurchläſſig (Zement, Aſphalt, Steinzeug), die Innen- und Zwiſchenwände, behufs Reinhaltung, aus härteſten, glaſierten Backſteinen oder mit Plättchenbelag. Es ſeien viele Zugänge und breite Gänge vorhanden. Die einzelnen Fleiſchſtände oder Fleiſchbänke, durch Zwiſchenwände getrennt und durch eiſerne Gitter verſchließbar, erhalten eine Breite von 2,25 m und eine Tiefe von 3,0 m. Nach vorn ſind ſie mit einem Ladentiſch aus Steinplatten (Marmor, Schiefer u. ſ. w.) verſehen. An den Rückwänden und dem Gitter ſind ſtarke Haken zum Aushängen des Fleiſches anzubringen. Waſſerleitung zur Erhaltung der Reinlichkeit iſt geboten. In einem Kellergeſchoß würden Einzelgelaſſe zur Aufbewahrung der Vorräte von Vorteil ſein.

Literatur in den Fachzeitſchriften: Zeitſchr. f. Bauweſen, Berlin 1880 und 1881; Zentralbl. d. Bauverw., Berlin 1891 und 1894; Deutſche Bauzeitung, Berlin 1867, 1873, 1883, 1891, 1893 und 1894.

Weinbrenner.

Fleiſchräucherei, ſ. Fleiſchwarenfabrikation und Konſervierung.

Fleiſchteil (Spalte), der beim Spalten von Blöße oder Leder mit Hilfe der Spaltmaſchine abfallende untere Teil der Haut.

Die beim Spalten von Blößen oder ſchwach angegerbten Häuten gewonnenen Spalte werden noch vollſtändig durchgegerbt und dann wie die beim Spalten von fertigem Leder erhaltenen Spalte zu geringeren Qualitäten Oberleder, Futterleder u. ſ. w. verwendet. *Pfeifer.*

Fleiſchwarenfabrikation. Die hauptſächlich zur Fleiſchwarenfabrikation ſich eignenden Fleiſchſorten haben im Durchſchnitt den in beiſtehender Tabelle angegebenen Prozentgehalt an Waſſer, ſtickſtoffhaltiger Subſtanz, Fett und Aſche (knochenfrei berechnet). In [1], [2] und [3] iſt die große Bedeutung des Fleiſches für die Ernährung auseinandergeſetzt, worauf wir verweiſen. Ohne beſondere Maßregeln hält ſich das Fleiſch nicht lange; Temperaturen über 0° C., Feuchtigkeit (Waſſergehalt) und die Gegenwart von Bakterien begünſtigen die Fäulnis. Bei der Fleiſchwarenfabrikation (Charcuterie) muß deshalb vor allem auf Beſeitigung der Fäulnisbedingungen Bedacht genommen werden, um das Fleiſch nach Bedürfnis zu konſervieren. Mittel dazu ſind: Aufbewahren in einer Temperatur unter 0° C. und in reiner, trockener Luft, Waſſerentziehung (durch Pökeln, Räuchern, Dörren u. ſ. w.), antiſeptiſche Behandlung mit Chemikalien, inſoweit dieſelben nicht reichsgeſetzlich verboten ſind (Borax, Glyzerin, Kreoſot, Salizyl, Salpeter, Salz u. ſ. w.), und Tötung der Bakterien im Fleiſche durch Kochen und nachfolgendes Aufbewahren in luftdicht verſchloſſenen (verlöteten) Blechbüchſen.

Fleiſchſorten	Waſſer	Stickſtoffhaltige Subſtanz	Fette	Aſche
Sehr fetter Ochs . .	54,76	16,93	27,23	1,08
Mittelfetter Ochs . .	72,25	21,39	5,19	2,17
Magerer Ochs . . .	76,07	20,61	1,50	1,18
Fettes Kalb	72,31	18,88	7,41	1,33
Mageres Kalb . . .	78,82	19,86	0,82	0,05
Sehr fetter Hammel .	47,91	14,80	36,39	0,85
Halbfetter Hammel .	75,99	18,11	5,77	1,33
Fettes Schwein . . .	47,04	14,54	37,34	0,72
Mageres Schwein . .	72,57	19,91	6,81	1,10

Lediglich an der Luft getrocknetes Fleiſch wird nur an wenigen Orten (Engadin, Bergamaskeralpen, den Hochebenen von Nord- und Südamerika u. ſ. w.) produziert; in Amerika pulveriſiert und preßt man getrocknetes Fleiſch, das im Handel als Fleiſchzwieback vorkommt. In den meiſten Ländern ſind jedoch die klimatiſchen Verhältniſſe für derartige Prozeduren, die ſehr trockene, die Verdampfung begünſtigende Luft erheiſchen, nicht geeignet. Hier treten dann hauptſächlich das Einſalzen (Pökeln), das Räuchern ſowie Büchſenkonſerven bei Herſtellung der ſogenannten Dauerwaren der Charcuterie in den Vordergrund. In Lyon wurde die Dauerwurſtwarenfabrikation begründet. Die eigentlichen Charcuterwaren: feinere Würſte, Galantinen, Trüffelwürſte, Gänſeleberwürſte, Paſteten u. ſ. w. ſind Erzeugniſſe einer ſehr bedeutenden Induſtrie im Elſaß (Hauptſitz derſelben Straßburg). Gewöhnliche billigere Kochwürſte werden ſeit langer Zeit in Nürnberg, Frankfurt, Regensburg u. ſ. w. fabriziert. Immer mehr bedient ſich die Fabrikation der Maſchinen. Die beſonders in Braunſchweig, Thüringen und Weſtfalen mit großem Maſchinenbetrieb eingeführte Dauerwurſtwarenfabrikation hat einen Fabrikationswert von vielen Millionen Mark pro Jahr.

Dauerwurſt (Salami, „Cervelat", Mettwurſt) wird nicht gekocht, ſondern aus einer Miſchung von rohem gehackten Schweine- und Rindfleiſch hergeſtellt und geräuchert. Die deutſche Dauerwurſtfabrikation ſteht unter ſtrenger ſanitärer Kontrolle. Die zur Wurſtfabrikation notwendigen Därme werden hauptſächlich aus den Eingeweiden vom Schwein, Rind, Schaf und Kalb gewonnen, in eignen Darmſchleimereien (Kuttlereien) gereinigt und eingeſalzen (konſerviert). Da das Inland nicht genügend Därme produziert, ſo werden dieſe hauptſächlich aus Amerika importiert.

Das Schwein, deſſen Fleiſch und Blut die meiſten Fleiſch- und Wurſtwaren liefert, muß nach erfolgter Schlachtung unter Zuſatz von Pechlauge heiß gebrüht werden, um die Borſten wegzuſchaffen. Bei Dampfbetrieb verwendet man Brühkeſſel mit Schlangenrohren, durch die der Dampf in das mit Pech geſättigte Waſſer einſtrömt. Vorrichtungen zum Aus- und Einheben der Schweine in den Brühkeſſel durch Handkranen erleichtern die Arbeit weſentlich. Die großen Schweineſchlächtereien in Chicago (Libby Mc. Neill & Libby u. ſ. w.) benutzen eine ſogenannte Scraper-Maſchine (Fig. 1), um die Schweine borſtenfrei zu machen. Die geſchlachteten Schweine werden auf einer endloſen Laufbahn ($a\,a^1$) befeſtigt und durch die Maſchine gezogen; *b* zeigt ein kreisförmiges Dampfleitungsrohr, von dem durch feine Löcher der mit Lauge vermiſchte Dampf auf die Borſten des Schweines geführt wird. Die ſich ſtark federnden Schaber *c*, die ſich feſt dem Körper des Schweines anpaſſen, befreien denſelben von den Borſten, welch letztere auf das durch eine endloſe Gelenkkette gerüttelte, oberhalb des mit Brühdampf geſättigten Reſervoirs *e* angeordnete Sieb *d* fallen. In dem Reſervoir oder geſchloſſenen Kaſten *e* befindet ſich der Dampfſammler *f*, der nicht nur den Brühdampf für die Borſten, ſondern auch den für das Dampfleitungsrohr *b* nötigen Dampf abgibt. Der vom Reſervoir *e* ausſtrömende Brühdampf vereinigt die durch das Sieb aus dem Kaſten zu Boden geſchüttelten Borſten, die hierauf durch heiße Luft getrocknet und in Säcke gefüllt werden. Ein Nachreinigen der Schweine unter den Schlegeln muß mit Handſchaber vorgenommen werden, was ſehr raſch geſchieht. Das borſtenfreie Schwein wird in den Fleiſchkeller gebracht, um 4—6 Stunden auszukühlen, worauf die Zerteilung erfolgt. Auch die Teile des geſchlachteten Rindes müſſen, wenn zum Räuchern oder zu Dauerwurſt beſtimmt, gekühlt werden, während bei Kochwurſt das Rindfleiſch in warmem Zuſtande gehackt werden muß, wodurch ergiebigeres Wurſtbrät erzielt wird. Gewöhnlich verwendet man die vorher gepökelten Schweinſchlegel zur Schinken- und die andern Teile zur Wurſtfabrikation. Bei Ochſenfleiſch verwendet man hauptſächlich das Filet oder Rückenſtück nach dem Pökeln desſelben zur Räucherung (Hamburger Rauchfleiſch).

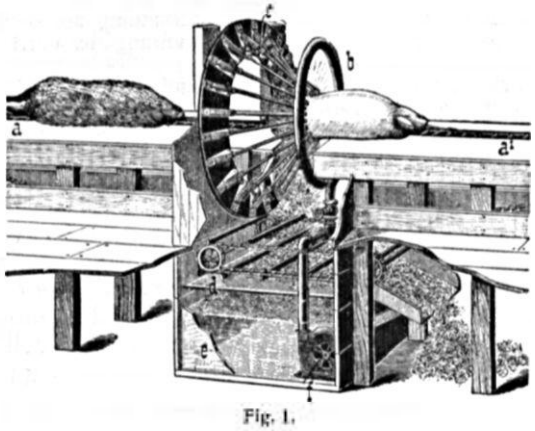


Fig. 1.

Das Pökeln war ſchon zu Anfang des 15. Jahrhunderts bekannt. Das Fleiſch wird in eine Lake, die durch Kochen von Waſſer und Salz mit 18—25° Salzgehalt hergeſtellt wird, gelegt und durch die antiſeptiſche Wirkung der Salzlöſung konſerviert. Eine einfache Salzlöſung iſt die beſte Lake, obgleich ein Zuſatz von Salpeter dem Fleiſch eine ſchöne rote Farbe gibt und Zuckerzuſatz das Fleiſch ſaftiger erhält. Die durch das Pökeln zu Verluſt gehenden Nahrungsſtoffe (Kaliſalze, Phosphor und Eiweiß) ſind nicht unbedeutend. Langes Liegen in der Salzlake veranlaßt außer den chemiſchen Veränderungen des Fleiſches auch eine größere Zähigkeit desſelben. — Von dem gewöhnlichen Pökeln, bei dem das Fleiſch in mit Lake gefüllte Holz- oder Steinbottiche gelegt wird, unterſcheidet ſich das Schnellpökelverfahren. Bei dieſem wird durch Fleiſchſalzmaſchinen die Lake auf mechaniſchem Wege mit Gewalt in das Fleiſch hineingepreßt, meiſt in eiſernen Gefäßen, die luftleer gepumpt werden, in welche die Lake eintritt und mit großer Gewalt das Fleiſch durchdringt, oder durch Einpumpen der Lake mit einer Druckpumpe. Auch die Verwendung von Kohlenſäure unter hohem Druck (Kohlenſäureflaſchen) iſt praktiſch, um Lake raſch in das Fleiſch zu preſſen; doch konnten dieſe Prozeduren bis jetzt das alte Pökelverfahren nicht verdrängen, weil ein gleichmäßiges Pökeln durch Druck ausgeſchloſſen iſt. Der Pökelkeller ſoll trocken, reinlich, hoch und luftig ſein und nicht mehr als 2° R. Wärme haben. Da das Pökeln wärmere Luft als der eigentliche Eiskeller braucht, ſo iſt ein doppelter Keller unerläßlich. Die bisherigen Fleiſch- und Pökelkeller, mit Eis gekühlt, das oben oder unten oder neben dem Kellergewölbe gelagert wird, ſind ungenügend. Reine Luft iſt erſte Bedingung. Man verwendet daher bei größeren Betrieben Eiskühl- oder Kaltluftmaſchinen, die reine, trockene, kalte Luft den Kellern zuführen.

Die Konſervierung des Fleiſches durch Kälte hat ſich vorzüglich bewährt. Durch niedrige trockene Temperaturen bleiben Güte, Geſchmack und Ausſehen des Fleiſches unverändert; für gewiſſe Zwecke wird das Fleiſch ſogar beſſer. Größere zeitgemäße Schlachthöfe ſind daher gleich größeren Fleiſchwarenfabriken mit Kühlanlagen [4] verſehen. — Während bei maſchineller Kühlung die Luft ſtets aufnahmefähig für Feuchtigkeit bleibt, Boden, Decken und Wände u. ſ. w. wie auch das Fleiſch ſelbſt ſtets eine trockene Oberfläche beibehalten und hierdurch die Unmöglichkeit einer Anſiedlung von Fäulniskeimen vorliegt, herrſcht in den mit Eis gekühlten Räumen eine mit Feuchtigkeit geſättigte Luft, und die von friſch eingebrachtem Fleiſch herrührende Feuchtigkeit ſchlägt ſich an den kalten Wänden und Decken — insbeſondere an denen, die an den Eisraum grenzen — wie auch zeitweiſe an dem ſchon gekühlten Fleiſche nieder und ſchafft ſo einen die Wucherung der Fäulnisbakterien begünſtigenden Boden.

Nachdem das Fleiſch je nach Qualität kürzere oder längere Zeit gepökelt wurde, wird dasſelbe von der Lake gereinigt und getrocknet, um in dieſem Zuſtande als ſogenanntes Surfleiſch (Salzfleiſch) konſumiert oder im Räucherofen weiter behandelt zu werden. Das Pökeln iſt notwendig, um das Fleiſch für die im Rauch enthaltenen antifermentativen Stoffe aufnahmefähig zu machen. Die konſervierenden Beſtandteile des Rauches ſind Kreoſol, Phenol, Kreſol,

Eſſigſäure und weitere Produkte der trockenen Deſtillation; die Wirkung dieſer Stoffe wird durch die Austrocknung unterſtützt. Zur Fleiſchräucherung verwendet man Buchenſpäne und Sägemehl ſowie Erlenholz, je nachdem die Räucherung auf kälterem oder wärmerem Wege erfolgt. — Zur Schnellräucherung eignet ſich beſonders Erlenholz, das, mehr brennend als rauchend, ca. 1—1½ m tiefer als das Fleiſch im Räucherungsapparat gelegt wird, der aus Stein oder Blech konſtruiert und ca. 2 m breit und 3 m hoch iſt. Man iſt imſtande, Fleiſch in 3—4 Stunden, Würſte in ¼—½ Stunde zu räuchern. Bei zu raſchem heißen Räuchern bildet ſich jedoch eine zähe Schicht auf der Fleiſchoberfläche, und es kann weiterer Rauch behufs haltbarer Konſervierung nicht mehr in das Fleiſch eindringen. Auch verwendet man zur Schnellräucherei Kreoſot und Holzeſſig; dies ergibt aber kein feines Fabrikat. — Das Kalträuchern erzeugt das Fabrikat langſamer aber haltbarer und iſt mehr im Gebrauch. Die betreffende Anlage iſt turmartig, zwei bis drei Stock hoch und mit dem Fabrikgebäude verbunden. Im Kellergeſchoß vollzieht ſich die Raucherzeugung und darüber im erſten, zweiten, dritten Stock liegen viereckige oder abgerundete, gleich große Räucherkammern, in die der Rauch mittels Gitteröffnungen geleitet wird. Die Räucherkammern beſitzen Luftabzüge, um den verbrauchten Rauch nach außen zu führen. Bei der Räucherei für Dauerwurſt befinden ſich noch auf dem feuerſicheren Boden der einzelnen Rauchkammern ca. 30 cm hohe und 20 cm breite offene Rauchkanäle, die in Schlangenwindungen den Boden bedecken. Dieſe Kanäle werden mit Sägemehl gefüllt und dasſelbe an den beiden äußerſten Enden der Kanäle entzündet, wodurch der Rauch ſich gleichmäßiger über die aufgehängten Würſte verbreitet; der Arbeitsprozeß erfordert peinliche Aufmerkſamkeit. — Schweinefleiſch, weil fett, eignet ſich am beſten zum Räuchern, Ochſen- und Kalbfleiſch weniger und dürfen letztere dem Rauche nur kurze Zeit ausgeſetzt werden. Der Nährwert des Fleiſches erleidet durch das Räuchern inſofern eine Einbuße, als durch die Austrocknung und Einwirkung der chemiſchen Stoffe das Eiweiß gerinnt, womit die Fleiſchfaſer hart und weniger löslich wird. Man ſucht zwar das Fleiſch mit Leinen zu umhüllen und auf dieſe Weiſe zu ſchützen, allein im Großbetriebe iſt dies zu umſtändlich.

Zur Wurſtfabrikation verwendet man das Fleiſch ausgebeint und fortiert; dann wird dasſelbe mittels Fleiſchwiegemaſchinen oder Hackmaſchinen gewiegt oder gehackt. Fig. 2 zeigt eine Patentfleiſchwiegemaſchine von Gebr. Unger in Chemnitz, die mit fünf bis neun Klingen gebaut wird. Dieſe Maſchine wendet durch Vorrichtung *i* nicht nur das Fleiſch tadellos nach der Mitte des Wiegeblockes *c* ein, ſondern ſtreicht auch das durch die Maſchine vom Blocke auf den Kranz herabgedrängte Fleiſch wieder ſelbſttätig hinauf. Der Hauptantrieb mit Voll- und Leerſcheibe erfolgt bei *a*, von wo aus gleichzeitig der untere Antrieb a_1 zur Wiegeblockdrehung und die Schwungräder ff_1 in Umlauf geſetzt werden, welch letztere den Betrieb der Fleiſchwiegemeſſer *b* durch die Führungsſtangen ee_1 bewirken. Der Wiegeblock *c*, der ſich während des Betriebes durch Antrieb a_1 in Verbindung des Zahnradkranzes *d* kontinuierlich dreht, läuft über Rollen und kann durch Handtrieb *h* (in Verbindung mit einer Gelenkkette) mit den Spindeln *g* und g_1 hoch und nieder geſtellt werden. Die einzelnen Klingen des Wiegemeſſers *b* können durch Doppelſchrauben hoch und nieder geſtellt und ganz oder teilweiſe (z. B. zum Schleifen) herausgenommen werden.

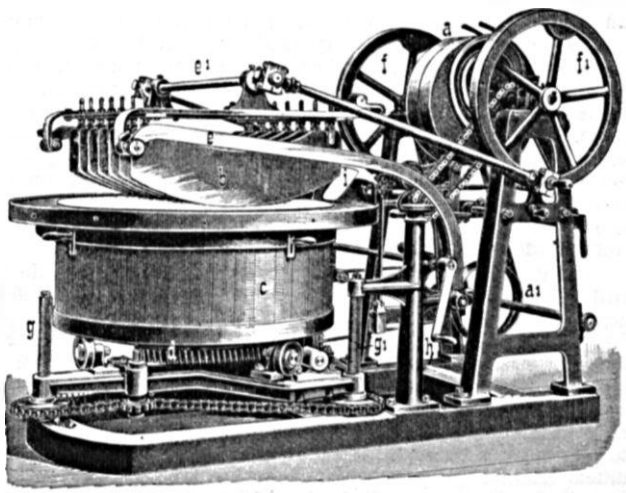


Fig. 2.

Die Maſchinenfabriken von Karges-Hammer A.-G. in Braunſchweig, Chr. Kortmann in Arnſtadt, Alexanderwerk in Remſcheid u. a. liefern ebenfalls ſehr praktiſche Fleiſchwiegemaſchinen und verweiſen wir auf deren Kataloge. Im Intereſſe des Arbeiterſchutzes wie der Fabrikation werden bei allen dieſen Maſchinen nun Ausrückungsvorrichtungen verlangt, wodurch der ganze Mechanismus im Moment zum Stillſtand gebracht werden kann, ſo daß z. B. die Wiegemeſſer ſofort auf jedem beliebigen Punkte ſtehen bleiben. Die Maſchinenfabrik Karges-Hammer A.-G. in Braunſchweig hat durch eine ſinnreiche Konſtruktion dieſe Aufgabe völlig gelöſt.

Zur Fabrikation von Kochwürſten hat in neuerer Zeit die Rotationsfleiſchſchneidemaſchine von E. Schott in Kirchheim u. T. (Württemberg) und der Maſchinenfabrik Malſch in München großen Eingang gefunden. Fig. 3 zeigt die Schottſche Fleiſchſchneidemaſchine. Sie arbeitet geräuſchlos und ſchneidet das Fleiſch durch vier dünne runde Meſſerſcheiben *a* in kurzer Zeit (1 Ztr. Fleiſch in 12—20 Minuten). Die vier runden Meſſerſcheiben ſind einzeln auf einer Stahlachſe *b* feſtgeſchraubt, deren Lagerung nebſt Führungsbüchſen mit einer das Fleiſch nie verunreinigenden Schmiervorrichtung verſehen iſt. Die Meſſerſcheiben drehen ſich frei, jede für ſich, auf ihrer eignen Achſe und überſchneiden während des Betriebes die Oberfläche des Wiegeblockes *c*, der durch einfachen Zahntrieb *d* ſich kontinuierlich dreht. Dadurch, daß das Fleiſch durch die Arbeitsweiſe der Meſſer nicht gequetſcht, zerriſſen, gedrückt oder geſtoßen,

ſondern geſchnitten wird, verändert ſich die natürliche Farbe desſelben in keiner Weiſe. Die exzentriſche Stellung der Meſſer macht die Bedienung der Maſchine gefahrlos, und kann das Fleiſch während des Betriebes von oben nach unten gewendet werden. Die große Bindekraft, die man bei friſchgeſchlachtetem, ſofort verarbeitetem warmem Fleiſche mit dieſem Apparat erhält, liegt hauptſächlich darin, daß ſich das Fleiſch während des Fleiſchſchneidens abkühlt.

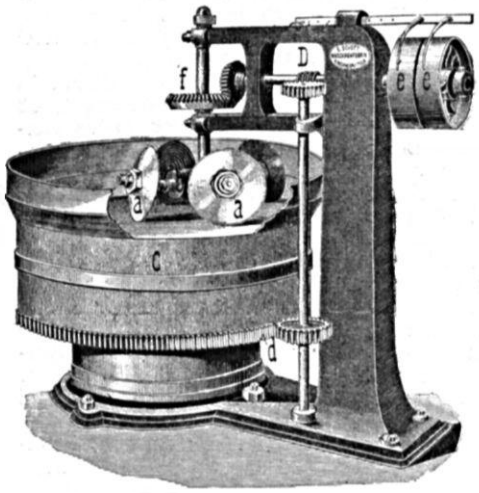


Fig. 3.

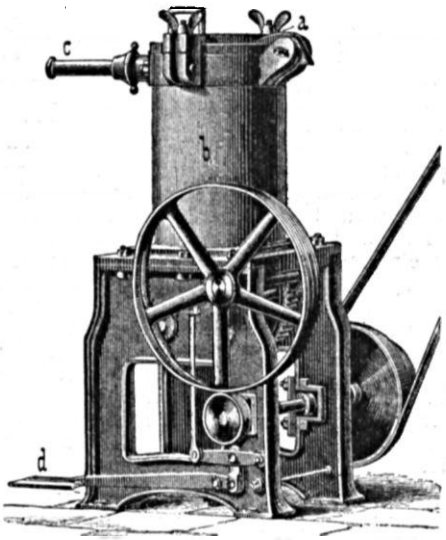


Fig. 4.

Der Antrieb der Maſchine, die ca. 2 PS. erfordert, erfolgt durch Riemenſcheiben *e e* und einfachen Zahnradtrieb *f*, und der Block kann durch Spindeltriebe höher oder tiefer geſtellt werden.

Zur weiteren Verarbeitung des Fleiſches zu Wurſtbrät werden auch Fleiſchhackmaſchinen verwendet, die durch das Fallen des vier- bis neunfachen Wiegemeſſers von oben das Fleiſch zerhacken (Syſtem Schott, Kirchheim u. T.). Durch ein ſolches Zerhacken wird das Fleiſch in allen ſeinen Muskelfaſern gelockert und zerteilt und ein für Kochwurſt ſehr ergiebiges Brät erzielt. Gleich dieſer Maſchine exiſtieren noch verſchiedene Syſteme von Fleiſchhack- und Schneidemaſchinen, zu denen auch der Fleiſchwolf gehört, ferner der in neueſter Zeit viel verwendete Fleiſchcutter (Fleiſchſchnellſchneidemaſchine), der in einfacher, Zwillings- und Drillingsausführung gebaut wird. Dieſe Maſchinen werden vom Alexanderwerk Remſcheid, Scheffel & Schiel in Mülheim a. Rh., Karges-Hammer A.-G. in Braunſchweig u. ſ. w. gebaut, auf deren Proſpekte wir verweiſen.

Hat das Fleiſch durch Zerſchneiden oder Hacken die Form des Wurſtbrätes erhalten, ſo wird dasſelbe unter mehr oder weniger Zuſatz von Waſſer und Gewürzen in die Fleiſchmengemaſchine gebracht, um in dieſer Maſchine kräftig gemiſcht und geknetet zu werden. Karges-Hammer A.-G. in Braunſchweig und Werner & Pfleiderer in Cannſtatt liefern derartige Maſchinen nach eignen Patenten (ſ. deren Kataloge). Nachdem die Miſchung vollzogen, wird das nun fertige Wurſtbrät in die Wurſtfüllmaſchine gebracht. Fig. 4 zeigt eine derartige Maſchine (Patent der Firma Karges-Hammer A.-G. in Braunſchweig); ſie arbeitet mit einer Füllung von 40 kg Wurſtbrät und das Brät wird durch Oeffnen der Flügelſchrauben *a* in den Zylinder *b* eingefüllt. Der in dem Zylinder befindliche Kolben wird von unten nach oben mittels Zahnſtange getrieben und die Därme über das Zylinderrohr *c* geſchoben, aus dem das Brät in den Darm gepreßt wird. Durch die gleichmäßige Preſſung iſt ein Platzen der Därme kaum möglich und vollzieht ſich die Füllung ſehr ſchnell, weil der Arbeiter beide Hände zur Führung des Darmes benutzen kann. Durch Hebung des Fußtrittes *d* kann die Kolbenpreſſung ſofort abgeſtellt und damit ein weiteres Nachpreſſen verhütet werden. Stufenſcheiben geſtatten das Füllen mit wechſelnden Geſchwindigkeiten. — Amerikaniſche Fleiſchwarenfabriken benutzen Wurſtfüllmaſchinen mit direkter Dampfwirkung und Selbſtſteuerung; jedoch wird dabei der Füllzylinder und das Brät erwärmt, was das Anſehen des Brätes (z. B. bei Dauerwurſt) ſchädigt. Die Verwendung von Speckwürfeln iſt bei Kochwurſt, insbeſondere aber bei Dauerwurſt, notwendig und werden dieſe Würfel durch eigne Speckſchneidemaſchinen geſchnitten. Das Grundprinzip ſolcher Maſchinen, die von den meiſten der angeführten Fabriken gebaut werden, beſteht darin, daß Speck in einen durch Flügelſchrauben zu ſchließenden horizontalen eiſernen Kaſten eingelegt und durch einen dem Kaſten ſich anpaſſenden Kolben gegen das Mundloch des Kaſtens und dort durch ein Meſſergatter, beſtehend aus kleineren oder größeren Quadraten, gepreßt wird, um beim Austritt aus demſelben durch flügelförmige Meſſer in Würfel geſchnitten zu werden.

Nachdem die Därme gefüllt und in beſtimmte Längen abgebunden ſind, werden Dauerwürſte geräuchert, Kochwürſte dagegen in den Fleiſchkochapparat gebracht, der aus einem Dampfkochkeſſel mit doppeltem Boden (ſ. Dampfkochapparate) oder aus einem Keſſel mit direkter Feuerung beſteht. Die in neuerer Zeit eingeführte Konſervierung in Blechdoſen hat ſich für die heißere Jahreszeit und den Export bewährt; ſie beſteht darin, den Luftabſchluß

mit nachfolgender keimtötender Behandlung durch Kochen der Büchſen mit Inhalt oder durch Füllen mit Konſervierungsſalzlöſung herbeizuführen.

Literatur: [1] Ranke, J., Die Ernährung des Menſchen, München 1876. — [2] Merges, N., Die internationale Wurſt- und Fleiſchwarenfabrikation, Wien 1899; Hausner, A., Die Fabrikation von Konſerven, Wien. — [3] Wenger, Georg, Chemie und Technik im Fleiſchergewerbe, Wien 1900. — [4] Denkſchrift der Geſellſchaft für Lindes Eismaſchinen, Wiesbaden 1903; Eppner, J., Die deutſche Wurſtfabrikation, Weimar 1881; Merges, Lehrbuch der Wurſt- und Fleiſchwarenfabrikation, Leipzig (ohne Jahreszahl). *Oertel.*

Fleiſchwolf, ſ. Fleiſchwarenfabrikation.

Fleuret, ſ. Seidenſpinnerei.

Flickbetrieb der Straßenunterhaltung beruht auf der fortlaufenden Ausbeſſerung der Straßenoberfläche durch Ausfüllen der Mulden, Schlaglöcher und Gleiſe mit Schotter, wobei das Einfahren und Glätten dieſer neu beſchotterten Stellen dem Straßenfuhrwerk überlaſſen bleibt und nicht wie beim Deckenbetrieb (ſ. d.) durch Einwalzen mit Straßenwalzen erfolgt (ſ. Straßenunterhaltung). *L. v. Willmann.*

Fliegende Brücken, ſ. Fähren.

Fliegende Gerüſte, ſ. Baugerüſt.

Fliegende Gleiſe, ſ. Feldeiſenbahnen.

Fliegenpapier, früher mit arſenigſaurem Alkali, jetzt allgemein mit einer Abkochung von Quaſſiaholz getränktes Löſchpapier, das, angefeuchtet und mit Zucker beſtreut, zur Vertilgung der Stubenfliegen dient. *Kraft.*

Fliegenſtein, ſ. Arſen.

Flieger oder Topklüver, ein für Segeljachten gebräuchliches Vorſegel, das am Stengeſtange vom Top der Stenge gefahren wird; ſ. Beſegelung.

Fliegrahmenmaſchine, Vorrichtung zum Rauh- und Klarſchleifen von Spiegeltafeln.

Die Maſchine wird durch eine horizontale Welle mit koniſchem Zahnrad bewegt. Eine vertikal ſtehende Welle überträgt mittels Kurbeln die Bewegung auf zwei horizontal unter einem, in frei ſich bewegenden Kugeln befeſtigten viereckigen Rahmen angebrachte Führungsarme, die, der Bewegung des Rahmens folgend, ihrerſeits die auch bei der Handarbeit üblichen Kaſten tragen, auf die das Oberglas fixiert iſt. Die Kaſten ſelbſt ſind in ihrem Mittelpunkt in Zapfen drehbar. Die Bewegung der Maſchine iſt eine doppelte, da das Oberglas außer der durch die Kurbel direkt erteilten Bewegung noch in Rotation um den Zapfen des Schleifrahmens verſetzt wird. Sowohl die Höhe der Führungsarme oder, mit andern Worten, der Abſtand des Oberglaſes von der abzuſchleifenden Fläche als auch der horizontale Abſtand der beiden Schleifkaſten voneinander laſſen ſich nach Erfordernis regulieren, wodurch es möglich wird, in verhältnismäßig kurzer Zeit bei einer Geſchwindigkeit von etwa 35 Umdrehungen der Führungsarme auch die größten Gläſer an allen Stellen ihrer Oberfläche gleichmäßig abzuſchleifen. *Andés.*

Fliehkraft, ſ. Zentrifugalkraft.

Flieſen, unglaſierte oder glaſierte Tonplatten von meiſt quadratiſcher, jedoch auch von andrer Form, von der die reguläre achteckige und ſechseckige beliebt iſt.

Glaſierte Flieſen werden hauptſächlich zur Bekleidung von Wänden benutzt, und ſind dann letztere oft mit einem ſich wiederholenden Muſter dekoriert. In ſeltenen Fällen werden die Flieſen auch zuſammenhängend mit größeren Gemälden verſehen, und zwar ſowohl einfarbig, etwa in Blau unter Glaſur, nach Delfter Art, als auch mehrfarbig. Neuerdings werden derartige Tonplatten auch an paſſenden Stellen in Möbel eingelegt, um eine farbige Dekoration derſelben herbeizuführen. Die einfarbigen, glaſierten Flieſen werden augenblicklich vielfach zur Verkleidung von Hausfluren, Fenſterbrüſtungen der Schaufenſter und ähnlichem benutzt, wobei oft Wert darauf gelegt wird, daß die farbige Glaſur mehr oder weniger verlaufene Streifen u. ſ. w. aufweiſt; die Ausbildung der letzteren erfolgt entweder ausſchließlich durch Feuerwirkung oder dadurch, daß beim Aufbringen der Glaſur die Glaſurmaſſe ungleich dick aufgetragen oder daß an einzelnen Stellen die Glaſurmaſſe teilweiſe wieder mit Hilfe eines Schwammes oder dergl. entfernt wird. Unglaſierte Flieſen dienen in erſter Linie zu Bodenbelägen; ſie müſſen zu dieſem Zweck gegen Abnutzung möglichſt widerſtandsfähig ſein, ſich leicht reinigen laſſen und dürfen nicht glatt werden. Dieſen Anforderungen entſprechen in beſter Weiſe die trocken gepreßten Tonplatten nach Mettlacher Art und die mit Riffelung verſehenen nachgepreßten Uniplatten (ſ. Tonwaren). *Dümmler.*

Flieſen, ſchwediſche, dünne Platten eines bläulichen Kalkſteins der ſiluriſchen Formation Schwedens.

Als Sollinger Flieſen bezeichnet man dünne Platten von rotbraunem oder rotgrauem, feinkörnigem Buntſandſtein, die aus dem Sollinger Wald bei Holzminden ſtammen und zum Flurbelag, zur Dachdeckung u. ſ. w. verwendet werden. Das Material beſitzt eine mittlere Druckfeſtigkeit von 557 kg auf 1 qcm und nimmt 3,2% Waſſer auf. *Leppla.*

Flieſenpflaſter, ſ. Straßenbau.

Fließen feſter Körper nannte zuerſt Tresca die Formänderungen, welche Metalle und andre feſte Körper ähnlich den Bewegungen flüſſiger Körper zulaſſen, wenn ſie genügend hohen Drücken ausgeſetzt werden [1].

Der Druck auf der Oberfläche pflanzt ſich wie bei Flüſſigkeiten, wenn auch nicht nach denſelben Geſetzen, im Innern fort, und bei genügender Größe desſelben findet ein Abfließen nach der Seite, durch Mündungen u. ſ. w., überhaupt nach denjenigen Stellen ſtatt, wo der geringſte Widerſtand entgegengeſetzt wird. Die Technik hat von dieſer Eigenſchaft feſter Körper von jeher Gebrauch gemacht (beim Walzen, Drahtziehen, Stanzen, Lochen u. ſ. w.), doch wurde erſt von Tresca eine einheitliche Unterſuchung und Beurteilung des Fließens angebahnt. Er verfolgte experimentell die unter verſchiedenen Verhältniſſen entſtehenden Veränderungen und ſuchte den Vorgängen auch theoretiſch nahe zu kommen, wobei die aus Verſuchen entnommene Unveränderlichkeit des Geſamtvolumens als allgemeinſter Ausgangspunkt diente. Auch wies bereits Tresca auf die Folgen hin, welche ſich aus dem Fließen feſter Körper für die Erklärung geologiſcher Erſcheinungen ziehen laſſen. Dieſe wurden beſonders von Tyndall [12] in der Gletſcherkunde und von Heim [13] bei Erklärung der Gebirgsbildung verwertet. Mehr und mehr faßte man den Begriff des Fließens feſter Körper allgemeiner auf, indem alle erheblicheren bleibenden Formänderungen (Strecken, Quetſchen u. ſ. w.) in der Bezeichnung eingeſchloſſen wurden. Mit einſchlagenden Fragen haben ſich neben Tresca beſonders Kick, Bauſchinger, Kirſch, vom theoretiſchen Standpunkte auch Saint-Venant, Rejtö und Mohr beſchäftigt. Beiſpielsweiſe hat Mohr bei Beurteilung der Umſtände, welche die Elaſtizitätsgrenze und den Bruch des Materials bedingen, die Ergebniſſe von Fließverſuchen herangezogen (vgl. Feſtigkeitsbedingung). Die wichtigſte allgemeinere Literatur iſt unten angegeben. Selbſtverſtändlich gehen zahlreiche Werke und Aufſätze aus den Gebieten der Feſtigkeitslehre und mechaniſchen Technologie auf einzelne Fälle und Fragen des Fließens ein; ſ. a. Fließgrenze, Druckverſuch, Zerreißverſuch, Proportionale Widerſtände, Elaſtiſche Nachwirkung, Elaſtizitätsgrenze, Dehnung u. ſ. w.

Literatur: [1] Tresca, Mémoire sur l'écoulement des corps solides, Annales du Conservatoire des arts et métiers, 1865–66, S. 9 (Auszug: Compt. rend., 1864, LIX, S. 754). — [2] Tresca, Circonstances que présente l'écoulement de la glace, soumise à de fortes pressions, Compt. rend., 1865, LX, S. 398. — [3] Tresca, Sur l'écoulement des corps solides, Compt. rend., 1867, LXIV, S. 809. — [4] Tresca, Sur les applications de l'écoulement des corps solides au laminage et au forgeage, Compt. rend., 1867, LXIV, S. 1132. — [5] Tresca, Sur l'application des formules générales du mouvement permanent des liquides à l'écoulement des corps solides, Compt. rend., 1868, LXVI, S. 1027, 1244. — [6] Tresca, Mémoire sur le poinçonnage des métaux et la théorie mécanique de la déformation, Compt. rend., 1869, LXVIII, S. 1197. — [7] Tresca, Mémoire sur le poinçonnage de métaux et des matières plastiques, Compt. rend., 1870, LXX, S. 27. — [8] De Saint-Venant, Sur l'établissement des équations des mouvements intérieurs opérés dans les corps solides ductiles etc., Compt. rend., 1870, LXX, S. 423. — [9] Tresca, Etude sur la torsion prolongée au delà de la limite de l'élasticité, Compt. rend., LXXIII, S. 1104. — [10] Tresca, Résultats des expériences de flexions faites sur des rails en fer et en acier au delà de la limite de l'élasticité, Compt. rend., 1871, LXXIII, S. 1153. — [11] Tresca, Sur le rabotage des métaux, Compt. rend., 1871, LXXIII, S. 1307. — [12] Tyndall, Das Waſſer in ſeinen Formen als Wolken und Flüſſe, Eis und Gletſcher, Leipzig 1873, S. 77, 101 u. ſ. w. — [13] Heim, Unterſuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung, Baſel 1878, S. 89 (ſ. dagegen Pfaff, Der Mechanismus der Gebirgsbildung, Heidelberg 1880, S. 127). — [14] Kick, Technologiſche Studien über Materialien und deren Formänderungen, Techniſche Blätter 1881, S. 150, 185; 1882, S. 150, 215. — [15] Mohr, Ueber die Darſtellung des Spannungszuſtandes und des Deformationszuſtandes eines Körperelements und über die Anwendung derſelben in der Feſtigkeitslehre, Civilingenieur 1882, S. 113. — [16] Tresca, Note sur l'écrouissage et la variation de la limite de l'élasticité, Compt. rend., 1884, XCIX, S. 351. — [17] Kick, Das Geſetz der proportionalen Widerſtände und ſeine Anwendungen, Leipzig 1885, S. 75. — [18] Bauſchinger, Ueber die Veränderung der Elaſtizitätsgrenze und der Feſtigkeit des Eiſens und Stahls durch Strecken und Quetſchen u. ſ. w., Mitteilungen u. ſ. w., Heft XIII, München 1886. — [19] Kirſch, Beitrag zum Studium des Fließens, insbeſondere beim Eiſen und Stahl, Mitteilungen aus den Kgl. Verſuchsanſtalten zu Berlin 1887, S. 69; 1888, S. 37; 1889, S. 9. — [20] Lehmann, Molekularphyſik mit beſonderer Berückſichtigung mikroſkopiſcher Unterſuchungen, I, Leipzig 1888, S. 57. — [21] Chaudy, Formule du travail de déformation dans le laminage et le martelage, Mémoires de la société des ingénieurs civils 1894, I, p. 47. — [22] Kirſch, Ueber den Flüſſigkeitsgrad feſter Körper, Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1896, S. 156. — [23] Hartmann, Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts, Paris 1896. — [24] Rejtö, Die innere Reibung der feſten Körper als Beitrag zur theoretiſchen mechaniſchen Technologie, Leipzig 1897. — [25] Martens, Materialienkunde für den Maſchinenbau, I, Berlin 1898, S. 67, 191, 229 u. ſ. w. — [26] Heyn, Die Umwandlung des Kleingefüges bei Eiſen und Kupfer durch Formänderungen in kaltem Zuſtande und darauffolgendes Ausglühen, Zeitſchr. d. Vereines deutſcher Ingenieure 1900, S. 433. — [27] Thallner, Konſtruktionsſtahl, Freiberg 1904. — [28] Mohr, Abhandlungen aus dem Gebiete der techniſchen Mechanik, Berlin 1906, S. 209 (ſ. a. Proportionale Widerſtände). *Weyrauch.*

Fließfiguren, Erſcheinungen, die, mit bloßem Auge wahrnehmbar, an der Oberfläche feſter Körper bei deren mechaniſcher Beanſpruchung zutage treten, ſobald die Beanſpruchung die Fließgrenze des Materials überſchreitet.

Iſt die Oberfläche des beanſpruchten Körpers unbearbeitet, z. B. bei Walzeiſen mit ſogenanntem Hammerſchlag überzogen, ſo zeigen die Fließfiguren ſich darin, daß die Hammerſchlagſchicht, weil ſie ſpröde und weniger formänderungsfähig iſt als das darunterliegende

Metall, von diefem abfpringt und helle Streifen hinterläßt. Derart find die Fließfiguren zuerft von Lüders beobachtet und als „Abwurffiguren" bezeichnet [1]. Unter Einwirkung feuchter Luft roften die von dem Hammerfchlag befreiten Stellen leicht und die Fließfiguren treten dann durch die Roftfärbung meift fehr fcharf hervor (f. Fig. 1). War die Oberfläche des Stückes vor der Beanfpruchung fauber poliert, fo geben die Fließfiguren fich dürch Spiegelungen zu erkennen, welche davon herrühren, daß einzelne Maffenteilchen gegen die urfprünglich ebene Oberfläche zurücktreten, und zwar zuweilen fo weit, daß man die Unebenheiten fühlen kann. Nach Ewing und Rofenhain, die auf Zug, Druck und Verdrehen beanfpruchte Proben mikrofkopifch beobachteten, gleiten mit dem Beginn der bleibenden Formänderungen die einzelnen Teile der Körner in zueinander parallel ftehenden

Fig. 2.

Fig. 1. Angeroftete Fließfiguren.

Fig. 3. Fließfiguren in Barfifcher Schicht.

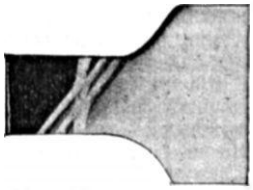


Fig. 4. Fließfiguren, am Kopf eines Zerreißftabes beginnend.

Fig. 5. Fortfchreiten der Fließfiguren beim Zerreißftab.

Ebenen (f. Fig. 2) [2], [3]. Pohlmeyer erhielt fehr fcharfe Fließfiguren dadurch, daß er die bearbeitete Oberfläche der Probeftäbe vor der Beanfpruchung durch Glühen in Waffердampf mit der fogenannten Barfifchen Schicht überzog, die dann beim Verfuch in fcharf begrenzten Streifen abfprang (f. Fig. 3) [4]. Hartmann [5], [6] berichtet über Verfuche der franzöfifchen Artillerie, bei denen zur Hervorbringung der Fließfiguren polierte Stahlftäbe vor der Beanfpruchung bei 100—200° C. fchwach anlaufen gelaffen und nach der Beanfpruchung mit fehr feinem Schmirgelpapier abgerieben wurden.

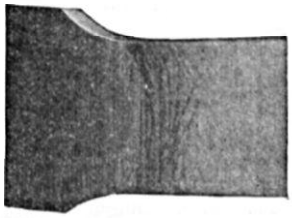


Fig. 6.

Fig. 11.

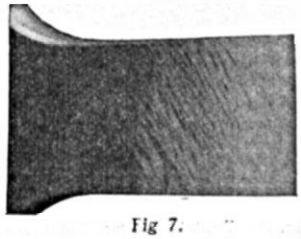


Fig 7.

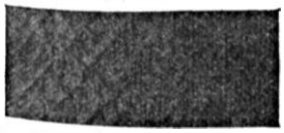


Fig. 8.

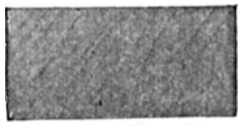


Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 6—11. Verfchiedenartige Fließfiguren auf flachen Zerreißftäben.

Im wefentlichen beftehen die Fließfiguren aus nebeneinander verlaufenden und fich kreuzenden Linienfyftemen, deren Form von der Art der Beanfpruchung abhängt. Bei Zerreißverfuchen mit Flachftäben z. B. treten fie häufig zuerft als einzelne fchmale Streifen auf (Fig. 4), und zwar meift in der Nähe eines Stabkopfes oder beider Köpfe zugleich. Die Streifen bilden hierbei mit der Zugrichtung (Stabachfe) Winkel von etwas über 45° und laffen fich meift auf allen vier Flächen um den Stab herum verfolgen. Bleibt das Spannwerk der Mafchine in Tätigkeit, fo verbreitern fich die Streifen entweder oder es treten in mehr oder weniger großem Abftande von den zuerft entftandenen oder quer zu ihnen neue Streifen auf, ftetig oder fprungweife fortfchreitend über die ganze Länge des Stabes (f. Fig. 5). Die weitere Ausbildung der Fließfiguren beim Zerreißverfuch ift, wie die Fig. 6—11 zeigen, außerordentlich verfchieden. Die Urfachen für diefe verfchiedenartige Ausgeftaltung bei gleichartiger Beanfpruchung find noch nicht erforfcht; wahrfcheinlich find fie in ungleichmäßiger Spannungsverteilung fowie in der voraufgegangenen mechanifchen Bearbeitung und Wärmebehandlung des Materials und in deffen mehr oder weniger gleichmäßigen chemifchen Zufammen-

Fig. 12. Oberflächenerfcheinungen, beim Bearbeiten des Stabes auf der Hobelmafchine entftanden.

fetzung zu fuchen. So zeigen z. B. die moiréartigen Fließfiguren Fig. 11 auffallende Aehnlichkeit mit dem Ausfehen der Staboberfläche Fig. 12, das lediglich beim Abarbeiten auf der Hobelmafchine entftanden und eine Folge ungleichmäßiger chemifcher Zufammenfetzung (Phosphorabfonderungen) ift. Wird das Spannwerk der Mafchine während des Entftehens der Fließfiguren mit gleichbleibender, mäßiger Gefchwindigkeit betrieben, d. h. der Probeftab langfam gedehnt, fo pflegt die hierzu erforderliche Kraft etwas geringer zu fein, als die Kraft beim Entftehen der erften Fließfiguren war. Zuweilen fchwankt fie auf und ab. Ihr ftetiges Anwachfen bis zur Höchft- und Bruchlaft tritt erft dann wieder ein, wenn die Fließfiguren über den ganzen Stab fich erftrecken. Mit dem ftetigen Anwachfen der Kraft verfchwinden die Fließfiguren auf den polierten Oberflächen wieder; die Oberfläche bekommt glanzlofes, rauhes Ausfehen.

Hartmann [5] behandelte die glattpolierte Oberfläche feiner Probeftäbe während der Beanfpruchung mit verdünnten Säuren und beobachtete hierbei:

1. daß gleiche Linien wie bei den Fließfiguren fchon vor Ueberfchreitung der Streckgrenze auftreten;

2. daß die Zahl der Linien mit wachfender Belaftung zunimmt, daß aber die einzelnen Linien ihre urfprüngliche Neigung zur Kraftrichtung dauernd beibehalten und daß diefe Neigungsrichtung auch in dem Verlauf der Anbrüche und Bruchflächen zutage tritt;

3. daß die Größe des Neigungswinkels dem Material eigentümlich und bei gleichmäßiger Belaftung von der Form des Körpers und der Gefchwindigkeit der Beanfpruchung unabhängig ift.

Hartmann folgert hieraus, daß die äußere Kraft auf diejenigen Materialteilchen wirkt, die zur Kraftrichtung in einem beftimmten Winkel liegen, und daß die Linien die Richtung angeben, in der die Kraftvermittlung in dem beanfpruchten Material erfolgt. Er nennt fie daher „Kraftlinien". In ihrem Auftreten ftellte er zuerft folgende Gefetzmäßigkeit feft: Bei reiner Zugbeanfpruchung entftehen auf der Oberfläche der Flachftäbe zwei geradlinige regelmäßige Linienfyfteme, die fich kreuzen und mit der Kraftrichtung einen Winkel α bilden, der bei Metallen größer ift als 45°. Bei zylindrifchen Zerreißftäben find die Kraftlinien Schraubenlinien, deren Tangenten mit der Erzeugenden des Zylinders ebenfalls den Winkel α bilden. Bei Druckbeanfpruchung verlaufen die Kraftlinien nur dann regelmäßig, wenn die Höhe oder Länge des Probeftückes nahezu gleich deffen Breite ift. Auf den vier Seitenflächen der Würfel entftehen dann wieder zwei fich kreuzende Syfteme gerader paralleler Linien; ihre Neigung zur Kraftrichtung ift aber nicht wie beim Zugverfuch größer, fondern kleiner als 45°. Analog zeigen die Mantelflächen zylindrifcher Druckproben wieder Schraubenlinien, gleichgültig, ob die Zylinder aus einem Stück beftehen oder aus einzelnen Scheiben zufammengefetzt find; auf den kreisrunden Endflächen der Scheiben entftehen logarithmifche Linienfyfteme. Die Kraftlinien auf der Oberfläche von Kugeln mit zwei angearbeiteten parallelen Druckflächen find fich kreuzende fphärifche Spiralen, deren Tangenten in den Schnittpunkten einen Winkel bilden, der kleiner ift als 90°. Bei teilweifer Belaftung oder wenn neben der äußeren Kraft die Formänderung hindernde Kräfte einwirken, verlaufen die Kraftlinien nicht parallel, ihre Form hängt dann von der Natur der hindernden Kräfte ab. — Stoßweife wirkende Kräfte verurfachen Kraftlinien gleicher Art wie langfam wirkende Kräfte; die Länge der Linien nimmt aber bei gleicher Schlagarbeit ab mit wachfender Gefchwindigkeit oder abnehmender Dauer des Stoßes oder Schlages; die Gefchwindigkeit, mit der die Kraft im Material vermittelt werden kann, ift alfo befchränkt.

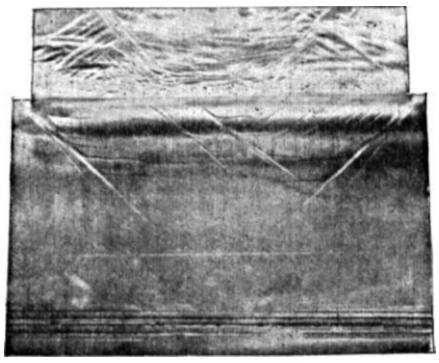


Fig. 13. Entftehung der Fließfiguren bei Flachftäben mit fcharfem Kopfanfatz.

Der vorerwähnte Einfluß der die Formänderung hindernden Kräfte auf die Art der Fließfiguren tritt deutlich bei der Abbildung (Fig. 13) eines Stabes zutage, deffen Breite bei gleicher Dicke von dem einen nach dem andern Ende hin abgeftuft war und der fo weit belaftet wurde, bis der ftärkfte Teil gerade zu fließen begann [7]. Bei diefer Stabform wird die Belaftung von dem fchmäleren Stabteil nicht in ganzer Breite auf den breiteren übertragen, fo daß die Formänderung des letzteren durch den Widerftand feiner nicht unmittelbar beanfpruchten Teile behindert ift. Man erkennt aus Fig. 13, daß hierbei zwei Hauptgruppen von Streifungen entftanden, nämlich 1. die annähernd unter 45° zur Stabachfe geneigten und 2. die von diefem abzweigenden und nahezu fenkrecht zur Stabachfe gerichteten. Die erfteren zeugen davon, daß beim Fortfchreiten des Fließens von dem fchmäleren Stabteil zum breiteren in letzterem zuerft Fließen infolge der Schubfpannungen eintritt und daß die ftärkften Schubfpannungen von den beiden Abftufungsecken ausgehen. Der von den Flächen mit größter Schubfpannung begrenzte dreieckige Teil wird gewiffermaßen aus dem Ganzen herausgezogen. Außerhalb diefes Dreiecks ift rechts und links nur je eine, ebenfalls auf Schubfpannungen deutende Linie wahrzunehmen, alle übrigen Fließfiguren liegen innerhalb des Dreiecks. In letzterem ift alfo das Material zuerft gefloffen und demnach am ftärkften beanfprucht gewefen. Hierbei zeugen die fchräg zur Stabachfe ftehenden Streifungen wieder von Schubfpannungen, während die Querftreifungen durch Ueberfchreiten der Streckgrenze infolge von Zugfpannungen entftanden fein dürften. Da nun die Stablängen innerhalb des Dreiecks nach der Stabmitte hin wachfen, fo werden die Zugfpannungen demgemäß geringer, woraus das allmähliche Verfchwinden der Querftreifungen nach der Stabmitte hin erklärt werden kann. Beachtet man ferner, daß der fchmälere Stabteil an den Rändern nur auf verhältnismäßig kurze Strecken Fließfiguren zeigt, fo ift erklärlich, weshalb Brüche an

Konſtruktionsteilen beſonders dort vorkommen, wo ſchroffe Querſchnittswechſel vorhanden ſind. Dieſes Beiſpiel zeigt, wie die Lage und der Verlauf von Fließfiguren auf der Oberfläche im Betriebe gebrochener Konſtruktionsteile Fingerzeige bieten können, den Urſachen der Zerſtörung durch Ueberanſtrengungen nachzugehen.

Eingehende Erörterungen über die Entſtehung der Fließfiguren und die vermeintlichen Urſachen ihres verſchiedenartigen Verlaufes auf Grund der Beobachtungen in der ehemaligen Mechaniſch-techniſchen Verſuchsanſtalt zu Charlottenburg finden ſich in den Arbeiten von Kirſch [8], Martens [4], [9] und Rudeloff [7]. Eine ſehr ausführliche beachtenswerte Darlegung der Urſachen und Geſetze für die Entſtehung der Kraftlinien gibt Rejtö [6], indem er ſeine Darlegungen über die molekulare Kraftvermittlung und innere Reibung feſter Körper [10], [11] mit den Betrachtungen von Hartmann [5] in Beziehung bringt.

Literatur: [1] Lüders, Ueber die Aenderung der Elaſtizität an ſtahlartigen Eiſen- und Stahlſtäben und über eine beim Biegen ſolcher Stäbe beobachtete Molekularbewegung, Dinglers Polyt. Journal 1860, Bd. 155, S. 18. — [2] Nature, 18. Mai 1899. — [3] Verſuchsergebniſſe betreffs der Kraftvermittlung, Gefügeänderung und Verſchiebung, Baumaterialienkunde 1899, S. 365. — [4] Martens, Materialienkunde für den Maſchinenbau, S. 67. — [5] Hartmann, Distribution des déformations dans les métaux soumis à des efforts, Paris 1896. — [6] Ueber die Entſtehung der Kraftlinien an den Oberflächen der beanſpruchten Körper, Baumaterialienkunde 1898/99, Bd. 3, S. 77. — [7] Rudeloff, Unterſuchungen über den Einfluß voraufgegangener Formänderungen auf die Feſtigkeitseigenſchaften der Metalle, Mitteilungen aus den Kgl. techn. Verſuchsanſtalten, 1901, 1. Ergänzungsheft. — [8] Kirſch, Beiträge zum Studium des Fließens insbeſondere beim Eiſen und Stahl, ebend., 1888, S. 37. — [9] Martens, Unterſuchungen mit Eiſenbahnmaterial, ebend., 1890, 11. Ergänzungsheft. — [10] Rejtö, A., Innere Reibung feſter Körper als abſolute Eigenſchaft und die mit Hilfe derſelben abgeleiteten Formeln der Zug- und Druckdiagramme, Baumaterialienkunde 1897/98, Bd. 11, S. 231. — [11] Kick, Fr., Ueber den Kongreß des Internationalen Verbandes für Materialprüfung in Stockholm, ebend., Bd. 2, S. 301. *Rudeloff.*

Fließgrenze. Der Ausdruck wird in der Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre als zuſammenfaſſende Bezeichnung für Streckgrenze (ſ. Dehnung, Zugelaſtizität), Stauch- oder Quetſchgrenze (ſ. Druckelaſtizität), Bieggrenze (ſ. Biegungselaſtizität) u. ſ. w. angewendet, alſo allgemein als Bezeichnung derjenigen oberhalb der Proportionalitätsgrenze (ſ. Elaſtizitätsgrenze) gelegenen Stelle, von welcher an auch ohne erhebliche Zunahme der Beanſpruchungen verhältnismäßig große bleibende Formänderungen entſtehen; vgl. Zerreißverſuch. *Weyrauch.*

Fließpapier (beſſer Löſchpapier), ein aus ungeleimtem Papierzeug, manchmal auch aus Wollenzeug hergeſtelltes gefärbtes oder naturfarbiges, ſehr ſaugfähiges Papier; ſ. Papierſorten. *Kraft.*

Flint (Feuerſtein), ſ. Quarz.

Flintglas beſteht zum Drittel ſeines Gewichtes aus Bleioxyd, weshalb es nicht nur ein hohes ſpezifiſches Gewicht, ſondern auch dasjenige Verhältnis von Lichtbrechungs- und Zerſtreuungsvermögen enthält, wodurch es, mit dem Kronglaſe vereinigt, die ſo wichtige achromatiſche Kombination erhält; ſpez. Gew. 3,3—3,8. *Dralle.*

Flintkonglomerat oder Puddingſtein, ein aus nuß- bis fauſtgroßen Geröllen von graugelbem, braunem oder dunkelgrauem Feuerſtein zuſammengeſetztes Konglomerat, das durch ein hornſteinartiges, kieſeliges Bindemittel von grauer oder gelblichgrauer Farbe mit eingeſtreuten Quarzkörnern verkittet iſt. Das ſehr feſte Konglomerat gehört den älteſten Schichten der Tertiärformation (Eocän) beſonders in England und Schottland (Herefordſhire und Hampſhire) an und wird vielfach zu Kunſtgegenſtänden geſchliffen und poliert (Doſen, Vaſen, Briefbeſchwerer, Platten in Metallfaſſung u. ſ. w.). *Leppla.*

Flintpapier, ſ. v. w. Feuerſteinpapier (ſ. d.).

Flinz, in der Geologie Bezeichnung für verſchiedene Geſteine.

Im Oberdevon Weſtfalens bezeichnet man damit die untere Stufe, die aus dunkeln Tonſchiefern, dünnblätterigen Mergelſchiefern, Schalſteinen und ſchwarzen Kalkſteinen beſteht. Die Kalk- und Schalſteine werden als Baumaterial benutzt. In den obermiocänen Schichten (ſ. Tertiärformation) der ſüdbayriſchen Hochebene wird ein glimmerreicher, grünlichgrauer Schieferton (Letten) als Flinz bezeichnet. Bei Ueberlagerung durch jüngere Schotter bildet er einen Waſſerträger und führt an ſeiner Oberfläche Quellen. — *Flinz* iſt endlich gleichbedeutend mit Spateiſenſtein. *Leppla.*

Flittergold, ſ. v. w. Rauſchgold (ſ. Blech, Bd. 2, S. 45).

Flockſeide, ſ. v. w. Florettſeide (ſ. Seidenſpinnerei).

Floconné, dickes, weiches, mit über mehrere Kettenfäden flott liegendem Effektſchuß hergeſtelltes, durch die Rauhmaſchine ſtark aufgerauhtes, gleichſam mit Flocken bedecktes, der großen Tuchfamilie zugehöriges Gewebe, das namentlich für Winterröcke verwendet wird; ſ. Tuchfabrikation. *Kraft.*

Flößerei, der talabwärts gehende Waſſertransport von zu Flößen zuſammengebundenen Hölzern (ſ. Floß und Flößereianlagen).

Der Transport geht mit einer Geſchwindigkeit vor ſich, die geringer iſt als die mittlere Stromgeſchwindigkeit des flößbaren Waſſerlaufes. Gelenkt werden die Flöße durch eine größere Zahl Ruder (Schwengelruder) ſowohl am vorderen als auch am hinteren Teile; die größeren Flöße erhalten außerdem noch eine entſprechende Anzahl Seitenruder, Riemen. In den oberen Teilen der Waſſerläufe können die Flöße — mangels genügender Waſſertiefe — oft nur durch künſtliche Schwellung befördert werden. Die minimal erforderliche Waſſertiefe für Bretterflöße beträgt ca. 30 cm; die Balkenflöße erfordern Tiefen von 50 cm aufwärts, je nach der Anzahl der Lagen und der Stammdicke des zu transportierenden Materials. An Stromſchnellen (z. B. am Rhein bei Laufenburg und andern Orten) werden die Flöße oberhalb der betreffenden Stelle geteilt und nach Paſſieren derſelben wieder zuſammengebunden. Kleinere aus dem Oberlaufe und den Nebenflüſſen kommende Flöße werden dort, wo die genügende Waſſertiefe und Flußbreite vorhanden iſt, zu größeren Flößen zuſammengeſtellt. — Wird das Holz in einzelnen Scheiten und Stämmen, alſo nicht zuſammengebunden, dem Waſſerlaufe zum Transport überlaſſen, ſo nennt man das hauptſächlich noch in Oeſterreich im Salzkammergute, in Frankreich im Oberlaufe der Yonne und in großer Ausdehnung in Amerika und in Schweden und Norwegen angewendete Verfahren Triften (ſ. d.).

Literatur: Suppán, C. V., Waſſerſtraßen und Binnenſchiffahrt, Berlin 1902; Effelborn, K., Lehrbuch des Tiefbaues, Leipzig 1904. *v. Schneller.*

Flößereianlagen, jene Vorkehrungen, die für das Flößen und Triften des Holzes geſchaffen werden müſſen, um den Transport bewerkſtelligen zu können.

Hierher gehören vor allem die Stauanlagen (ſ. d.) zur Erzeugung der für das Flößen erforderlichen Minimalwaſſertiefe (das Schwellen). Der hierbei erzeugte Rückſtau muß ſo weit reichen, daß die längſten zuläſſigen Flöße noch Platz finden, ohne daß die letzten Geſtöre auf der Flußſohle aufliegen; auch müſſen in denſelben die Flöße zuſammengebunden werden können. Für das Abſchwemmen von Triftholz ergibt ſich oft die Notwendigkeit der Anlage größerer Teiche, die Waſſerſtuben oder Klauſen genannt werden, wenn ſie größere Dämme oder Mauern zum Aufſtau des Waſſers und Auslaßöffnungen beſitzen. — Die Waſſerſtuben ſowohl als auch beſtehende Stauwerke für Mühlen, Fabriken u. ſ. w. müſſen Floßdurchläſſe (ſ. Floßgaſſe) erhalten. Zur Abhaltung des getrifteten Holzes von den Fabriks-, Bewäſſerungskanälen u. ſ. w. dienen Leitrechen. In den Holzſammelplätzen wird das Triftholz mittels Fangrechen zurückgehalten und für den Weitertransport vorbereitet. Die ſeltener zur Anwendung kommenden Floßhäfen (ſ. d.) dienen teils als Sicherheitshäfen bei Hochwaſſer und Eisgang, teils als Landeplätze bezw. zur Umwandlung kleinerer Flöße in große. In einzelnen Fällen wird für ſpezielle Zwecke der Flößerei ein künſtlicher Waſſerlauf (Floßkanal) geſchaffen.

Literatur: Pechmann, H. v., Anleitung zum Flußbau, München 1826, Bd. 2, S. 32; Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Leipzig 1882, Bd. 3, 2. Abt. *Pollak.*

Flöz, in der Geologie, ſ. v. w. Schicht, auch Bank; gewöhnlich für nutzbare Geſteine (Kohlen, Kalk u. ſ. w.) gebraucht.

Flöze, ſ. Erzlagerſtätten.

Flözgebirge oder Flözformationen wird in der älteren Geologie der aus Schichten (Flözen) oder Sedimenten aufgebaute Teil der Erdkruſte bezeichnet im Gegenſatz zu den kriſtallinen Schiefern (Gneis u. ſ. w.) und zu den aus glutflüſſigen Magmen entſtandenen Eruptivgeſteinen. Man faßt unter Flözgebirge die aus Schichtgeſteinen beſtehenden Gebirgsmaſſen oder Sedimentärformationen zuſammen. S. Schichtgeſteine. *Leppla.*

Flözhund, ſ. Grubenförderung.

Flözkalk wurden in der älteren Geologie die in den Sedimentärformationen eingelagerten Kalkſteinablagerungen genannt, und zwar als älterer Flözkalk beſonders die Kalkſteine der Zechſteinformation, als jüngerer diejenigen des Muſchelkalkes. *Leppla.*

Flözleerer Sandſtein wird im rechtsrheiniſchen Schiefergebirge (Weſtfalen) die aus Grauwacken und Grauwacken- und Tonſchiefer beſtehende obere Abteilung des Kulm (ſ. Steinkohlenformation) unter den kohlenflözreichen Schichten genannt. *Leppla.*

Flözleeres Gebirge werden in der älteren Geologie die von Kohlenflözen freien Schichten genannt, und zwar bezieht ſich der Mangel zumeiſt auf die älteren Formationen. Flözleeres Gebirge bildet alſo nicht den Gegenſatz zu Flözgebirge (ſ. d.), ſondern ſoll das Fehlen von Steinkohlenflözen ausdrücken. *Leppla.*

Flohbraun, ſ. Bleibraun.

Flor (Krepp), ſ. Weberei.

Florence, leichter, dünner Taft mit ſtarkem Glanz, der teils durch Appretur mit Gummi und Flohſamen, teils durch die verwendete ganz gekochte Seide

erzielt wird. Die leichteren Sorten werden zu Futter, die ſchwereren zu Kleidern verarbeitet. Die beſte Ware liefert Crefeld und die Schweiz. *Ernſt Müller.*

Florentiner Flaſche, Gefäß zum Scheiden der ätheriſchen Oele, die leichter ſind als Waſſer, von dem bei der Deſtillation mit übertretenden Waſſer. Vgl. Oele, ätheriſche.

Florentiner Lack, ſ. Kochenille.

Florentiner Marmor, ſ. Kalkſtein.

Florentiner Oel, ſ. Olivenöl.

Florettband (Friſolettband), ſtarke, aber ganz geringe Bandware aus Schappe (Florettſeide) mit Baumwoll- und Leinenzwirn.

Florettſeide, ſ. Seidenſpinnerei.

Florteilapparat (Diviſeur, Divider), Vorrichtung an der ſogenannten Vorſpinnkrempel der Baumwollabfall- und der Streichgarnſpinnerei, die den von der Kammwalze oder dem Peigneur kommenden Flor in Streifen zerlegt, die dann durch Würgelwerke zu Vorgeſpinſtfäden verdichtet werden. Ueber die Entwicklungsgeſchichte und Bauart ſ. Literatur. S. a. Streichgarnſpinnerei.

Literatur: Rohn, Entwicklungsgeſchichte des Florteilers, Verh. des Gewerbfleißver. 1883; 1884, S. 257; Hartig, Der Florteiler der Streichgarnſpinnereien, Entwicklungsgeſchichte einer techniſchen Erfindung in Definitionen, Civilingen. 1886, Heft 7; Hartig, Studien in der Praxis des Kaiſerl. Patentamtes, Leipzig 1890, S. 263; Müller, Handb. d. Spinnerei, Leipzig 1892, S. 365. *Ernſt Müller.*

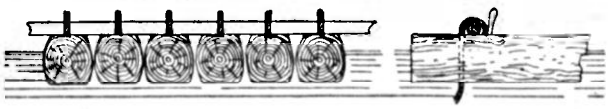


Fig. 1. Balkenfloß.

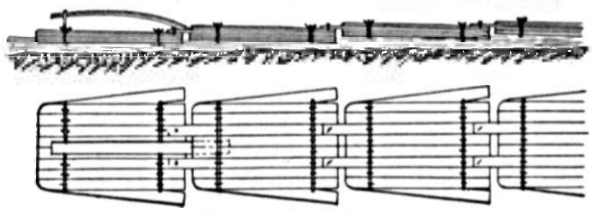


Fig. 2. Bretterfloß.

Floß, ein aus zuſammengebundenen Hölzern hergeſtelltes Fahrzeug für den Waſſertransport. In der Regel iſt der Transport des Holzes der Zweck; ſeltener dienen die Flöße Verkehrszwecken, z. B. zum Ueberfahren der Ströme u. ſ. w.

Beim Holztransport mittels Flößen wird Bauholz (Stämme, Stangen, Dielen, Bretter, Latten u. ſ. w.) ſowie Brennholz befördert. Für die Geſtaltung des Floßes iſt die Beſchaffenheit der Waſſerläufe beſtimmend. Man unterſcheidet bewegliche und ſteife, Balken- und Bretterflöße.

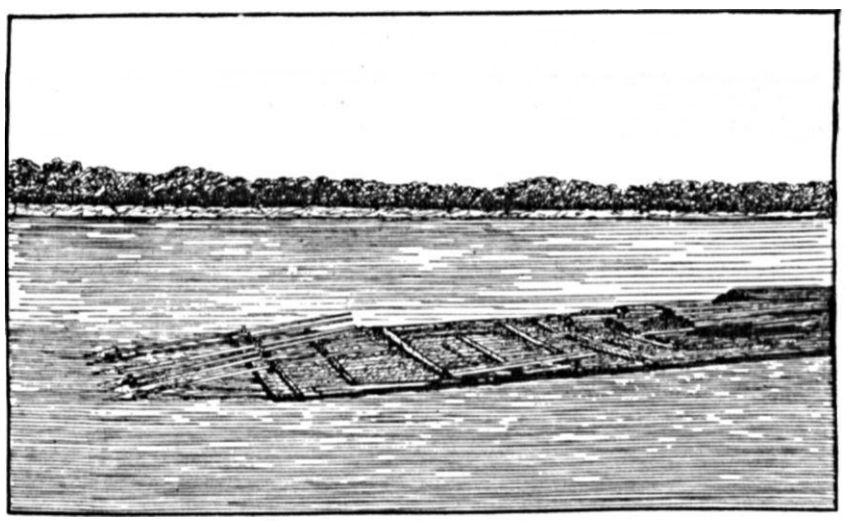


Fig. 3. Floß auf der mittleren Donau.

Bei den beweglichen Flößen werden die Balken der Länge nach nebeneinander gelegt, an den Enden gelocht und mit Wieden (20—40 mm ſtarke Zweige) aneinander gekuppelt oder mittels eines Querbalkens (Zenkelſtange) und mit Hilfe von Wieden, Nägeln zu einer Floßtafel (Geſtöre) verbunden. Die einzelnen Floßtafeln werden mit Gurtwieden hintereinander gehängt.

Bei den ſteifen Flößen werden die einzelnen Balkenlagen (Geſtöre) je nach der Waſſertiefe in mehreren Reihen übereinander geſchoben und feſt verbunden. Vielfach erhalten die dann Floßboden genannten Balkenflöße eine Ueberlaſt von Schnitt- oder Brennholz.

Bei den Bretterflößen wird aus 10—15 Brettern ein Bund gebildet. Eine Reihe ſolcher Bünde werden nebeneinander gelegt, oben und unten mit Querbohlen verſehen und mit Wieden zu einer Tafel zuſammengehalten. In den oberen Teilen der flößbaren Waſſerläufe ſowie wenn Floßgaſſen zu paſſieren ſind, müſſen die Flöße eine größere Beweglichkeit in vertikaler und horizontaler Richtung beſitzen und iſt daher in dieſen Fällen die ſteife Verbindung der Flöße nicht am Platze.

Ueber zuläſſige Länge, Breite u. ſ. w. der Flöße geben die in allen Staaten beſtehenden Floß- und Triftordnungen Auskunft. Auf der mittleren Donau ſind die Flöße in der Regel nicht über 15 m breit und 60 m lang, am Rheine kommen Breiten bis zu 60 m und Längen bis zu 250 m vor. In neuerer Zeit wurden erfolgreiche Verſuche gemacht, ſeetüchtig gebaute Flöße über den Ozean zu befördern. Dieſe werden mittels eigner Dampfſchiffe remorkiert; in einzelnen Fällen erfolgt auch auf Strömen und kanaliſierten Flüſſen die Remorkierung der Flöße.

Literatur: Statiſtik des Deutſchen Reiches, Bd. 15: Die deutſchen Waſſerſtraßen; Sägerſchmid, Handbuch für Holztransporte u. Floßweſen, Karlsruhe 1827; Lagrené, Cours de navigation intérieure, Paris 1869—73; Handb. d. Ingenieurwiſſenſch., Bd. 3, 2. Abt., 1. Hälfte, 1897. *Pollak.*

Floßdurchlaß, ſ. v. w. Floßgaſſe (ſ. d.).

Floſſen (Maſſeln), Roheiſenbarren in Plattenform von 5—8 cm Stärke, wie ſie beim Abſtich des Hochofens in den Formen des Floſſenbettes erſtarren.

Floßgaſſe, der bei Wehren (ſ. Stauanlagen) und an den Waſſerſtuben angebrachte Einſchnitt nebſt Kanal für das Durchlaſſen von Flößen.

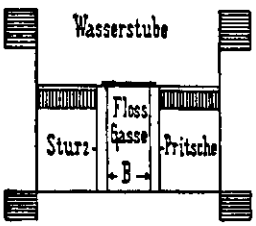


Fig. 1.

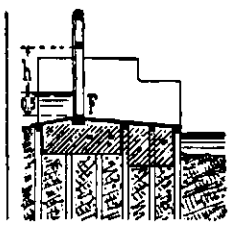


Fig. 2.

Die Floßgaſſe iſt tunlichſt in der Fahrrinne (Stromſtrich) des Waſſerlaufes anzuordnen. Ihre Breite *B* (ſ. Fig. 1 und 2) richtet ſich nach den größten Breiten der auf dem betreffenden Waſſerlaufe transportierten Flöße. Als Verſchlußvorrichtung der Floßgaſſen können Dammbalken, Schützen, Tore, Nadeln, Trommel- und Segmentwehre u. ſ. w. dienen. Hinter dem Einſchnittsverſchluſſe beginnt die „Gaſſe", eine Führung für den Uebergang des Floßes von dem Oberwaſſer zum Unterwaſſer, mit ca. 1 bis 4 % Gefälle des Abſchußbodens und gemauerten oder aus Bohlen hergeſtellten Einfaſſungen. Die freie Höhe zwiſchen dem Fachbaum *F* der Floßgaſſe und der Unterkante der aufgezogenen Schützen oder eines über die Gaſſe führenden Steges ſoll mindeſtens 2,5 m ſein (in der Figur $h + 0{,}5$). Das Unterwaſſer braucht nicht bis

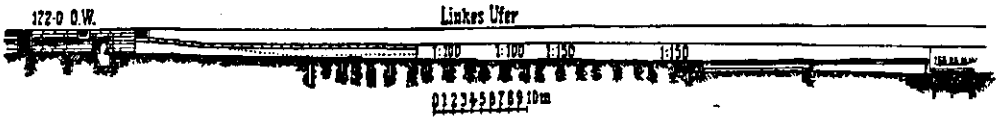


Fig. 3. Längenprofil der Floßſchleuſe.

in die Floßgaſſe hereinzureichen, falls die beim Durchflößen mitgeführten bedeutenden Waſſermengen eine genügende Anſchwellung erzeugen, um das Aufflößen der Flöße an dem Ende des Abſchußbodens zu verhindern.

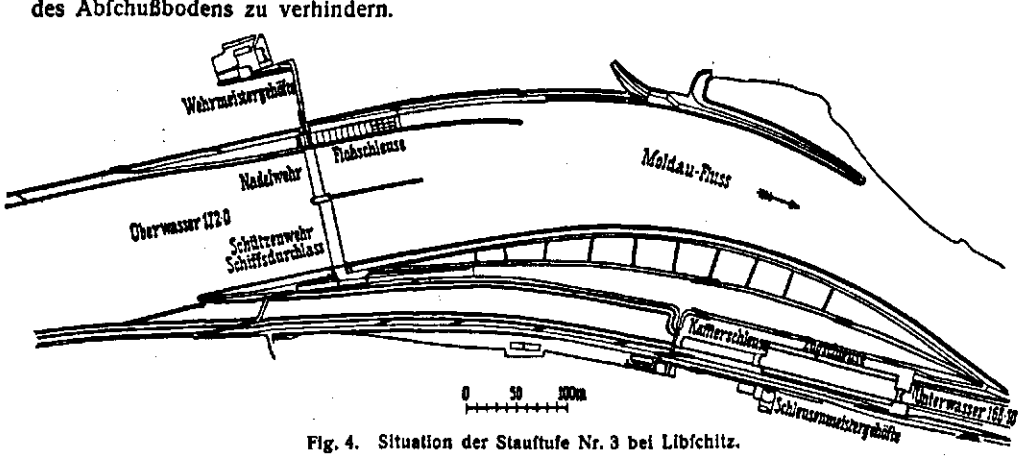


Fig. 4. Situation der Stauſtufe Nr. 3 bei Libſchitz.

Fig. 3—5 zeigen die neuere Ausführung einer Floßgaſſe mit Segmentwehrverſchluß an der kanaliſierten Moldau bei Libſchitz. Der Abſchußboden iſt zur Verminderung der Waſſergeſchwindigkeit abgetreppt und am unteren Ende mit Floßfedern verſehen. Letztere beſtehen

aus zu Tafeln verbundenen Pfoſten (Balken), die an ihrem oberen Ende drehbar in Sohlenhöhe gelagert ſind, während am unteren Ende Ankerketten ihre Schwimmhöhe derart begrenzen, daß das herabkommende Floß beim Auffahren auf die nachgiebige Floßfeder durch deren Schwimmkraft (Auftrieb) gebremſt wird und floßfrei ins Unterwaſſer gelangt. *Pollak.*

Floßhafen, ein geſchütztes Waſſerbecken zur bequemen Landung der Flöße, zu deren Bergung bei Hochwaſſer und Eisgang, zum Umbau und zur Neubildung von Flößen ſowie für den Uebergang vom Waſſertransport zum Landtransport und umgekehrt.

Floßhäfen bedürfen keiner großen Waſſertiefe. Sie erhalten in der Regel an ihren beiden Enden in der Flußrichtung anzulegende Ein- und Ausfahrten. Zumeiſt werden zu Floßhäfen alte Flußarme benutzt. *v. Schneller.*

Floßherd (Zinnpauſchherd), ſ. Zinn.

Floßkanal, ſ. Flößereianlagen.

Flotte oder Färbeflotte, ſ. Färben.

Flotthafen, ſ. Seehäfen.

Flottille, ein Verband kleinerer Kriegsfahrzeuge (Kreuzer, Aviſos und Torpedofahrzeuge), der meiſt in Diviſionen zerfällt.

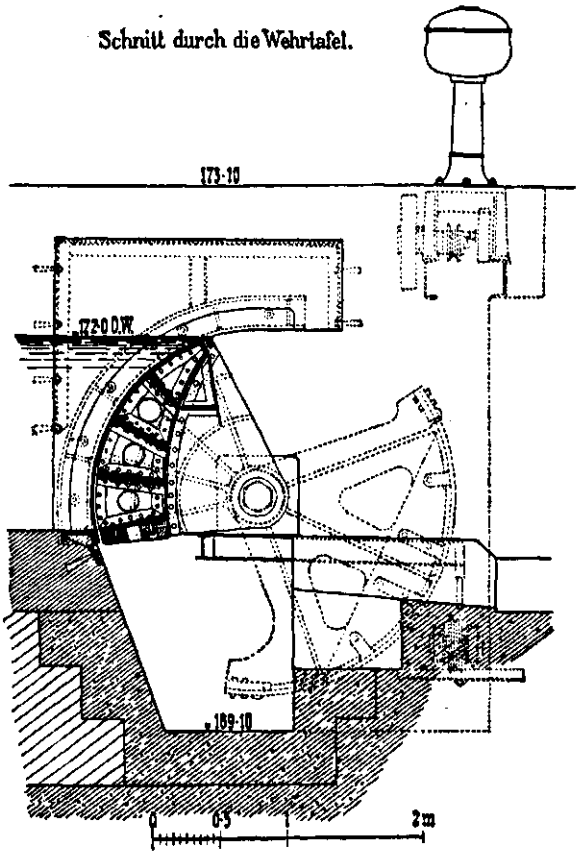


Fig. 5.

Flottillenſchiff, ſ. Flaggſchiff, S. 74.

Flowing-colour, Steingutfarbe, erhalten durch Verdampfen verſchiedener Chloride (Kochſalz, Bleichlorid u. ſ. w.) im Brennofen neben den bemalten Steingutgegenſtänden. Die ſich verflüchtigenden Chloride zerſetzen ſich an der Glaſurmaſſe des Steinguts, wobei die leicht ſchmelzbaren Metalloxyde der Alkalien und des Bleies ſich mit der Glaſurmaſſe verbinden und ſo die ohnehin ſchon leichter ſchmelzbare Glaſurfarbe in zarte Töne auslaufen laſſen. *Dümmler.*

Fluate, ſ. Steinhärtungsmittel.

Fluchtholz, gehobeltes, gleichbreites Brett nach Art des Richtſcheites (ſ. d.), dient zur Viſierung von Fluchten, bei Flächenbearbeitung durch Aufſetzen mehrerer ſolcher Hölzer. *Weinbrenner.*

Fluchthügel. Um im Falle eines Deichbruchs den Bewohnern der überſchwemmten Niederung die Möglichkeit zu gewähren, ſich mit ihrem Vieh vor dem Ertrinken zu ſchützen und einen Teil ihrer Habe zu retten, ſind ſeit Anfang der fünfziger Jahre in den Niederlanden an einzelnen Stellen der bedeichten Marſchen waſſerfreie Hügel angelegt, und zwar zuerſt in Beſt und Rhenoy in Nederbetuve; ſie beſitzen hier 47 · 20,5 und 45,5 · 23 m Grundfläche, liegen 1 m über dem höchſten Waſſerſtand und ſind an der Weſtſeite mit zweifachen, ſonſt mit einfachen Böſchungen verſehen.

Sie erſetzen die Stelle der früheren Worthen oder Wurthen, die in der Zeit, wo die Niederungen noch nicht eingedeicht waren und als Weide dienten, die erſten Anſiedler vor der Ueberflutung ſchützten und ſchon von Plinius dem Aelteren erwähnt werden. Die ſpäteren Anlagen in den Bezirken Maas und Waal, Overbetuve und Bommelerwaard beſtehen zum Teil aus freiliegenden Hügeln oder ringförmig umdeichten Flächen mit Ablaßſiel, zum Teil aus hochwaſſerfreien Anſchüttungen an vorhandenen, ſicher gelegenen Deichſtrecken; auch hat die Stadt Nieuwpoort durch Ausbau der Stadtwälle einen beſonderen, hochwaſſerfrei gelegenen Ringdeich erhalten, der bei Hochfluten als Zufluchtsort benutzt werden kann. *Frühling.*

Fluchtlinie, die techniſche Bezeichnung für die beim Bauen zu beobachtende Straßen- oder Gartengrenze.

Man unterſcheidet **Straßenfluchtlinie** und **Baufluchtlinie**, **vordere** und **hintere** (rückwärtige) Fluchtlinie. Straßenfluchtlinie und Baufluchtlinie fallen zuſammen, wenn die auf der Grenze der Straßenfläche errichtete ſenkrechte Ebene zugleich die aufgehende Vorderwand der Gebäude bildet. In dieſem Falle iſt es unvermeidlich, daß gewiſſe Bauteile über und unter der Erde vor die Fluchtlinie vortreten, ſo die Geſimſe und Balkone oberirdiſch, Fundamentabſätze und Kellerſchächte unterirdiſch. Das Maß des Vorſprungs iſt entweder dem Bauenden freigegeben oder es wird im Einzelfalle das zuläſſige Größtmaß ſeitens der Baubehörde feſtgeſetzt, oder die Größtmaße ſind durch Polizeiverordnung bezw. Ortsſtatut einheitlich geregelt, letzteres beſonders für Balkone und Erker.

Sind Straßen- und Baufluchtlinien voneinander verſchieden, ſo iſt ihr Abſtand dazu beſtimmt, jene vorſpringenden Teile des Bauweſens aufzunehmen. Dazu gehören außer Geſimſen, Balkonen und Erkern, Fundamentabſätzen und Kellerhälſen auch Fenſterumrahmungen, Portale, Riſalite, ganze Freitreppen oder einzelne Treppenſtufen, Lichtſchächte, Sitzplätze, erhöhte oder vertiefte Vorplätze, endlich offene oder eingefriedigte Vorgärten. Die Straßenfluchtlinie begrenzt die eigentliche öffentliche Verkehrsfläche, die Baufluchtlinie bezeichnet die aufgehende Vorderwand des eigentlichen Gebäudekörpers. Am verbreitetſten iſt diejenige Trennung von Bau- und Straßenfluchtlinie, nach der zwiſchen beiden ein Vorgarten, an einer Häuſerreihe alſo eine Reihe von Vorgärten liegt. Damit die Bepflanzung möglich iſt, muß der Abſtand beider Linien wenigſtens 2 m betragen; beſſer iſt ein Abſtand von 4—6 m; noch ſchöner iſt bei guter Pflege der Vorgärten ein Abſtand von 8—12 m; ausnahmsweiſe kommen Vorgartentiefen von 15 m und mehr vor. Auf dem europäiſchen Kontinent werden die Vorgärten faſt durchweg eingefriedigt, d. h. die Straßenfluchtlinie wird durch eine Einfaſſung aus Holz, Stein oder Eiſen gebildet, die durchbrochen ſein muß, um den Einblick in die Vorgärten zu geſtatten; dies iſt nötig, damit der Zweck derſelben, nicht bloß den Luft- und Lichtraum der Straße zu vergrößern, ſondern auch ſowohl die Wohnungen als die Straßen zu verſchönern, in ſachgemäßer Weiſe erfüllt werde. Aus dieſem Grunde ſind niedrige Einfaſſungen den hohen vorzuziehen. In England mitunter, in Nordamerika faſt allgemein, findet man die Vorgärten als freie, uneingefriedigte Gartenſtreifen behandelt, was ſchönheitlich zweifellos den Vorzug verdient. Die Sorge vor Zerſtörung oder Beſchädigung, vor Verunreinigung und nächtlicher Unſicherheit macht bei uns die Einfriedigung faſt unentbehrlich; meiſt wird die Errichtung einer Einfaſſung in Straßenfluchtlinie von beſtimmter Mindeſt- und Größthöhe und in näher angegebener Herſtellungsart polizeilich vorgeſchrieben.

Auch bei Abtrennung der Straßenflucht von der Baulucht kann das Vortreten gewiſſer Nebenteile der Gebäude vor die Straßenfluchtlinie nicht verhütet werden. Schilder, Laternen, Verkaufszeichen (Barbierbecken, Stiefel, Handſchuhe u. ſ. w.), Wirtshauszeichen, Blenden, Fahnenſtangen, Vordächer u. ſ. w. können in ihrem Vorſprung vor die ſelbſtändige Straßenfluchtlinie zwar erheblich mehr eingeſchränkt werden als im Vorſprung vor die Baufluchtlinie; jedoch eine völlige Fernhaltung derartiger Privateinrichtungen aus dem Luftraume über der öffentlichen Verkehrsfläche iſt nicht tunlich, aber auch nicht nötig, ja nicht einmal wünſchenswert. Uebertreibungen vermag die Polizei von Fall zu Fall zurückzuweiſen.

Die **rückwärtige** oder **hintere Baufluchtlinie** bezeichnet die Grenze, bis zu welcher die Rückſeiten der Gebäude in das Innere des Baublocks hineintreten dürfen. Die Anwendung iſt leider ſelten. Faſt allgemein begnügt man ſich damit, das zuläſſige Größtmaß des Bebauens ſtädtiſcher Grundſtücke in der Horizontalebene durch die Anordnung feſtzuſetzen, daß gewiſſe Prozentſätze der Grundſtücksfläche von der Ueberbauung frei zu halten und gewiſſe Mindeſtabſtände der mit notwendigen Fenſtern verſehenen Außenwände von der Grundſtücksgrenze oder von andern Gebäuden innezuhalten ſind; auch wird eine ſolche Feſtſetzung im allgemeinen als ein ausreichender Schutz der öffentlichen und privaten, vorwiegend geſundheitlichen Intereſſen anerkannt werden können.

Dennoch gibt es manche Fälle, z. B. bei Baugrundſtücken, die mit der Rückſeite an öffentliche Gewäſſer ſtoßen, bei kleinen Baublöcken, die für Arbeiterwohnungen, bei großen Baublöcken, die für Bürgerhäuſer oder Landhäuſer mit Gärten beſtimmt ſind, wo die Feſtſetzung einer rückwärtigen Baufluchtlinie allein geeignet iſt, allgemeine Nachteile abzuhalten, oder doch in einer mehr geſicherten Weiſe das Ziel erreicht. An das öffentliche Gewäſſer ſollen z. B. die Baulichkeiten nicht unmittelbar herantreten, um die Verunreinigung des Waſſers, die Verunſtaltung der Ufer zu verhüten, die Schönheit des Anblicks zu erhalten. Die Arbeiterwohnungen z. B in einem von Straße zu Straße nur 36 m tiefen Block ſollen dadurch in bezug auf Licht und Luft geſichert werden, daß in der Mitte des Blocks ein 12 m breiter Streifen unbebaut bleibt. Im Innern eines für Bürgerhäuſer oder Landhäuſer beſtimmten Blocks ſoll eine geräumige Fläche für die aneinander ſtoßenden Gärten frei gehalten werden. In dieſen und ähnlichen Fällen iſt die Feſtſetzung einer hinteren Baufluchtlinie zweckmäßig; ſie gibt bei dem Gewäſſer das Maß an, um das die Baulichkeiten vom Waſſerſpiegel entfernt bleiben müſſen; ſie ſchreibt im genannten Arbeiterblock vor, daß die Tiefe der Häuſer zwiſchen der vorderen und hinteren Front nur 12 m betragen darf; ſie bezeichnet im Wohnblock die Gartengrenze, d. h. die innere Linie, bis zu der die Gebäude in den Block hineintreten dürfen.

Abweichend von der hinteren Baufluchtlinie, die ihrer Beſtimmung nach die nicht zu überſchreitende Grenze bezeichnet, an welche die Baulichkeiten herantreten **dürfen**, wird die vordere Baufluchtlinie meiſt als die nicht zu überſchreitende Grenze angeſehen, an welche die Bauten herantreten **müſſen**. Dies trifft jedoch nur bedingt bei Baufluchtlinien für **geſchloſſene Bebauung** (ſ. Bd. 1, S. 639) zu, während es für offene Bebauung, d. h. für eine Häuſerreihe mit ſeitlichen Zwiſchenräumen, unzutreffend iſt. Bei letzteren iſt den Häuſern nur erlaubt, bis an die Baufluchtlinie heranzutreten; es iſt nicht geboten, ſie dürfen vielmehr beliebig hinter der Baulinie zurückbleiben. Bei geſchloſſener Häuſerreihe iſt das Zurücktreten nur dann zuläſſig, wenn die Bebauung ſo erfolgt, daß kahle, von der Straße ſichtbare Brandgiebel vermieden werden.

Fluchtlinien werden nicht bloß feſtgeſetzt für neu herzuſtellende oder neu zu bebauende Straßen, ſondern auch für alte Straßen; letzteres, wenn aus Gründen des Verkehrs oder der Geſundheit die Erbreiterung der Straße nötig iſt. Die Fluchtlinien liegen alsdann hinter der beſtehenden Straßengrenze und bedeuten die Grenzlinien, bis zu welchen die an Stelle von Altbauten tretenden Neubauten zurückgeſetzt werden müſſen, um die allmähliche Erbreiterung der Straße herbeizuführen. Auch die Veränderung der Altbauten vor der Fluchtlinie iſt behufs ſicherer Erreichung des Zieles in der Regel unterſagt. — Die Fluchtlinien werden entweder gerade gezogen oder gekrümmt; letzteres nicht bloß bei alten Straßen, ſondern auch bei neu anzulegenden Straßen. Der Grund für die Krümmung iſt entweder ein praktiſcher, wenn es ſich darum handelt, alte Wegerichtungen zu verfolgen oder gegebene Grundſtücksgrenzen zu berückſichtigen, oder ein äſthetiſcher, wenn beabſichtigt wird, das Einerlei der geraden Linien zu unterbrechen. Die krumme Fluchtlinie hat vor der geraden den Vorzug, daß die Häuſerreihe dem Wandernden ſtets andre Bilder vorführt und das Straßenbild auch für den Stehenden mannigfaltiger erſcheint. Dies gilt jedoch, ſtreng genommen, nur für die konkave Krümmung, während auf der gegenüberliegenden konvexen Seite die Gebäude ſich dem Anblick noch mehr entziehen als in der geraden Linie. Die einander gegenüberliegenden Fluchtlinien einer Straße werden entweder einander parallel gezogen, was die Regel iſt, oder ihr Abſtand iſt ein wechſelnder. Letzteres iſt beſonders bei alten Straßen der Fall, wird aber nicht ſelten auch bei neuen Straßenanlagen aus praktiſchen Gründen beliebt, um Eigentümlichkeiten der Oertlichkeit zu berückſichtigen, oder aus äſthetiſchen Gründen, um das Straßenbild mannigfaltiger zu geſtalten, Ausblicke zu eröffnen und ſonſtige künſtleriſche Eindrücke hervorzurufen.

Literatur: Baumeiſter, R., Stadterweiterungen in techniſcher, wirtſchaftlicher und baupolizeilicher Beziehung, Berlin 1876; Sitte, C., Der Städtebau nach ſeinen künſtleriſchen Grundſätzen, Wien 1889; Stübben, J., Der Städtebau, in Handbuch der Architektur, Darmſtadt 1890; Derſ., Der Bau der Städte in Geſchichte und Gegenwart, Berlin 1895; Derſ., Hygiene des Städtebaues, in Handbuch der Hygiene von Th. Weil, Jena 1896. *Stübben.*

Fluchtlinienplan, der durch die Angaben der Höhen und der Entwäſſerung vervollſtändigte Lageplan eines Straßenteils, einer Straße oder eines Stadtteils, der die für die Bebauung maßgebenden, förmlich feſtgeſtellten Fluchtlinien enthält.

Fluchtlinienpläne, die ſich über eine größere Zahl von Straßen oder einen ganzen Stadtteil erſtrecken, pflegen Bebauungspläne genannt zu werden. Auch wird dieſe Bezeichnung gewählt für größere Vorentwürfe, auf Grund welcher erſt die einzelnen Fluchtlinienpläne für Teile des Geländes bearbeitet werden ſollen. Uebliche Maßſtäbe ſind für Fluchtlinienpläne 1:000 oder 1:500, für Bebauungspläne 1:2000. — Die Vereinigung der Fluchtlinienpläne oder Bebauungspläne für einen ganzen Ort oder eine ganze Stadt ergibt den Ortsbauplan oder Stadtbauplan. *Stübben.*

Fluchtpunktſchiene, ſ. Zeichnen, techniſches.

Fluchtſchnur, dient zur Beſtimmung der Fluchtlinie einer Mauer, nach welcher ſich der Arbeiter beim Aufführen der Mauer zu richten hat.

Gewöhnlich iſt ſie 15—20 m lang, etwa 0,5 cm ſtark und wird von einer Rolle (der ſogenannten Schnurrolle) abgewickelt. Man ſpannt die Fluchtſchnur mit Hilfe von Nägeln, die in das Gerüſt geſchlagen werden, an der einen Mauerflucht, bei dicken Mauern auch an beiden Fluchten, genau in der zu mauernden Schichthöhe, und richtet die äußeren Steinreihen nach ihr ein, wobei die Eckſteine maßgebend ſind und zuerſt verſetzt werden. *L. v. Willmann.*

Fluchtſtäbe, ſ. Abſtecken.

Flüchtige Aufnahmen (generelle Aufnahmen) ſind in manchen Fällen erforderlich, z. B. als Vorerhebung zu exakten Vermeſſungen, techniſchen Vorarbeiten (für Wege-, Eiſenbahn- u. ſ. w. -anlagen), für militäriſche Zwecke, für Reiſeſkizzen u. ſ. w.

Das Verfahren bei derartigen Aufnahmen läßt ſich allgemein als eine Modifikation der bei exakten Vermeſſungen anzuwendenden Methoden mit vereinfachten Inſtrumenten und Hilfsmitteln bezeichnen und hat ſich dem jeweiligen Zweck in entſprechender Weiſe anzupaſſen. Die unmittelbare Aufzeichnung des Geländes mit den einfachſten geometriſchen Hilfsmitteln, wie es z. B. bei militäriſchen Rekognoszierungen erforderlich iſt, bezeichnet man als Krokieren (ſ. d.). Große zuſammenhängende Aufnahmen dieſer Art bei ausgedehnten Reiſen bedürfen erweiterter Hilfsmittel (ſ. Routenaufnahme). Wenn die Darſtellung ſich derjenigen bei topographiſchen und tachymetriſchen Aufnahmen nähert, ſo iſt das hierbei einzuſchlagende Verfahren mit den ſich darbietenden Vereinfachungen anzuwenden. *Reinhertz.*

Flüchtige Oele, ſ. Oele, ätheriſche.

Flügel bei Türen, Fenſtern und Läden, der bewegliche Teil der letzteren, durch den der eigentliche Verſchluß der Lichtöffnung gebildet wird.

Je nach der Anordnung und Einteilung der Flügel unterſcheidet man: ein-, zwei-, drei- und vier- bis ſechsflügelig. Die Bewegung der Flügel erfolgt entweder a) durch Drehung um eine ſenkrechte oder wagerechte Achſe mittels der Bänder (ſ. d.) oder Zapfen und Halsband, b) durch Verſchiebung des Flügels in der Richtung ſeiner Ebene; bei Türen und Laden in wagerechter Richtung; bei Fenſtern durch Heben oder Herablaſſen in lotrechter Richtung (ſ. Fenſterrahmen). *Weinbrenner.*

Flügel oder Flügelörter, im Bergbau jene Teile eines Stollens (ſ. d.), die von dem Hauptſtollen ſeitwärts abzweigen. *Treptow.*

Flügel (Schaft), ſ. Weberei.

Flügel der Schiffsſchrauben, ſ. Propeller.

Flügelbahn (Zweigbahn), ſ. Bahnabzweigungen.

Flügeldeich (Flügeldamm), vgl. Flußdeiche und Seehäfen.

Flügelflieger, Konſtruktionsart dynamiſcher Flugmaſchinen (ſ. d.).

Flügelgebläſe (Flügelradgebläſe), ſ. Schleudergebläſe.

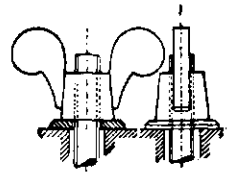
Flügelmauern. In den meiſten Fällen ſchließen die äußeren Anſichten von Brücken oder Durchläſſen an Erdkörper an; dieſer Anſchluß wird in der Regel durch Flügelmauern vermittelt.

Lage und Form der Flügelmauern ſind verſchieden: 1. Sie ſind parallel zur Brücken- bezw. ſenkrecht zur Durchlaßachſe und heißen dann wohl auch Stirnflügel; das Ausſehen iſt ein vorteilhaftes, und für Brücken, bei denen eine beſonders günſtige formale Geſtaltung angeſtrebt wird, ſind ſie in hohem Grade zu empfehlen. 2. Die Flügelmauern ſtehen ſenkrecht zur Brücken- bezw. parallel zur Durchlaßachſe; Ausſehen ſehr ungünſtig, deshalb wenig angewendet. 3. Die Flügelmauern ſtehen ſchräg zur Brücken- bezw. Durchlaßachſe und werden dann wohl auch Böſchungsflügel genannt; ihrer Einfachheit wegen werden ſie bei Durchläſſen und kleineren Brücken ſehr häufig ausgeführt. 4. Die Flügelmauern ſind nach außen konkav gekrümmt; ſie können in geringerer Dicke als Böſchungsflügel hergeſtellt werden, und man findet ſie in Frankreich, namentlich in England häufiger. 5. Die Flügelmauern ſind nach außen konvex gekrümmt, eine Form, die in der Regel nur aus örtlichen Urſachen, oder um ſcharfe Kanten zu vermeiden, entſteht.

Die Flügelmauern werden meiſt aus Bruch- oder Hauſteinen, ſeltener aus Backſteinen, hergeſtellt; ſie werden in der Regel mit Steinplatten oder mit Deckſteinen (Deckquadern) abgedeckt; ausnahmsweiſe kommen auch Backſteinrollſchichten zur Anwendung. *Schmitt-Darmſtadt.*

Im Waſſerbau verſteht man unter Flügelmauern Stütz- bezw. Verkleidungsmauern von Erdkörpern an Stellen, an denen Straßen- oder Bahnüberführungen ſtattfinden, oder, wie z. B. bei Kanaleinläſſen, Uebergänge von der Böſchung in eine ſenkrechte Mauer erforderlich werden. — In der Architektur bezeichnet man als Flügelmauern alle jene Mauern, die mit den zugehörigen Hauptteilen des Gebäudes einen ſtumpfen Winkel bilden. — Im Feſtungsbau iſt Flügelmauer gleichbedeutend mit Flankenmauer.

Flügelmutter, eine zum bequemen Anziehen oder Verſtellen mit zwei flachen Griffen verſehene Schraubenmutter nebenſtehender Form. Die Mutterhöhe entſpricht dem doppelten Schraubendurchmeſſer. *Lindner.*



Flügelort, ſ. Flügel (im Bergbau).

Flügelrad, das Treibrad in Ventilatoren und Zentrifugalpumpen oder der Windfang in Uhrwerken oder eine Art Windräder.

Flügelradgebläſe, ſ. Schleudergebläſe.

Flügelſchraube, ſ. Flügelmutter.

Flügelſignale, ſ. Bahnzuſtandsſignale.

Flügelſpinnmaſchine, ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 612 ff.

Flügeltelegraph, im Eiſenbahnweſen, Signalmaſt mit Flügeln, deren Stellungen beſtimmte Signalbegriffe bezeichnen, früher auch zur Uebermittlung durchgehender Linienſignale angewendet; ſ. a. Signalmaſte. *Köchy.*

Flügelvorſpinnmaſchine, ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 610 ff.

Flügelwelle, gußeiſerne Welle mit kreuzförmigem Querſchnitt (ſ. die Figur) für Waſſerräder. Seitdem man lange, durchweg hohle Wellen ebenſogut gießen kann wie gegliederte, zieht man Hohlgußwellen den Flügelwellen vor. *Lindner.*

Flügelwolf, ſ. Streichgarnſpinnerei.

Flügelzwirnmaſchine, ſ. Zwirn.

Flüſſige Heizſtoffe, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 291 ff.

Flüſſiges Gold, ſ. Bronzetinktur.

Flüſſiges Syſtem, ſ. Hydrodynamik.

Flüſſigkeit, Körper, die ſich im „flüſſigen" Aggregatzuſtand (ſ. d.) befinden. Außerdem bezeichnet man bisweilen damit dasſelbe wie „Fluidität" oder „innere Reibung" (ſ. Reibung, innere) gemäß den Zuſammenſetzungen: Zähflüſſigkeit, Leichtflüſſigkeit. *Abegg.*

Flüſſigkeitsmaße, ſ. Hohlmaße.

Flüſſigkeitswärme heißt diejenige Wärmemenge, welcher 1 kg Flüſſigkeit zugeführt werden muß, um ſie bei konſtantem Drucke von 0° auf t° C. zu erwärmen.

Wenn q die Flüſſigkeitswärme und c_p die ſpezifiſche Wärme (ſ. d.) der Flüſſigkeit bei konſtantem Drucke p bezeichnen, ſo beſteht hiernach die Beziehung:

$$q = \int_0^t c_p \, dt, \qquad c_p = \frac{dq}{dt}. \qquad 1.$$

Die aus Verſuchen erhaltenen Werte von q pflegen durch Gleichungen der Form

$$q = a\,t + b\,t^2 + c\,t^3 + \ldots \qquad 2.$$

mit von t unabhängigen $a, b, c \ldots$ dargeſtellt zu werden, ſo daß bei bekanntem Ausdrucke von q die ſpezifiſche Wärme zufolge 1. aus

$$c_p = a + 2\,b\,t + 3\,c\,t^2 + \ldots \qquad 3.$$

und bei bekanntem Ausdrucke von c_p die Flüſſigkeitswärme zufolge 1. aus 2. berechnet werden kann. In 2., 3. könnten $a, b, c \ldots$ je nach der Höhe des konſtanten Drucks p verſchieden ſein, da derjenige Teil der Flüſſigkeitswärme, welcher zur Leiſtung äußerer Arbeit (ſ. Bd. 1, S. 102) dient, von p abhängt. Allein bei den geringen Volumenänderungen der Flüſſigkeiten iſt jener Teil im Vergleiche zu q ſo klein, daß die $a, b, c \ldots$ innerhalb der bisherigen Beobachtungsgrenzen meiſt als konſtant und damit q, c_p lediglich als Funktionen der Temperatur dargeſtellt wurden.

Häufig wird ſpeziell diejenige Wärmemenge als Flüſſigkeitswärme bezeichnet (z. B. bei Zeuner [6], S. 20), welche nötig iſt, um 1 kg Flüſſigkeit bei konſtantem Drucke p auf die p entſprechende Siedetemperatur zu bringen, welch letztere gleich der Temperatur des alsdann entſtehenden geſättigten Dampfes iſt (ſ. Dampf). Um dieſe Werte aus Gleichungen der Form 2. entnehmen zu können, müſſen letztere aus Verſuchen bis genügend nahe dem Siedepunkte abgeleitet ſein. In der Technik werden gegenwärtig noch allgemein die von Regnault auf Grund ſolcher Verſuche ermittelten Ausdrücke verwendet, wonach in Kalorien (ſ. d.) gemeſſen:

für Waſſer . . . . . $q = t + 0{,}00002\,t^2 + 0{,}0000003\,t^3$
„ Aceton . . . . . $q = 0{,}50643\,t + 0{,}0003965\,t^2$
„ Aether . . . . . $q = 0{,}52901\,t + 0{,}0002959\,t^2$
„ Alkohol . . . . . $q = 0{,}54754\,t + 0{,}0011218\,t^2 + 0{,}000002206\,t^3$
„ Chlorkohlenſtoff . . $q = 0{,}19798\,t + 0{,}0000906\,t^2$
„ Chloroform . . . $q = 0{,}23235\,t + 0{,}0000507\,t^2$
„ Schwefelkohlenſtoff . $q = 0{,}23523\,t + 0{,}0000815\,t^2$

Die hieraus folgenden Flüſſigkeitswärmen bis zum Siedepunkt hat Zeuner ([6], S. 465) mit andern für Dämpfe wichtigen Größen in Tabellen zuſammengeſtellt. Bezüglich der Werte für Ammoniak, ſchweflige Säure und Kohlenſäure ſ. [6], S. 242, 249, 256 und die erwähnten Tabellen, für Waſſer ſ. a. die Tabelle unter Dampf, geſättigter, Bd. 2, S. 540. Nach vorſtehender Gleichung von Regnault liefert 1. oder 3. für Waſſer:

$$c_p = 1 + 0{,}00004\,t + 0{,}0000009\,t^2 \text{ Kal.}$$

Ueber Abweichungen der Regnaultſchen q, c_p von den Reſultaten andrer Beobachter vgl. [3]—[5], [7], [10]. Beiſpielsweiſe hat neuerdings Dieterici [8], [9] auf Grund von Verſuchen zwiſchen 35 und 300° erhalten:

$$q = 0{,}99827\,t - 0{,}00005184\,t^2 + 0{,}0000006912\,t^3 \text{ Kal.},$$
$$c_p = 0{,}99827 - 0{,}00010368\,t + 0{,}0000020736\,t^2,$$

wobei als Wärmeeinheit der hundertſte Teil der Wärmemenge zur Erwärmung von 1 kg Waſſer von 0 auf 100° verwendet iſt (Bunſenſche Kalorie). Mit Berückſichtigung der von Dieterici verwendeten und andrer Verſuche gab Winkelmann [10], S. 173:

$$q = t - 0{,}0003342\,t^2 + 0{,}00000364\,t^3 \text{ Kal.},$$
$$c_p = 1 - 0{,}0006684\,t + 0{,}00001092\,t^2,$$

wonach wieder die Wärmeeinheit der ſpezifiſchen Wärme c_p bei 0° entſpricht und ein Minimum von c_p bei 30,6° entſteht.

Ueber die Beziehungen der Flüſſigkeitswärme zu den übrigen bei der Verdampfung auftretenden Wärmemengen ſ. Dampf, geſättigter.

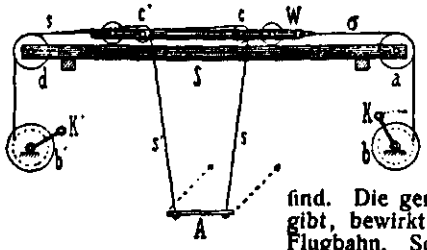
Literatur: [1] Regnault, Relation des expériences etc., Paris 1847, Bd. 1, S. 729 (Waſſer); Paris 1862, Bd. 2, S. 262 (weitere Flüſſigkeiten). — [2] Landolt und Börnſtein, Phyſikaliſch-chemiſche Tabellen, Berlin 1894, S. 331. — [3] Lüdin, Die Abhängigkeit der ſpezifiſchen Wärme des Waſſers von der Temperatur, Zürich 1895 (Diſſertation). — [4] Pernet, Ueber die Aenderung der ſpezifiſchen Wärme des Waſſers mit der Temperatur und die Beſtimmung des abſoluten Wertes des mechaniſchen Wärmeäquivalentes, Feſtſchr. d. Naturforſch. Geſellſch. in Zürich 1896, S. 121. — [5] Pfaundler, Müller-Pouillets Lehrbuch der Phyſik und Meteorologie, Bd. 2, 2. Abt., Von der Wärme, Braunſchweig 1898, S. 349. — [6] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, II, Die Lehre von den Dämpfen, Leipzig 1901, S. 19, 242, 249, 256, 265. — [7] Chwolſon, Lehrbuch der Phyſik, III, Die Lehre von der Wärme, Braunſchweig 1905, S. 176. — [8] Dieterici, Die kaloriſchen Eigenſchaften des Waſſers und ſeines Dampfes bei hohen Temperaturen, Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingenieure 1905, S. 362. — [9] Dieterici, Ueber die Flüſſigkeitswärme des Waſſers und das mechaniſche Wärmeäquivalent, Wiedemanns Annalen 1905, XVI, S. 593. — [10] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Bd. 3, 1. Hälfte: Die Wärme, Leipzig 1906, S. 165, 196. *Weyrauch.*

Flugapparat, Flugmaſchine (ſ. d.) für einen einzelnen Menſchen.

Flugbahn, -zeit, der Geſchoſſe, ſ. Balliſtik.

Flugbahnvorrichtung auf der Bühne.

Bei der in nachſtehender Figur ſchematiſch gezeichneten Vorrichtung befindet ſich ein Wagen W auf horizontalen Schienen S des Schnürbodens der Bühne. An den Wagen iſt ein über die Rolle a geführtes Seil σ befeſtigt, das um die Trommel b gewunden und mit derſelben feſt verbunden iſt. Die Seile s, s', welche die Flugbank A tragen, gehen über die in dem Wagen gelagerten Rollen c, c', ferner über die Rolle d und ſind um die Trommel b' gewunden an derſelben befeſtigt. Iſt die Trommel b' feſt geſtellt und wird die Trommel b vermittelſt der Kurbel K im Sinne des eingezeichneten Pfeiles gedreht, dann windet ſich das Seil σ auf dieſe



Trommel und zieht den Wagen *W* nach rechts. Hierdurch werden die beiden herabhängenden Seilteile in gleichem Maße verkürzt und die Flugbank *A* wird, parallel bleibend, in dem Bühnenraum ſchräg nach aufwärts bewegt, wie die eingezeichneten Pfeile anzeigen. — Die Parallelbewegung der Flugbank *A* iſt genau geradlinig und bildet mit der horizontalen einen Winkel von 45°, wenn die herabhängenden Seilteile parallel ſind. Die geringe Neigung, die man in der Regel dieſen Seilteilen gibt, bewirkt nur ſehr geringe Abweichung von der geradlinigen Flugbahn. Soll aber der Flug in einer Kurve ſich vollziehen, dann muß gleichzeitig mit der Trommel *b* auch die Trommel *b'* vermittelſt der Kurbel *K'* entſprechend gedreht werden. Durch gleichzeitige Drehungen beider Trommeln, wobei dieſe Drehungen in gleichem oder ungleichem Sinn erfolgen, kann die Flugbank nach beliebiger Richtung bewegt und in jede beliebige Lage gebracht werden.

Literatur: Cantant, C., und Filippi, J. de, Théâtres modernes, Paris 1860, Bd. 2, Blatt 25.

Burmeſter.

Flugkleie, feine aus den Gries- und Dunſtputzmaſchinen vom Windſtrome mitgeriſſene Kleie.

Flugmaſchinen, Beförderungsmittel zur Bewegung durch die Luft. Man unterſcheidet aeroſtatiſche (ſ. Luftſchiffe) und dynamiſche Flugmaſchinen. Die letzteren ſind noch nicht verwertbar, haben indes in neuerer Zeit ebenfalls Fortſchritte zu verzeichnen, beſonders bei den Einzelflugmaſchinen oder Flugapparaten (ſ. Kunſtflug).

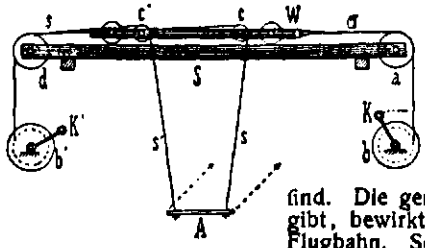
Die früher ſehr häufig angeſtellten Verſuche mit kleinen Modellen von Flugmaſchinen boten für die Möglichkeit zu deren Ausführung im großen keine Gewähr, weil die Anforderungen an die Haltbarkeit der Baumaterialien und damit im Zuſammenhang die Gewichte alsdann ganz andre werden. Fehler, die heute noch von den meiſten Konſtrukteuren von Flugmaſchinen begangen werden, ſind die, daß ſie ſich zu wenig um die im Luftozean herrſchenden Windverhältniſſe und um die dabei in Frage geſtellte Stabilität ihrer Maſchinen bekümmern.

Man unterſcheidet gegenwärtig vier Syſteme dynamiſcher Flugmaſchinen [1], nämlich: 1. Schraubenflieger, 2. Flügelflieger (Schwingenflieger), 3. Drachenflieger, 4. Segelradflieger.

Einzelflugmaſchinen ſind Apparate, die an einem einzelnen Menſchen zum Fliegen befeſtigt werden (ſ. Kunſtflug). Unter Flugmaſchinen im allgemeinen verſteht man größere Konſtruktionen, die nach Beendigung der Anfangsverſuche für die Mitnahme mehrerer Perſonen konſtruiert werden ſollen.

Schraubenflieger, als Spielzeug jedermann bekannt, ſind derart konſtruiert, daß der Auftrieb durch mehrere, in verſchiedenem Sinne an einer vertikal geſtellten Achſe rotierende Propellerſchrauben, die Vorwärtsbewegung durch ebenſolche an horizontal gelagerten Achſen bewirkt wird. Um beides miteinander zu vereinigen, ſind auch Vorſchläge gemacht worden, die Propeller an mehr oder minder geneigten Achſen anzubringen. Bei Vertretern dieſer Syſteme herrſchen noch Meinungsverſchiedenheiten darüber, ob wenige große Schrauben mit langſamer Rotation oder viele kleine mit großer Umdrehungsgeſchwindigkeit den Vorzug verdienen. Jarolimek begründet den letzteren Standpunkt mit der Anſicht, daß viele kleine Schrauben weniger leicht den von ihm ermittelten Maximalbetrag des Gewichts pro Flächeneinheit überſchreiten würden, wenn man ſie ſich aus Stahlblech gefertigt denkt. Von andrer Seite wird hiergegen geltend gemacht, daß viele kleine Schrauben mit großer Umdrehungsgeſchwindigkeit die Luftwirbelbildung mit ihren unberechenbaren Einflüſſen begünſtigten und daß ſchon aus dieſem Grunde große, langſamer rotierende Schrauben vorzuziehen ſeien. Einen Verſuch mit einem Schraubenfliegermodell machte 1877 E. Forlanini in Mailand. Seine Maſchine wog 3,5 kg und vermochte mit Hilfe eines kleinen Dampfmotors in 20 Sekunden ſich bis zu einer Höhe von 13 m zu erheben. Wertvollere Verſuche mit Schrauben bis zu 9 m Durchmeſſer machte 1899 Patrik Y. Alexander in Bath. Das Ergebnis war: 1. Die Hubkräfte ſtehen im quadratiſchen Verhältnis proportional der dritten Potenz der Umdrehungszahlen. 2. Der Arbeitsaufwand für die Zeiteinheit ſteht im kubiſchen Verhältnis der Umdrehungszahlen. 3. Die Hubkraft ſteht in bezug auf den Arbeitsaufwand im umgekehrten Verhältnis der Umdrehungszahlen [9].

Flügelflieger. Die Anhänger dieſes Syſtems beabſichtigen, nach dem Vorbilde von Flugtieren Maſchinen mit ſchlagenden Flügeln zu konſtruieren. Bisher ſind ſolche Konſtruktionen nur in Projekten vorhanden oder in kleinen Modellen als ſogenannte künſtliche Vögel. Von dieſer Richtung hatte ſich der Ingenieur O. Lilienthal in Berlin abgezweigt [1]—[3], der mit Erfolg die Methode des perſönlichen Kunſtfluges vertrat. Er begann zunächſt mit zwei Flügeln von 14 qm Tragfläche und 7 m Spannweite durch Abſpringen von einem hohen Hügel gegen den Wind Strecken von über 200 m Länge ſchwebend in der Luft zurückzulegen. Nachdem er hierin genügende Gewandtheit erreicht hatte, beabſichtigte er, einen leichten Motor mitzunehmen, um allmählich den Flügelſchlag mit dem Schweben zu vereinigen. Die hierdurch bedingte Gewichtsvermehrung hatte aber eine Vergrößerung der Tragfläche zur Folge, die Lilienthal durch zwei übereinander ſtehende Flächen ausführte [3]. Er baute eine derartige Maſchine von nur 5,5 m Spannweite und 18 qm Fläche, die ſich ſehr gut handhaben ließ wegen der energiſchen Wirkung jeder Schwerpunktsverſchiebung, die Lilienthal durch die Lage der Beine hervorrief. Mit dieſer Maſchine konnte er bei Wind von über 10 m pro Sekunde den Flug



Trommel und zieht den Wagen *W* nach rechts. Hierdurch werden die beiden herabhängenden Seilteile in gleichem Maße verkürzt und die Flugbank *A* wird, parallel bleibend, in dem Bühnenraum ſchräg nach aufwärts bewegt, wie die eingezeichneten Pfeile anzeigen. — Die Parallelbewegung der Flugbank *A* iſt genau geradlinig und bildet mit der horizontalen einen Winkel von 45°, wenn die herabhängenden Seilteile parallel ſind. Die geringe Neigung, die man in der Regel dieſen Seilteilen gibt, bewirkt nur ſehr geringe Abweichung von der geradlinigen Flugbahn. Soll aber der Flug in einer Kurve ſich vollziehen, dann muß gleichzeitig mit der Trommel *b* auch die Trommel *b'* vermittelſt der Kurbel *K'* entſprechend gedreht werden. Durch gleichzeitige Drehungen beider Trommeln, wobei dieſe Drehungen in gleichem oder ungleichem Sinn erfolgen, kann die Flugbank nach beliebiger Richtung bewegt und in jede beliebige Lage gebracht werden.

Literatur: Cantant, C., und Filippi, J. de, Théâtres modernes, Paris 1860, Bd. 2, Blatt 25.

Burmeſter.

Flugkleie, feine aus den Gries- und Dunſtputzmaſchinen vom Windſtrome mitgeriſſene Kleie.

Flugmaſchinen, Beförderungsmittel zur Bewegung durch die Luft. Man unterſcheidet aeroſtatiſche (ſ. Luftſchiffe) und dynamiſche Flugmaſchinen. Die letzteren ſind noch nicht verwertbar, haben indes in neuerer Zeit ebenfalls Fortſchritte zu verzeichnen, beſonders bei den Einzelflugmaſchinen oder Flugapparaten (ſ. Kunſtflug).

Die früher ſehr häufig angeſtellten Verſuche mit kleinen Modellen von Flugmaſchinen boten für die Möglichkeit zu deren Ausführung im großen keine Gewähr, weil die Anforderungen an die Haltbarkeit der Baumaterialien und damit im Zuſammenhang die Gewichte alsdann ganz andre werden. Fehler, die heute noch von den meiſten Konſtrukteuren von Flugmaſchinen begangen werden, ſind die, daß ſie ſich zu wenig um die im Luftozean herrſchenden Windverhältniſſe und um die dabei in Frage geſtellte Stabilität ihrer Maſchinen bekümmern.

Man unterſcheidet gegenwärtig vier Syſteme dynamiſcher Flugmaſchinen [1], nämlich: 1. Schraubenflieger, 2. Flügelflieger (Schwingenflieger), 3. Drachenflieger, 4. Segelradflieger.

Einzelflugmaſchinen ſind Apparate, die an einem einzelnen Menſchen zum Fliegen befeſtigt werden (ſ. Kunſtflug). Unter Flugmaſchinen im allgemeinen verſteht man größere Konſtruktionen, die nach Beendigung der Anfangsverſuche für die Mitnahme mehrerer Perſonen konſtruiert werden ſollen.

Schraubenflieger, als Spielzeug jedermann bekannt, ſind derart konſtruiert, daß der Auftrieb durch mehrere, in verſchiedenem Sinne an einer vertikal geſtellten Achſe rotierende Propellerſchrauben, die Vorwärtsbewegung durch ebenſolche an horizontal gelagerten Achſen bewirkt wird. Um beides miteinander zu vereinigen, ſind auch Vorſchläge gemacht worden, die Propeller an mehr oder minder geneigten Achſen anzubringen. Bei Vertretern dieſer Syſteme herrſchen noch Meinungsverſchiedenheiten darüber, ob wenige große Schrauben mit langſamer Rotation oder viele kleine mit großer Umdrehungsgeſchwindigkeit den Vorzug verdienen. Jarolimek begründet den letzteren Standpunkt mit der Anſicht, daß viele kleine Schrauben weniger leicht den von ihm ermittelten Maximalbetrag des Gewichts pro Flächeneinheit überſchreiten würden, wenn man ſie ſich aus Stahlblech gefertigt denkt. Von andrer Seite wird hiergegen geltend gemacht, daß viele kleine Schrauben mit großer Umdrehungsgeſchwindigkeit die Luftwirbelbildung mit ihren unberechenbaren Einflüſſen begünſtigten und daß ſchon aus dieſem Grunde große, langſamer rotierende Schrauben vorzuziehen ſeien. Einen Verſuch mit einem Schraubenfliegermodell machte 1877 E. Forlanini in Mailand. Seine Maſchine wog 3,5 kg und vermochte mit Hilfe eines kleinen Dampfmotors in 20 Sekunden ſich bis zu einer Höhe von 13 m zu erheben. Wertvollere Verſuche mit Schrauben bis zu 9 m Durchmeſſer machte 1899 Patrik Y. Alexander in Bath. Das Ergebnis war: 1. Die Hubkräfte ſtehen im quadratiſchen Verhältnis proportional der dritten Potenz der Umdrehungszahlen. 2. Der Arbeitsaufwand für die Zeiteinheit ſteht im kubiſchen Verhältnis der Umdrehungszahlen. 3. Die Hubkraft ſteht in bezug auf den Arbeitsaufwand im umgekehrten Verhältnis der Umdrehungszahlen [9].

Flügelflieger. Die Anhänger dieſes Syſtems beabſichtigen, nach dem Vorbilde von Flugtieren Maſchinen mit ſchlagenden Flügeln zu konſtruieren. Bisher ſind ſolche Konſtruktionen nur in Projekten vorhanden oder in kleinen Modellen als ſogenannte künſtliche Vögel. Von dieſer Richtung hatte ſich der Ingenieur O. Lilienthal in Berlin abgezweigt [1]—[3], der mit Erfolg die Methode des perſönlichen Kunſtfluges vertrat. Er begann zunächſt mit zwei Flügeln von 14 qm Tragfläche und 7 m Spannweite durch Abſpringen von einem hohen Hügel gegen den Wind Strecken von über 200 m Länge ſchwebend in der Luft zurückzulegen. Nachdem er hierin genügende Gewandtheit erreicht hatte, beabſichtigte er, einen leichten Motor mitzunehmen, um allmählich den Flügelſchlag mit dem Schweben zu vereinigen. Die hierdurch bedingte Gewichtsvermehrung hatte aber eine Vergrößerung der Tragfläche zur Folge, die Lilienthal durch zwei übereinander ſtehende Flächen ausführte [3]. Er baute eine derartige Maſchine von nur 5,5 m Spannweite und 18 qm Fläche, die ſich ſehr gut handhaben ließ wegen der energiſchen Wirkung jeder Schwerpunktsverſchiebung, die Lilienthal durch die Lage der Beine hervorrief. Mit dieſer Maſchine konnte er bei Wind von über 10 m pro Sekunde den Flug

wagen und ſchon bei Wind von 6—7 m pro Sekunde beinahe horizontal von der Spitze ſeines künſtlichen Hügels abſchweben. Mit einem größeren Apparat von 7 m Spannweite und 25 qm Fläche, der natürlich ſchwieriger zu handhaben iſt, waren die Verſuche noch nicht abgeſchloſſen, als leider am 10. Auguſt 1896 der kühne Forſcher infolge eines Sturzes ſtarb. Die von Lilienthal geſchaffene neue Richtung hat beſonders in England, Frankreich und Amerika viele Anhänger gefunden [4], [5].

Drachenflieger beſtehen aus einer Vereinigung von ſchief gegen den Horizont geſtellten Flächen mit maſchinellen Antriebsvorrichtungen. Die Drachenflächen ſollen hierbei den Auftrieb vermitteln, die Stabilität in der Luft ſichern und ein ſanftes Herabkommen ermöglichen. Von dieſen Anforderungen iſt die erſte ſtets erfüllt worden. Die Stabilität hingegen ſowie das ſichere Landen ſind Fragen, deren Löſung in der Zukunft liegt. Nachdem eine große Anzahl von Modellen im kleinen das Fahren eines Drachenfliegers gezeigt hatten, baute der Engländer Horatio Philipps 1892 einen größeren Apparat, den er 1893 in einer Rundbahn mit einigem Erfolg verſuchte (vgl. [6]). Seine Drachenfläche (Fig. 1) bildete eine 5,5 m breite, 2,4 m hohe Jalouſie von vielen nur 38 mm breiten, im Querſchnitt paraboliſch gekrümmten Latten. Dieſe Fläche war auf einem Wagen montiert, den eine Dampfmaſchine mittels einer zweiflügeligen Propellerſchraube vorwärtsbewegte. Der Apparat hob ſich in der Rundbahn von 191 m Umfang 60—90 m hoch; ſein Gewicht mit Belaſtung betrug 183 kg, ſeine Tragfläche 12,65 qm, ſeine Geſchwindigkeit etwa 12 m pro Sekunde. Gleichzeitig machte H. Maxim in den Jahren 1891 bis 1894 Verſuche mit Drachenfliegern, die zum Bau eines großen derartigen Apparates führten, der imſtande war, drei Menſchen zu tragen. Maxims Flugmaſchine (Fig. 2) beſtand aus breiten verſtellbaren Tragflächen von 360—450 qm Größe. Den Antrieb gaben zwei zweiflügelige Propellerſchrauben, die durch eine mit Petroleum geheizte Dampfmaſchine von 363 PS. rotiert wurden. Die Flugmaſchine war auf Rädern montiert; ſie lief auf einer etwa 540 m langen Schienenbahn. Das Totalgewicht dieſer größten bisher konſtruierten Flugmaſchine betrug mit drei Menſchen, Waſſer und Feuerung 3632 kg. Bei einer Geſchwindigkeit von etwa 16 m pro Sekunde und bei 375—400 Schraubenumdrehungen in der Minute und Stellung der Tragfläche unter $7^1/_8{}^0$ wurde die Auftriebskraft der Flugmaſchine zu 4540 kg gemeſſen [4]—[6].

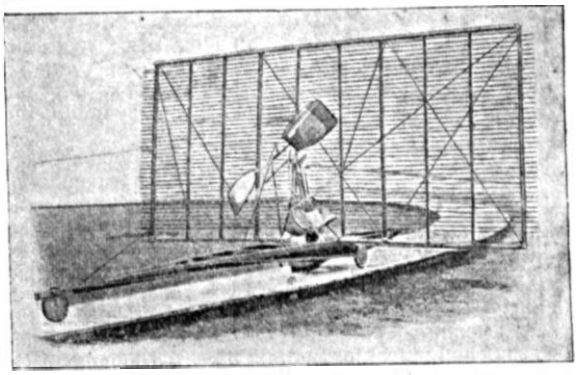


Fig. 1. Flugmaſchine von H. Philipps.

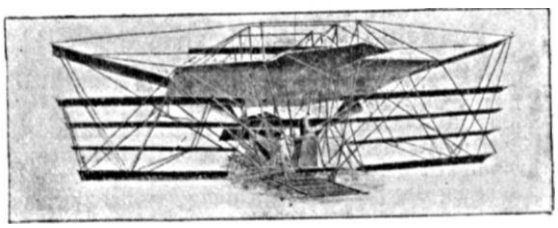


Fig. 2. Flugmaſchine von H. Maxim.

Wenn es hiernach feſtſteht, daß unſre heutige Technik wohl imſtande iſt, Flugmaſchinen zu bauen, ſo iſt ſie doch noch weit davon entfernt, ſolche für den freien Flug in der Luft ſtabil und für Abfahrt und Landung praktikabel herſtellen zu können. Weitere Verſuche in dieſer Richtung machte unabhängig von Maxim ſeit 1891 Langley. Nachdem er zur Erkenntnis gelangt war, daß geneigte Flächen, die mehr als tauſendmal ſchwerer als die Luft ſind, in dieſer ſchwebend erhalten werden können, ſobald ihnen eine große horizontale Geſchwindigkeit erteilt wird, und daß ſolche Geſchwindigkeiten mit unſern heutigen Motoren ſich erreichen laſſen, baute er Flugmaſchinenmodelle der Klaſſe der Drachenflieger. Ueber den im Jahre 1896 mit einem ſolchen angeſtellten Verſuch berichtet uns Graham Bell: Der Drachenflieger beſaß eine leicht gekrümmte Fläche von im ganzen etwa 4 qm Größe. Die ſehr leichte Maſchine hatte beinahe 1 PS., der ganze Apparat wog mit Brennſtoff und Waſſer etwa 13—14 kg. Die Flugmaſchine wurde von einem Kahne aus auf dem Potomakfluſſe losgelaſſen. Infolge ihrer automatiſchen Steuerung flog ſie in einer Spirale von etwa 100 m Durchmeſſer und ſtieg dabei bis auf 25 m Höhe, worauf ſie ſich nach 1 Minute 30 Sekunden mit dem Stoppen der Maſchine ruhig herniederſenkte. Die ganze Fahrtlänge wurde bei einem ferneren Verſuch auf 900 m geſchätzt, die mittlere Geſchwindigkeit auf 10 m pro Sekunde. Langleys Verſuche wurden 1903 mit einer großen Modellmaſchine fortgeſetzt. Letztere hatte vier Tragflächen von je 6,7 m Länge und 3,3 m Breite. Die Maſchine klafterte 14,3 m und wurde von einer 21 m langen Gleitvorrichtung mit einer Geſchwindigkeit von 12 m pro Sekunde gegen den Potomakfluß losgelaſſen, nachdem Mr. Manley darin Platz genommen hatte. Der Drachenflieger fiel indes ſofort nach dem Verlaſſen der Bahn ins Waſſer und wurde hierbei zerſtört [9]. Einen weiteren erwähnenswerten Verſuch machte Ingenieur W. Kreß 1898—1902 mit einem Drachenflieger mit drei gewölbten Tragflächen von einem Areal von 90 qm und von rund 700 kg Gewicht mit zwei Perſonen und einem 35-PS.-Daimler-Motor. Er wollte ſich von der Seefläche bei Tullnerbach aus erheben, kippte aber beim Verſuch um und verſank [9], [10]. Seitdem haben Verſuche mit größeren Drachenfliegern nicht mehr ſtattgefunden.

Einer beſonderen Klaſſe gehört der **Segelradflieger** von Wellner [8] an. Das Segelrad beſitzt, ähnlich den Morgan-Rädern der Raddampfer, durch Exzenter bei der Rotation drehbare Tragflächen. Die Segelräder, deren jede Flugmaſchine wenigſtens zwei haben muß, liegen mit ihrer Achſe in der Fahrtrichtung und ſollen durch ihre Tragflächen den Apparat heben, durch ihre ſchraubenförmig geſtellten, breiten Radſpeichen ihn horizontal vorwärtstreiben. Verſuche, die auf Koſten des Oeſterreichiſchen Ingenieur- und Architektenvereins mit einem Segelrade angeſtellt wurden, hatten folgendes Reſultat: Der Durchmeſſer des Rades betrug 4,77 m, die Tragflächen waren 3 m lang, 1 m breit; das Gewicht war 292 kg. Der größte Auftrieb ergab ſich mit vier Flächen bei 17,75 m Umfangsgeſchwindigkeit mit 55 kg bei 9,46 PS. — Nach Wellner beträgt die Tragfähigkeit ſeines Rades pro Quadratmeter Segelfläche bei 20 m Umfangsgeſchwindigkeit 5,00—7,00 kg, bei 25 m 7,81—10,93 kg, bei 30 m 11,25—15,75 kg. Die Hebeleiſtung des Rades bei einer Stellung der Flächen unter $12^1/_2{}^\circ$ war für je 1 PS. netto Arbeitsverbrauch bei einer Umfangsgeſchwindigkeit von 5 m 40,7 kg, 10 m 58,8 kg, 15 m 33,1 kg, 17,5 m 23,2 kg. Der relativ beſte Hebeeffekt liegt alſo bei den geringeren Geſchwindigkeiten, was durch die mit der zunehmenden Geſchwindigkeit eintretenden ſtörenden Luftwirbelbildungen zu erklären iſt [3].

Während im allgemeinen ein horizontaler Flug (Gradflieger) angeſtrebt wird, gibt es auch eine Richtung, die ſich vom wellenartigen Fluge (Wellenflieger) inſofern mehr verſpricht, als ſie annimmt, daß beim Abflug von einem hohen Punkte im abſteigenden Aſte der Flugbahn ſo viel lebendige Kraft geſammelt werden kann, daß die Flugmaſchine durch geeignete Winkelſtellung ihrer Fläche wieder gehoben werden könnte. Was hierbei an Kraft durch Widerſtände verloren geht, ſoll durch Motorkraft erzeugt werden. Flugmaſchinen dieſer Klaſſe ſind zurzeit nur in Projekten (W. Clark 1865, Wellner 1883, Platte 1883 u. a.) vorhanden. Man bezeichnet dieſelben mit dem Namen Wellenflieger [3].

Literatur: [1] Moedebeck, Taſchenbuch für Flugtechniker und Luftſchiffer, Kap. 13: Hoerneß, Dynamiſche Luftſchiffe, Berlin 1904. — [2] Lilienthal, O., Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunſt, Berlin 1889. — [3] Zeitſchr. f. Luftſchiffahrt und Phyſik der Atmoſphäre, Berlin 1882—1900. — [4] Means, J., The Aeronautical Annual 1896, Boſton, Maſſ. — [5] Chanute, O., Progress in flying machines, New York 1893. — [6] XXIII. Report of the Aeronautical Society of Great Britain, London 1893. — [7] L'Aéronaute bulletin mensuel illustré de la navigation aérienne, Paris 1868—1905. — [8] Wellner, Dynamiſcher Flug und die Segelradflugmaſchine, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1894, S. 1024. — [9] Illuſtrierte Aeronautiſche Mitteilungen, deutſche Zeitſchr. für Luftſchiffahrt, Straßburg i. E. 1897—1906. — [10] Kreß, Aviatik, Wie der Vogel fliegt und wie der Menſch fliegen wird, Wien 1905. *Moedebeck.*

Flugſchiff, gleichbedeutend mit Luftſchiff (ſ. d.).

Flugſtaub, die von den Verbrennungsgaſen einer Feuerung, den Abgaſen von Oefen oder den aus Zerkleinerungs-, Sieb- und Miſchvorrichtungen entweichenden Luftſtrömen mechaniſch mitgeriſſenen feſten Körperteilchen.

Die Abſcheidung dieſer Staubteile bewirkt man durch plötzliche Verminderung der Geſchwindigkeit der Gasſtröme beim Eintritt in weite Räume — Flugſtaubkammern —, durch Umkehrung der Bewegungsrichtung, wobei die Staubteilchen ihre Richtung beibehalten und niederfallen, durch Erzeugung eines Regens in den ſenkrechten Leitungen, der den Staub mit niederreißt, oder endlich durch Anwendung von Schleudergebläſen unter Mitwirkung von Waſſer, das aus der Welle des Flügelrades austritt. Das letzte Prinzip des Ausſchleuderns hat ſich als in höchſtem Maße wirkſam erwieſen. — Ueber andre Vorrichtungen zur Abſcheidung von Staub, beſonders aus kalten Gaſen, ſ. Staubfammler. *Beckert.*

Flugtechnik umfaßt alle Beſtrebungen, die ſich eine nutzbare künſtliche Fortbewegung des Menſchen durch die Luft zum Ziel geſetzt haben. Man unterſcheidet hierin zwei Richtungen, die aeroſtatiſche (ſ. Ballon) und die aerodynamiſche (ſ. Flugmaſchinen). Die aeroſtatiſche Flugtechnik teilt ſich in die Unterabteilungen Ballontechnik und Fahrtechnik, die ſich mit Bau von Ballons und Verbeſſerung von deſſen techniſcher Einrichtung bezw. mit dem Gebrauch des Ballons als Fahrzeug beſchäftigen. Die aerodynamiſche Richtung ringt zurzeit noch nach Geſtaltung; ſie beſitzt kein fertiges brauchbares Fahrzeug; bei ihr ſoll letzteres erſt erfunden werden.

Die Arbeiten des Flugtechnikers im allgemeinen und des aerodynamiſchen Flugtechnikers im beſonderen haben gerade in den letzten Jahren einen außerordentlichen Aufſchwung genommen, und es ſteht zu erwarten, daß die angeſtrebten Ziele erreicht werden, ſobald angefangen wird, mit Verſuchen im großen ſyſtematiſch und wiſſenſchaftlich vorzugehen. Alle bisher mit kleinen Modellen glücklich ausgeführten Experimente ſind für den Bau großer Flugmaſchinen wertlos. Ebenſo wertlos für die Förderung der Flugtechnik ſind theoretiſche Betrachtungen und Berechnungen, die nicht praktiſch erworbene Verſuchsreſultate zur Unterlage haben. Die bisherigen Arbeiten haben indes bereits zwei große Erfolge zu verzeichnen, die man als erſte Etappen auf dem Wege zur Löſung des Flugproblems betrachten kann. Sie haben einmal die Vorgänge beim Flug der Vögel klargelegt und ferner die Aufmerkſamkeit auf die Strömungen und Wirbelbildungen der Luft gelenkt, die ſowohl a priori vorhanden ſind, als auch um jeden Flugkörper in der Luft ſich bilden müſſen und deſſen Stabilität und Bewegungen mitbeſtimmen. Seit einer Reihe von Jahren haben ſich in allen Ländern die Intereſſenten der Flugtechnik in Vereine zuſammengeſchloſſen.

Die zurzeit beſtehenden bedeutendſten Vereine dieſer Art ſind folgende:

1. Berliner Verein für Luftſchiffahrt in Berlin. 2. Münchner Verein für Luftſchiffahrt. 3. Oberrheiniſcher Verein für Luftſchiffahrt in Straßburg i. E. 4. Augsburger Verein für Luftſchiffahrt. 5. Niederrheiniſcher Verein für Luftſchiffahrt in Barmen. 6. Flugtechniſcher Verein in Wien. 7. Aeronautical Society of Great Britain in London. 8. Société française de navigation aérienne in Paris. 9. L'aéroclub de France in Paris. 10. Abteilung VII der Kaiſerlich ruſſiſchen Techniſchen Geſellſchaft in St. Petersburg. 11. Società Aeronautica Italiana in Rom. 12. Real Aéreo Club de España in Madrid. 13. The Aeroclub of America in New York.

Folgende Veröffentlichungen werden von dieſen Vereinen herausgegeben:

Nr. 1—6, Illuſtrierte Aeronautiſche Mitteilungen, deutſche Zeitſchrift für Luftſchiffahrt, Organ des Deutſchen Luftſchifferverbandes und des Wiener Flugtechniſchen Vereins, Straßburg, bei K. J. Trübner, erſcheint monatlich. Nr. 2 Jahresberichte des Münchner Vereins für Luftſchiffahrt, Herausgeber Emden, München. Nr. 7 Reports of the Aeronautical Society of Great Britain, erſcheint vierteljährlich. Nr. 7 L'Aéronaute, Fondateur M. Abel Hureau de Villeneuve, Paris, erſcheint monatlich. Nr. 8 L'Aérophile, directeurs M. G. Beſançon et W. de Fonvielle, Paris, erſcheint monatlich.

Literatur zum Bau von Ballons und Verſuchen mit Flugmaſchinen: Moedebecks Taſchenbuch für Flugtechniker und Luftſchiffer, Berlin 1904; Lilienthal, O., Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunſt, Berlin 1889; Graffigny, H. de, Traité d'aérostation théorique et pratique, Paris 1891. *Moedebeck.*

Flugzeit der Geſchoſſe, ſ. Balliſtik.

Fluidalſtruktur, ſ. Geſteine.

Fluidität, ſ. Reibung, innere.

Fluor *Fl* (Atomgew. 19, ſpez. Gew. 1,265, wenn Luft = 1; 1 l wiegt 1,6466 g), ein hell-gelbgrünes Gas von äußerſt hoher chemiſcher Energie. Wegen der Schwierigkeit ſeiner ausſchließlich durch Elektrolyſe von reiner, waſſerfreier Fluorwaſſerſtoffſäure erfolgenden Darſtellung und der Gefährlichkeit ſeiner Handhabung iſt Fluor noch wenig unterſucht. Von Moiſſan 1886 erſtmals aus ſeinen Verbindungen in Freiheit geſetzt. Techniſch bis jetzt unwichtig. *Bujard.*

Fluorcalcium, ſ. v. w. Calciumfluorid (ſ. d.).

Fluoreszein, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 632.

Fluoreszenz, ſ. Lumineszenz.

Fluoride, die einfacheren Verbindungen des Fluors mit anorganiſchen oder organiſchen Stoffen. Die Fluormetalle, Verbindungen, aus Fluor und Metallen beſtehend, ſind auch als Salze der Fluorwaſſerſtoffſäure zu betrachten. Wichtige Fluoride ſind der Flußſpat und der Kryolith (ſ. d.) für die Metallurgie, die Antimonfluoride (ſ. d.) für die Färberei. *Bujard.*

Fluorit, ſ. v. w. Flußſpat (ſ. d.).

Fluorkieſelmetalle (Kieſelfluormetalle), ſ. Siliciumfluoride.

Fluormetalle, ſ. Fluoride.

Fluorophore heißen gewiſſe Atomgruppen, an deren Exiſtenz im Molekül die Eigenſchaft der Fluoreszenz geknüpft iſt.

Es ſind dies vor allem gewiſſe ſechsgliedrige, meiſt heterocykliſche Ringe, wie der Pyron-, Azin-, Oxazin-, Thiazinring, ferner die Atomringe im Anthracen und Akridin. Die Wirkung der Fluorophore wird von der benachbarten Atomgruppierung erheblich beeinflußt.

Literatur: Nernſt, Theoretiſche Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903; Meyer, R., Zeitſchr. für phyſ. Chem., 24., 468, 1897; Ber. d. D. chem. Geſ., 31, 510, 1898, und 36, 2967, 1903. *F. Krüger.*

Fluorwaſſerſtoff (Fluorwaſſerſtoffſäure, Flußſäure *HFl*) (Mol.-Gew. 20, ſpez. Gew. 0,9879 bei 15° C.), bildet bei niedriger Temperatur eine farbloſe Flüſſigkeit, deren Siedepunkt bei 19,5° und deren Erſtarrungspunkt bei — 102,5° liegt.

Sie wird wie die Salzſäure faſt nur als wäſſerige Löſung in den Handel gebracht. Die Wirkung dieſer wäſſerigen Säure iſt eine höchſt energiſche. Sie löſt faſt alle Metalle außer Blei und den Edelmetallen, ſie bildet mit den meiſten Metalloxyden Salze und bildet auch mit Metalloiden, beſonders mit Silicium leicht lösliche und auch flüchtige Fluoride; ſie zerſetzt daher Glas und andre Silikate mit großer Leichtigkeit. Man ſtellt die wäſſerige Säure durch Zerſetzung von pulveriſiertem Flußſpat mit Schwefelſäure in mit Bleihauben bedeckten gußeiſernen Keſſeln her. Die aus dieſen Keſſeln entweichenden Dämpfe, deren Einatmen ſehr gefährlich iſt, fängt man in bleiernen Vorlagen in Waſſer auf. Für die meiſten Zwecke genügt die ſo erhaltene Säure. Wo größere Reinheit verlangt wird, erfolgt ein Umdeſtillieren in Platingefäßen. — Große Mengen von Flußſäure dienen heute zur Herſtellung von Antimonfluoriden (ſ. d.), die als Erſatz von Brechweinſtein in der Färberei benutzt werden. Die praktiſch wichtigſte Eigenſchaft des Fluorwaſſerſtoffes iſt, daß er Glas angreift. Infolgedeſſen findet er ausgedehnte Anwendung zum Aetzen von Glas. Das Aetzen von Glas geſchieht entweder mit einer wäſſerigen Löſung von Fluorwaſſerſtoff (die Aetzung wird dann glänzend, durchſichtig), oder man ätzt mit dem Gas ſelbſt, wodurch man eine matte Aetzung erzielt. Der gläſerne Gegenſtand wird mit Aetzgrund, d. h. mit einer Wachsſchicht, überzogen, in welche

die gewünſchten Figuren u. ſ. w. eingezeichnet werden. — Der Transport der Säure findet in Blei- oder Kautſchukflaſchen ſtatt. *Bujard.*

Flur, im allgemeinen jede abgegrenzte ebene Fläche, daher 1. die Geſamtheit der zu einem Orte gehörigen Felder u. ſ. w.; 2. im Hauſe bezeichnet Flur den Vorplatz, die Eingangshalle u. dergl., die den offenen, jedermann zugänglichen Teil des Hauſes bildet, von wo aus der Zutritt zu den übrigen Räumen erfolgt. *Weinbrenner.*

Flurbuch, Flurkarte, Flurnamen, ſ. Kataſter.

Flurplatten heißen die meiſt aus Riffelblechen beſtehenden Fußbodenplatten in den Maſchinen- und Heizräumen der Schiffe.

Flurziegel, Ziegel gewöhnlicher Form, beſonders ſcharf gebrannt und daher gegen Abnutzung wenig empfindlich; ſ. Fliefen und Tonwaren.

Fluß, ein ſtändig laufendes großes offenes Gewäſſer.

Ein Teil des Waſſers berührt hierbei die Erdoberfläche; den waſſerberührten Teil der letzteren heißt man das Bett des Gewäſſers (Flußbett). Der von der freien Atmoſphäre berührte Teil des Gewäſſers heißt deſſen Spiegel (Flußwaſſerſpiegel). Nach der Größe unterſcheidet man auch Bäche, Flüſſe und Ströme; doch ſind präziſe Trennungen dieſer Kategorien der Gewäſſer nicht eingeführt und deshalb die Bezeichnungen mehr oder weniger willkürlich.

Fluß, ſ. v. w. Flußſpat (ſ. d.).

Flußbett, ſ. Fluß.

Flußdeiche ſind bereits in dem Art. Deich erwähnt und in Hauptdeiche (Winterdeiche), Sommerdeiche, geſchloſſene und offene Deiche geſchieden worden; ihr Zweck iſt Schutz gegen das Hochwaſſer der Flüſſe. Rückſtau- oder Rückdeiche werden an den Ufern des Nebenfluſſes von ſeiner Mündung in den Hauptfluß ſo weit ſtromaufwärts geführt, daß deſſen Hochwaſſer die Niederung des Nebenfluſſes nicht mehr zu überfluten vermag. Flügel- oder Schenkeldeiche werden im Anſchluß an den Hauptdeich hergeſtellt und dienen verſchiedenen Zwecken, von denen die hauptſächlichſten folgende ſind: a) Verhinderung zu ſtarker Durchſtrömung tief gelegener Flächen des Vorlandes, auf das der in geringer Höhe ausgeführte Flügeldeich geführt wird; b) Verhinderung des Verſandens und ſchädlicher Rückſtaubildung bei Vereinigung zweier Flüſſe unter ſpitzem Winkel, indem an der Vereinigungsſtelle ein Flügeldeich angelegt wird (Fig. 1); zum Schutze vorſpringender Deichecken, von denen aus ſie — gewiſſermaßen als Buhnen — bis zum Vorlande herabgeführt und an der oberen Seite abgepflaſtert werden, um den Stoß des Eiſes auszuhalten; c) als Frontdeiche zum Anſchluß des Hauptdeiches an hochwaſſerfreie Höhen. — Liegt ein Deich hart am Fluſſe, iſt er alſo der Strömung unmittelbar ausgeſetzt, ſo heißt er Schaar- oder Gefahrdeich; ſeine Sicherung erfordert dann beſondere Sorgfalt, namentlich auch durch Deckung der im Angriff liegenden Uferſtrecke. — Tritt ein neuer Deich an Stelle eines alten, ſo wird dieſer zum Schlafdeich, der auch wohl Sturmdeich genannt wird, wenn man ihn der Sicherheit wegen beibehält. Zum Schutze von Ortſchaften und Gehöften, die innerhalb einer gar nicht oder unzureichend eingedeichten Niederung liegen, dienen Ringdeiche.

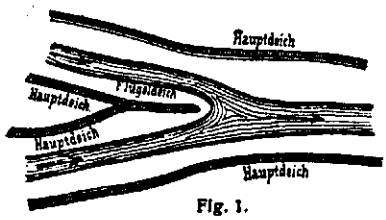


Fig. 1.

Erſt durch Eindeichung der Täler und Niederungen der Flüſſe iſt deren geregelte Bewirtſchaftung unabhängig von dem jeweiligen Waſſerſtande geworden, und ihr allein verdanken wir den blühenden Kulturzuſtand, in dem ſich die durch die Anſchwemmungen des Fluſſes fruchtbar gewordenen Gebiete befinden. Dieſen Vorteilen ſtehen indes erhebliche Nachteile gegenüber, die ſich im Laufe der Zeit (die erſten größeren Eindeichungen ſtammen in den Niederlanden aus dem 12., im Weichſeldelta aus dem 13. Jahrhundert) immer mehr verſtärkt haben. Dahin gehört die Hebung des Waſſerſpiegels infolge der Einſchränkung des Hochwaſſerbettes, die bei der unregelmäßigen Anlage der Deichlinien in früheren Zeiten oft eine ſehr beträchtliche iſt. Sie wird noch verſtärkt durch die fortdauernde Ablagerung der Sinkſtoffe auf dem Vorlande der Deiche und oft auch auf der Sohle des Fluſſes, während die eingedeichten Flächen, die ohnedies durch die Kultur ſchon eine Senkung erfahren haben, von dieſer Ablagerung frei bleiben. Dadurch wächſt die notwendige Höhe der Deiche; zugleich vermindert ſich die Fruchtbarkeit der eingedeichten Gebiete, und es wird immer ſchwieriger, ihnen eine geregelte Vorflut durch natürliches Gefälle zu verſchaffen. So kommt es, daß

manche Flußniederungen — beiſpielsweiſe am Rhein und an der Weichſel — bereits unter dem gewöhnlichen Waſſerſpiegel der Flüſſe und teilweiſe unter dem des Meeres liegen und ſomit auf künſtliche Entwäſſerung angewieſen ſind.

Dieſen ſich allmählich immer ſtärker ausprägenden Nachteilen ſtehen wirklich durchführbare Verbeſſerungsvorſchläge nur in geringem Umfange gegenüber. Die Zurückhaltung des Hochwaſſers an den Stellen ſeiner Entſtehung, alſo insbeſondere in den Quellgebieten, und ſein allmähliches Ablaſſen würde zwar das Uebel an der Wurzel treffen, doch ſtellen ſich einer ſolchen Anſammlung des Waſſers große Schwierigkeiten entgegen, abgeſehen davon, daß die Koſten ganz bedeutend ſein würden. Die vorgeſchlagene Vergrößerung der bewaldeten Flächen, deren Streudecke dann die Verſickerung begünſtigen ſoll, kann in unſern dicht bewohnten Kulturländern nur noch in ganz mäßigem Umfange zur Ausführung kommen. Für die Anlage von Sammelbehältern, die das Waſſer zur Zeit der Schneeſchmelze aufnehmen, ſind nur teilweiſe geeignete Oertlichkeiten vorhanden; zugleich wird aber ihre Ausführung auch bei günſtigen örtlichen Verhältniſſen ſehr teuer. Die Anſammlung von 1 cbm Waſſer in Staubecken erfordert nur ſelten weniger als 35 ℳ Anlagekapital; ſoll beiſpielsweiſe auch nur ein Drittel des Hochwaſſers eines Stromes, der 5 Tage lang ſekundlich 4000 cbm führt, aufgeſpeichert werden, ſo würde bei obigem Preiſe hierzu ein Aufwand von mehr als 200 Millionen Mark erforderlich werden. Demgemäß ſind die eifrigen Fürſprecher dieſes Vorſchlages, die ſich früher namentlich in Frankreich fanden (gelegentlich der Erörterung der Mittel zur Beſeitigung der verheerenden Loire-Ueberſchwemmungen), allmählich verſtummt; es wäre aber verkehrt, ihn vollſtändig zu verwerfen, da ſich durch paſſende Anwendung des Gedankens doch vieles erreichen läßt und auch manche ſonſtigen volkswirtſchaftlichen Vorteile durch Gewinnung von Waſſerkräften und Waſſer zu Verſorgungszwecken damit verbunden ſind. Hand in Hand müßte eine gute Uferunterhaltung auch der kleineren Waſſerläufe gehen, damit der Uferabbruch möglichſt verhindert und ſo die Menge der Sinkſtoffe auf das geringſte Maß beſchränkt wird.

Ein andrer Gedanke iſt der, die beſtehenden Winterdeiche in Sommerdeiche umzuwandeln, damit das befruchtende Winter- und Frühjahrshochwaſſer für die eingedeichten Flächen nutzbar gemacht werden kann, oder Einlaufſchleuſen und beſondere Ueberlaufdeiche (ſ. d.) anzulegen. Die Ortſchaften wären bei dieſer Anordnung mit hochwaſſerfreien Ringdeichen zu umgeben oder auf waſſerfreien Hügeln zu errichten; um ein ſtarkes Durchſtrömen des Tales zu vermeiden, müßten hochwaſſerfreie Querdämme geſchüttet werden. Dieſer Vorſchlag hat auf den erſten Blick vieles für ſich, iſt aber in dicht bevölkerten Marſchen ſchwer ausführbar. Der ganze Wirtſchaftsbetrieb iſt ſo ſehr auf die Fernhaltung der Hochfluten eingerichtet, daß ihr ungehinderter Zutritt auf die außerhalb der Ringdeiche belegenen Flächen zahlreiche Nachteile und Laſten mit ſich bringen würde. Zu dieſen gehört z. B. neben der Verzinſung der Anlagekoſten für die neuen Deiche und neben ihrer Unterhaltung das Aufgeben aller in Geländehöhe liegenden Verbindungswege während der Ueberſchwemmung. Die Durchführung einer ſolchen Umwandlung innerhalb eines vorhandenen Deichverbandes, ſei es auch zunächſt nur in der Form der Aufſtellung eines Entwurfs mit Koſtenanſchlag, würde wahrſcheinlich ergeben, daß die neu zu tragenden Laſten ſehr beträchtlich ſind, ohne daß ihnen beſondere Vorteile gegenüberſtehen. Der gegenwärtigen Bevölkerung aber könnte man es nicht verdenken, wenn ſie ſich weigert, dieſe Laſten zum Wohle der künftigen Geſchlechter auf ſich zu nehmen.

Fig. 2.

Wie oben erwähnt, iſt jede Eindeichung gleichbedeutend mit einer Einſchränkung des Hochwaſſerquerſchnitts, hat alſo eine Hebung des Hochwaſſerſpiegels zur Folge. Dieſe läßt ſich annähernd folgendermaßen berechnen:

Für die ſekundlich abfließende Waſſermenge hat man $Q = Fv$, wenn F den Querſchnitt, v die mittlere Geſchwindigkeit des Hochwaſſers bezeichnet. Nennt man α das Gefälle der Strecke, t die mittlere Tiefe, b die Breite des Flußbettes bei Hochwaſſer, ſo iſt $F = bt$ und annähernd $v = c\sqrt{\alpha t}$, alſo

$$Q = bc\sqrt{\alpha t^3},$$

wenn c einen Koeffizienten bezeichnet, der bei dieſer vorläufigen Unterſuchung unveränderlich angenommen werden kann. Dann wird nach Ausführung des Deiches (Fig. 2)

$$Q = Bc\sqrt{\alpha T^3}$$

alſo:

$$T = t\sqrt[3]{\frac{b^2}{B^2}} \text{ und } h = T - t = t\left(\sqrt[3]{\frac{b^2}{B^2}} - 1\right).$$

Der ſo ermittelte Näherungswert dient zur Grundlage der genaueren Berechnung, bei der eine Trennung des eigentlichen Flußſchlauches von dem Vorlande angenommen und demgemäß auch c für beide Abſchnitte geſondert beſtimmt wird (am beſten nach Kutter). Im übrigen erfährt durch die Eindeichung auch die ſekundlich abfließende Waſſermenge eine Erhöhung, indem die Flächen kleiner werden, auf denen das Hochwaſſer ſich ausbreiten und aufſpeichern kann; doch iſt dieſe Erhöhung meiſtens nicht erheblich.

Bei Feſtlegung der Deichlinien iſt tunlichſt der Abſtand B innezuhalten und darauf zu ſehen, daß ſtets Vorland von genügender Breite zum Schutze des Deichfußes und behufs Entnahme der erforderlichen Bodenmenge vorhanden iſt. Auch muß die Deichlinie zur Vermeidung von Strömungsangriffen dem Hochwaſſerſtrich möglichſt parallel laufen; doch ſind niedrige Stellen und ſolche mit ſchlechtem Boden möglichſt zu vermeiden und die Kolke an der Außenſeite zu belaſſen, damit ſie allmählich verſchlicken können. Starke Krümmungen ſind nicht zu ſehr abzuſchneiden, damit das Hochwaſſer nicht das Beſtreben erlangt, einen Durchbruch herbeizuführen. Betreffs Herſtellung der Deiche ſei den im Art. Deich gemachten Ausführungen noch folgendes hinzugefügt:

Nach Schelten ſoll der Sandgehalt des zur Erſtellung eines Deiches verwendeten Bodens mindeſtens 15% und nicht über 45%, die Druckfeſtigkeit in trockenem Zuſtande, die einen Maßſtab für die Zähigkeit des tonigen Bindemittels gibt, mindeſtens 20 kg für den Quadratzentimeter betragen. Humoſer Boden und Gartenerde ſind auszuſchließen, da ſie nicht dicht ſind und Mäuſe oder Maulwürfe anlocken; Moorboden iſt ſchon des geringen Gewichtes wegen nicht zu gebrauchen. Iſt der Boden ſehr ſandhaltig, ſo iſt der Deich durch Anlage flacher Böſchungen zu verſtärken und die Außenſeite mit einer 0,3—1 m ſtarken Schicht tonhaltigen Bodens zu bekleiden, die ſich bei ſehr lockerer Beſchaffenheit des Deichkörpers auch auf Binnenſeite und Krone zu erſtrecken hat. Die Entnahme der Deicherde erfolgt vom Vorlande her entweder aus tiefen Gruben, zwiſchen denen Querwände ſtehen bleiben, um das Zuſchlicken zu befördern, oder es wird das Vorland nur ſo tief abgegraben, daß es noch als Weide dienen kann, nachdem die obere Humusſchicht wieder aufgebracht iſt. Das Binnenland darf nur im äußerſten Notfall zur Gewinnung der Deicherde herangezogen werden.

Das Schütten der Deicherde erfolgt gleichmäßig in der ganzen Deichlinie in geneigten oder flach gewölbten, nur mäßig feuchten Lagen von 20—40 cm Stärke, die durch Stampfen (unter Mithilfe der Wagenräder und Zugtierhufe beim Anfahren des Bodens) gut feſtgelagert werden. Durch gleichzeitige Inangriffnahme der ganzen Deichſtrecke erhält die Niederung ſchon einigen Schutz, auch wenn die Arbeit vor Winter nicht ganz fertig werden ſollte. Muß man dieſe von vornherein auf mehr als ein Baujahr verteilen, ſo iſt es beſſer, eine Strecke ganz fertig zu ſchütten und das unfertige Ende mit flacher Neigung in das Gelände verlaufen zu laſſen.

Die Abdeckung der Erdoberfläche geſchieht durch Raſen; auf der Außenböſchung ſowie bei Ueberläufen und Sommerdeichen durch quadratiſche Deckraſen von 7—10 cm Stärke und 0,25—0,30 m Seitenlänge. Läßt ſtarke Strömung heftige Angriffe befürchten (namentlich bei Gebirgsflüſſen) oder muß wegen ungenügenden Vorlandes eine ſteile Böſchung gewählt werden, ſo wird die Außenſeite mit Pflaſter verſehen, das auch bei Sanddeichen Anwendung findet, ſofern Tonboden zur Bekleidung nicht in genügender Menge zur Verfügung ſteht. Der Unterbettungskies muß zur Verhütung von Ausſpülungen ziemlich grobkörnig ſein; noch beſſer iſt es, das Pflaſter in Mörtel zu verlegen. Bei Gebirgsflüſſen ſucht man das Vorland der Deiche mit Geſträuch zu bepflanzen, um die Stärke der Strömung zu mäßigen. — Das Schwindmaß der Deiche beträgt bei feſtem Untergrund etwa $^1/_{10}$ der Höhe, kann ſich aber bei weichem Boden bis auf $^1/_4$ der Höhe ſteigern.

Bei Durchſchreitung eines alten Flußarmes wird unter der Außenberme (bei ſehr weichem Boden auch wohl unter der Binnenberme) ein Faſchinendamm hergeſtellt und in ſeinem Schutze die Deichſohle geſchüttet; doch darf der eigentliche Deichkörper nicht auf Faſchinen liegen. Beim Durchſchreiten einer Strecke mit weichem Untergrund (Moor) iſt es am ſicherſten (wenn auch meiſt am koſtſpieligſten), den Damm bis auf den feſten Boden durchzuſchütten.

Für Unterhaltung der Flußdeiche iſt es wichtig, daß die Raſendecke ſich ſtets in gutem Zuſtande befindet. Es ſind deshalb alljährlich Diſteln und größere Unkräuter zu entfernen; Bäume und Geſträuche ſind nicht zu dulden, weil ihre Wurzeln Tiere anlocken und bei ſtarkem Winde den Boden des Deiches lockern. Beweidung macht den Raſen dichter und widerſtandsfähiger und hat zugleich das Zutreten der Maulwurfs- und Mäuſelöcher zur Folge; jedoch ſind Schweine und Federvieh ſtets fernzuhalten, auch dürfen neue Deiche im Anfang nicht mit Großvieh beweidet werden. Durch Hitze, trocknende Winde oder Froſt entſtandene Riſſe ſind ſorgfältig auszufüllen, die bei Hochwaſſer gebildeten Ausſpülungen auszubeſſern und mit Grasſamen anzuſäen.

Literatur: [1] Dumas, Etudes sur les inondations; Causes et remèdes, Paris 1857. — [2] Dupuit, Des inondations; examen des moyens proposés pour en prevenir le retour, Paris 1858. — [3] Storm-Buyſing, Waterbouwkunde, Breda 1864. — [4] Weſterhoff, Geschiedenis van ons dijkwezen, Groningen 1865. — [5] Kletke, Deichweſen des preußiſchen Staats, Berlin 1868. — [6] Comoy, Mémoires sur les ouvrages de défense contre les inondations, Paris 1868. — [7] Ruſt, Deichweſen der unteren Elbe, Berlin 1870. — [8] Belgrand, Etude hydrologique sur le bassin de la Seine, Paris 1872. — [9] Hagen, Handbuch der Waſſerbaukunſt, Bd. 4. — [10] Garbe im Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 3, 2. Abt., 1. Hälfte, 3. Aufl. 1900. — [11] Gerſon, Wie es hinter unſern Deichen ausſehen ſollte, Berlin 1888. — [12] Freerkſen, Beitrag zur Geſchichte des oſtfrieſiſchen Deichweſens, Emden 1892. — [13] Schlichting, Ueberſchwemmungen und Deiche, Deutſche Bauztg. 1888, S. 197. — [14] Geſchäftsanweiſung für Hochwaſſer- und Deichverhältniſſe in Preußen, Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 33 und 123. — [15] Keller, H., Die Hochwaſſer der norddeutſchen Ströme, ebend. 1896, S. 521. — [16] Müller, Fr., Das Waſſerweſen der niederländiſchen Provinz Zeeland, Berlin 1898. — [17] Tenge, Der Jeverſche Deichverband. Geſchichte und Beſchreibung der Deiche, Uferwerke und Siele, Oldenburg 1898, 2. Aufl. — [18] Kolossváry, Les traveaux de régularisation et d'endiguement en Hongrie, Budapeſt 1900. — [19] Artikel „Deichweſen“ im Handwörterbuch der Staatswiſſenſchaften, Jena 1900, Bd. 3, 2. Aufl. *Frühling.*

Flußeiſen, im weiteren Sinne ſchmiedbares Eiſen, das bei ſeiner Erzeugung in flüſſigem Zuſtande erhalten wird (ſ. Eiſen), ohne Rückſicht darauf, ob es härtbar iſt oder nicht. In erſterem Falle erhält es zu genauerer Bezeichnung den Namen Flußſtahl, im zweiten müßte es Flußſchmiedeeiſen genannt werden, welcher Ausdruck aber nicht gebräuchlich iſt und durch Flußeiſen (im engeren Sinne) erſetzt wird. Im folgenden ſoll das Wort im gebräuchlicheren engeren Sinne angewendet, der Flußſtahl aber unter dem Stichwort Stahl behandelt werden.

Die Erzeugung des Flußeiſens kann erfolgen: 1. durch bloßes Verflüſſigen ſchmiedbaren Eiſens; 2. durch miſchendes Schmelzen von Roheiſen und ſchmiedbarem Eiſen; 3. durch oxydierendes Schmelzen von Roheiſen; 4. unmittelbar aus Eiſenerzen. — Da die verſchiedenen Arten der Erzeugung ineinander übergehen und in denſelben Vorrichtungen vorgenommen werden, ſo erſcheint es zweckmäßiger, die Arbeitsverfahren zugrunde zu legen und zu trennen in Herdofen- und in Birnenverfahren.

a) **Herdofenprozeſſe.** Die Flußeiſenerzeugung auf dem Flammofenherde iſt urſprünglich ein Miſchverfahren. Schon in den fünfziger Jahren wurden diesbezügliche Verſuche ausgeführt, ſcheiterten aber an der Unzulänglichkeit der Feuerungseinrichtungen. Erſt nachdem Siemens den Weg gezeigt hatte, wie durch Anwendung der Wärmeſpeicher die Verbrennungstemperatur künſtlich ſehr bedeutend erhöht werden kann, gelang es 1865 den Gebrüdern Martin in Sireuil, mit einem von W. Siemens erbauten Ofen einen regelmäßigen Schmelzbetrieb durchzuführen. Nach ihnen führt das miſchende Schmelzen von Roheiſen und Schmiedeeiſenſchrot auf dem Flammofenherde (open hearth process) bis heute den Namen Martin-Prozeß oder Siemens-Martin-Prozeß.

Allmählich hat ſich das urſprüngliche Verfahren nach beiden Seiten hin, ſowohl zum bloßen Umſchmelzen von Abfällen ſchmiedbaren Eiſens als zum Friſchen (oxydierenden Schmelzen) von Roheiſen, entwickelt. Je geringer der Anteil des Roheiſens an dem Einſatze iſt, deſto raſcher gelangt man zum Ziele; je mehr Roheiſen man zu verwenden gezwungen iſt, deſto länger hält die Oxydation der Nebenbeſtandteile an. Man bevorzugte daher im allgemeinen die Verwendung von viel Schrot und ging damit, ſolange Schrot in ausreichenden Mengen und zu entſprechenden Preiſen zu haben war, bis zu 95% des Einſatzes. Heute iſt man aber aus Mangel an Schrot meiſt zu hohen Roheiſenſätzen gezwungen; man beſchleunigt daher die Oxydation der Nebenbeſtandteile (Kohlenſtoff, Silicium, Mangan, Phosphor) durch Zuſchlag reiner und reicher Eiſenerze, die ihrerſeits zu Eiſen reduziert werden. So gelangte man zu dem Siemens- oder Landore-Prozeß [1], der die Darſtellung von Flußeiſen aus Roheiſen zur Aufgabe hat. Man kann jedoch noch weiter gehen und die Reduktion der Eiſenerze unmittelbar zu ſchmiedbarem Eiſen als Ziel hinſtellen und erhält damit eine neue Ausführungsform des uralten Rennprozeſſes, die ſich freilich bisher als wirtſchaftlich vorteilhaft noch nicht herausgeſtellt hat [2]—[4]. Als Rohſtoffe dienen: 1. kohlenſtoffreiches Roheiſen (grau oder weiß) mit 2–2,5% Silicium und 3—3,5% Mangan bei Bildung ſaurer, mit 1—1,5% Silicium neben höchſtens 1,2% Mangan bei Erzeugung baſiſcher Schlacke, immer mit niedrigem Phosphor- und Schwefelgehalt; 2. Schmiedeeiſenabfälle, meiſtens Enden, Abſchnitte, Ausſchußſtücke von der Flußeiſenverarbeitung, Abfälle reinen Schweißeiſens von der Feinblech- und Drahterzeugung, im baſiſchen Verfahren auch gewöhnlicher Schmiedeeiſenſchrot. An Zuſchlägen kommt zur Schlackenbildung gebrannter Kalk, zum Friſchen reiner und reicher Roteiſenſtein, Magneteiſenſtein ſowie Hammerſchlag und Walzenſinter, zum Desoxydieren Spiegeleiſen, Ferromangan, Aluminium, zum Entgaſen Ferrosilicium zur Verwendung. Für die Erzeugung beſonderer Legierungen (Nickelſtahl u. ſ. w.) ſind natürlich in jedem Falle noch andre Zuſätze erforderlich.

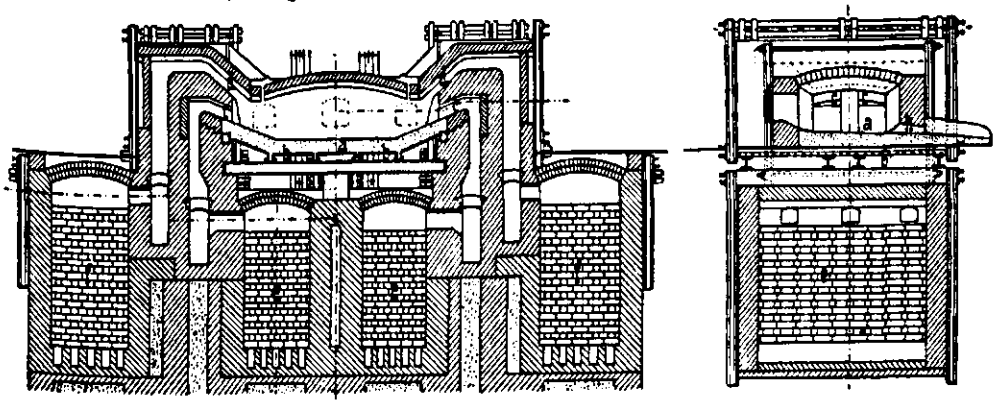


Fig. 1—3.

Der Martin-Ofen (Fig. 1) hat mit wenigen Ausnahmen den für Schmelzflammöfen üblichen rechteckigen Grundriß und je nach der Größe des Einſatzes (5–100 t) ſehr verſchiedene Abmeſſungen. Die kleineren Oefen bis zu 10 t Faſſungsraum ſind meiſt für Stahlformguß beſtimmt, die größeren zur Erzeugung von Blöcken für die weitere Verarbeitung. Der Herd fällt von den Feuerbrücken nach der Mitte und von der Arbeitsſeite nach der gegenüber-

liegenden, das Stichloch enthaltenden Längswand ab. Die Tiefenlage des Stichloches unter der Arbeitsſchwelle iſt von weſentlichem Einfluß auf den Grad der Oxydation. Bei geringem Höhenunterſchied ergibt ſich ein Herd mit großen Verhältniſſen zwiſchen Badoberfläche und Metallmenge, alſo kräftige Oxydation, gute Wärmeausnutzung und geſteigerte Erzeugung. In der Regel iſt die Badtiefe nicht größer als 250 mm; nur bei Entſtehung großer Schlackenmengen gibt man dem Sumpfe 500 mm Tiefe. Der Herd ruht auf freiliegenden eiſernen Platten und wird von unten wie in den Feuerbrücken durch Luft gekühlt. Die Wärmeſpeicher hatten ihren Platz früher allgemein unter dem Ofen und entließen Gas und Luft durch aufſteigende Kanäle in den Ofenköpfen nach dem Herde. Behufs leichterer Zugänglichkeit und zum Schutze gegen etwaiges Durchbrechen des Ofeninhaltes rückt man die Kammern jetzt ſeitwärts unter dem Ofen weg oder ordnet, wie Dick und Riley angegeben haben, jede Kammer für ſich in einen Blechmantel eingehüllt neben dem Ofen an. Die Kammern für das Heizgas werden dann nach Batho durch wagerechte, ausgemauerte Röhren mit dem Ofenraum verbunden, die Luftkammern aber durch U-förmig gebogene, welche die Luft von oben her durch das Gewölbe in den Ofen führen. Dieſe Anordnung ſchützt vor etwaigem vorzeitigen Zuſammentreten und Verbrennen von Gas und Luft, wie es vorkommt, wenn die Zwiſchenwände der Kammern undicht werden. Dagegen ſind die Wärmeverluſte infolge zu großer Oberfläche und zu geringem Steininhalt ſo groß, daß dieſe Bauart nicht dauernd Anwendung gefunden hat. Wichtig iſt die Anordnung der Eintrittsöffnungen für Gas und Luft, die eine möglichſt innige und raſche Miſchung beider begünſtigen muß. Meiſt treten beide durch ſenkrechte Schlitze in der Kopfwand ein, und zwar die Luft an den Seiten, das Gas in der Mitte; häufig hat dieſe Wand nur zwei Schlitze für Gas, während die Luft durch einen niedrigen, aber über die ganze Breite ſich erſtreckenden Spalt oberhalb der Gaszuführung oder durch Oeffnungen im Gewölbe eintritt. Eine weitere, beſonders die längere Dauer der Wärmeſpeicherfüllungen gewährleiſtende Verbeſſerung beſteht in der Verlängerung der ſenkrechten Gaskanäle in den Ofenköpfen nach abwärts, d. h. in der Anbringung von Staubſäcken zum Auffangen des vom abziehenden Gasſtrom mitgeriſſenen Flugſtaubes (ſ. Fig. 1). — Seit man erkannt hat, daß der größte Teil der Wärme durch Strahlung übertragen wird, erhält das Ofengewölbe geradlinigen Scheitel oder iſt nach Fr. Siemens zu einer Kuppel ausgebildet, während es früher nach der Mitte hin ſtark zum Herde herabgezogen wurde; ſo kann ſich jetzt nicht nur die Flamme weit beſſer entfalten, ſondern die Gewölbe halten auch länger. Die Ofenköpfe, das Gewölbe und die Seitenwände werden aus höchſt feuerfeſten Dinasſteinen hergeſtellt; der Herd wird aus Quarzmaſſe aufgeſtampft, falls mit ſehr phosphorarmem, aus Dolomitmaſſe oder Magneſit, wenn mit phosphorhaltigem Rohmateriale gearbeitet wird, der Phosphor alſo oxydiert und verſchlackt werden muß. Die Trennung des baſiſchen Bodenmaterials und der ſauren Steine an Seitenwänden und Ofenköpfen erfolgt durch Zwiſchenſchaltung einer Lage von Chromeiſenſtein. Man unterſcheidet hiernach ſaure und baſiſche Oefen bezw. ſauren und baſiſchen Betrieb. Eine neuere, in Deutſchland kaum, in Nordamerika, ihrer Heimat, nur wenig angewendete Ofenart ſind die Kippöfen [5]—[7]. Der ganze Ofenkörper von Kopfwand bis Kopfwand (einſchließlich) iſt in eine ſtarke Eiſenkonſtruktion gehüllt; infolge zylindriſcher Geſtaltung der Sohlwand oder durch Anbringung von Wiegekufen läßt er ſich um ſeine Längsachſe kippen. Zweck iſt ſchnellere und reinere bezw. nur teilweiſe Entleerung. Nur wo die Möglichkeit zu letzterer von weſentlichem Wert iſt, dürfte die Anwendung ſolch koſtſpieliger Bauweiſe gerechtfertigt ſein, alſo bei kleinen Oefen für Stahlguß, die häufiges Füllen der Pfannen mit heißem Metall geſtatten müſſen, oder für ſehr große Oefen zum Verfriſchen flüſſig zugeführten Roheiſens unter teilweiſer Verwendung des Bades für die nächſte Hitze (ſ. u.).

In den hocherhitzten Ofen trägt man zunächſt das Roheiſen (5—50 % vom Geſamtgewichte) ein, ſchmilzt es raſch nieder und tränkt nun die Eiſenabfälle in einzelnen Poſten im Bade ein, oder man ſetzt auch den Herd von vornherein voll Schrot. Vor jedem Zuſatze hat man ſich von dem Schmelzen des vorigen durch Umrühren zu überzeugen. Das Einſchmelzen des ganzen Satzes nimmt je nach ſeinem Gewicht und der Beſchaffenheit des Schrotes ſehr verſchiedene Zeit in Anſpruch; je kleiner und leichter der letztere iſt, deſto länger dauert das Einſetzen, ſo daß unter Umſtänden im Tage nur zweiundeinhalb Sätze geſchmolzen werden können. Stehen ſchwere Block- und Schienenabſchnitte zur Verfügung, die noch faſt glühend vorgelaufen werden, ſo kommt man auch auf ſechs Hitzen. Im ſauren Prozeſſe bildet ſich nur wenig ſehr kieſelſäurereiche Schlacke, im baſiſchen aber infolge Zuſchlagens von gebranntem Kalk eine ſolche Menge, daß ſie abgezogen werden muß, um nicht die Erhitzung und die Oxydation zu ſehr zu verlangſamen. Genügt die oxydierende Wirkung der Feuergaſe nicht, wie es bei hohen Roheiſenſätzen der Fall iſt, ſo iſt Erz zuzuſchlagen. Nachdem das durch Kohlenoxydentwicklung augenfällig werdende Friſchen beendet und das in der Schlacke enthaltene Eiſenoxydul reduziert iſt, überzeugt man ſich durch Probenehmen von der Beſchaffenheit des Bades, gibt die desoxydierenden Zuſchläge hinzu und ſchreitet nach abermaliger Probenahme zum Abſtechen in eine mittels Laufkranes zu bewegende Gießpfanne, aus der dann die Block- bezw. Maſſeformen (letztere bei Erzeugung von Formgußſtücken) gefüllt werden. Ferrofilicium wird oft erſt in der Pfanne, Aluminium ſelbſt erſt in den Blockformen hinzugeſetzt. Die lange Dauer des Prozeſſes geſtattet eine ſehr ſorgfältige Regelung der chemiſchen Zuſammenſetzung des Bades, weshalb der Herdofenprozeß ſich gleich gut zur Erzeugung harten Flußſtahles oder ganz weicher Flußeiſenſorten und beliebiger Eiſenlegierungen eignet. Das weiche Flußeiſen des baſiſchen Prozeſſes beſitzt infolge ſeines außerordentlich geringen Gehaltes an fremden Beſtandteilen einen hohen Grad von Schweißbarkeit und verdrängt das Schweißeiſen mehr und mehr. Die Leiſtung eines Ofens hängt außer von ſeiner Größe ſehr weſentlich von der Beſchaffenheit des Rohmaterials ab. In einem 30-t-Ofen werden bei vier Hitzen im Tage und einem Abbrande von 5—8 % rund 110—115 t, bei Anwendung von viel Schrot, der in ſchweren und noch heißen

Enden vorgelaufen wird, auch bei sechs Hitzen bis zu 170 t gute Blöcke erzeugt. Die Erzarbeit ergibt unter Umständen ein den Eiseneinsatz übersteigendes Ausbringen, da ein Teil des Erzes (30—60 %) reduziert wird. Der Brennstoffaufwand beläuft sich bei Verwendung reiner, gasreicher Steinkohlen nicht viel über 200—250 kg auf 1 t Flußeisen, kann aber in kleinen Oefen und bei geringwertigem Brennmaterial auch bis auf 500 kg steigen.

Die Verwendung von viel Roheisen und besonders die von flüssig eingesetztem bringt durch die Steigerung des Erzbedarfes mancherlei Schwierigkeiten und Nachteile mit sich, die den Vorteil niedrigeren Preises der Rohstoffe mehr oder minder aufwiegen. Das Lösen der kalt eingesetzten Erze in der Schlacke kostet Zeit und Wärme, und die nachfolgende Reaktion verlängert abermals die Dauer; die entstehende große Schlackenmenge erschwert die Wärmeübertragung auf das Bad, womit abermals der Zeitaufwand wächst, die Erzeugungsfähigkeit des Ofens bis auf die Hälfte sinkt, Löhne und Brennstoffverbrauch steigen. Ferner verursacht die viele Schlacke rascheren Verschleiß des Ofenfutters und von dem Eisengehalt der Erze wird nur ein Teil reduziert; der andre geht in der Endschlacke verloren. Das Bestreben, diese Nachteile zu vermeiden, hat nun mancherlei Abarten des Herdofenprozesses gezeitigt, die, geordnet nach ihren Grundlagen, kurz geschildert werden müssen, da nach diesen Richtungen hin die Weiterentwicklung des in steigendem Maße sich ausbreitenden Verfahrens vor sich geht. — Die Verwendung großer Erzmengen im Martin-Ofen kann nur umgangen werden, wenn man dem Roheiseneinsatz annähernd die Zusammensetzung gibt, welche die Mischung zu Beginn des Schrotprozesses hat, d. h. wenn das Roheisen gefeint oder vorgefrischt wird. Das kann aber ebensowohl mit Luft als mit einer oxydierenden Erzschlacke erfolgen.

Das Vorfrischen mit Luft wurde zuerst von Würtenberger [8] 1879 auf dem „Phönix" in Ruhrort versucht; er führte Wind durch eine hohle, einem Puddelrührhaken ähnliche aber mehrzinkige Krücke in das im Martin-Ofen befindliche Bad. Wegen der zu Beschädigungen des Bodens führenden Lebhaftigkeit der Reaktion und andern Schwierigkeiten hat das Verfahren sich nicht dauernd einführen können. Besseren Erfolg hat das vereinigte Bessemer- und Martin-Verfahren (Duplexverfahren) in Witkowitz [9], [10] aufzuweisen. Das Roheisen, das einen nur mäßigen Phosphorgehalt haben darf (1,2 % Silicium, 2,7 % Mangan, 0,2 % Phosphor, 3,7 % Kohlenstoff) wird in Sätzen von je 10 t in der sauer ausgefütterten Birne binnen 8 Minuten vollständig entsiliciert sowie auf 0,1 % Kohlenstoff und 0,4 % Mangan herabgebracht; weiter kann man nicht gehen, ohne sich der Gefahr des Steifwerdens des Metalles auszusetzen und so die Ueberführung in den Martin-Ofen unmöglich zu machen. Arbeitet man ausschließlich mit vorgefrischtem Eisen, so kann der Einsatz in 3 Stunden gar gemacht werden einschließlich Reinigung und Ausbesserung des Herdes. Gewöhnlich wird jedoch, um auch die über Sonntag fallenden Masseln und etwas Schrot mitzuverarbeiten, mehr Zeit erforderlich. Eine Abänderung dieses Verfahrens rührt von Daelen und Pszczolka [11] her, die in einem auswechselbaren Vorherd des mit ununterbrochenem Stich versehenen Hochofens mit erhitztem Hochofengebläsewind vorfrischen; sie war einige Zeit in Krompach in Ungarn in Gebrauch. — Die beiden Vorschläge von Kernohan [12] und Sattmann [13], die behufs Vermeidung des Umgießens das Vorfrischen in einem rinnenförmigen Ofen bezw. in einer Rinne auf dem Wege des Eisens vom Hochofen zum Martin-Ofen mittels Durchblasens von Luft bezw. Aufblasens oxydierender Flammen bewirken wollen, sind wohl nur versuchsweise zur Anwendung gekommen.

Verbreiteter ist das Vorfrischen mit Erz im Herdofen selbst, von dem ebenfalls mehrere Ausführungsweisen um den Vorrang streiten. Das älteste ist das 1897 in Kladno zuerst versuchte Verfahren von Bertrand und Thiel [14]. Es benutzt behufs Vermeidung der obengeschilderten Uebelstände der Erzarbeit zwei Herdöfen in verschiedener Höhenlage (3 m Unterschied), deren oberer zum Vorfrischen dient, während im unteren die Sätze fertig gemacht werden. Der obere Ofen hat nur etwa halb so großes Fassungsvermögen wie der untere; in ihm wird binnen etwa 2½ Stunden das größtenteils flüssig eingetragene Roheisen durch eine aus Kalkstein und Eisenerz gebildete Schlacke unter lebhafter Reaktion entsiliciert, zum Teil entphosphort und entkohlt. Inzwischen hat der untere Ofen den Schroteinsatz erhalten und auf Glühhitze gebracht; dann wird durch Abstechen des oberen Ofens dessen Metallinhalt in den unteren überführt, während die kiesel- und phosphorsäurereiche aber sauerstoffarme Schlacke zurückbleibt. Im unteren Ofen erfolgt nun durch Zusatz von Erz und Kalkstein die Bildung neuer Schlacke, die das Frischen lebhaft zu Ende führt.

Die beiden Abschnitte des Prozesses lassen sich jedoch auch in nur einem Ofen nacheinander durchführen. Monell [15] setzt nach dem amerikanischen Patent Nr. 652226 in einen 40-t-Ofen zunächst Kalkstein, 50 % des gewöhnlichen Satzes an Roheisen oder Schrot und 20 % Eisenerz ein, erhitzt auf helle Rotglut und gießt nun auf die zum Teil noch ungeschmolzene Masse die andre Hälfte des Satzes an flüssigem Roheisen. Sofort beginnt lebhaft die Bildung einer basischen Schlacke unter gleichzeitiger Oxydation von Silicium, Mangan und Phosphor sowie von etwas Kohlenstoff. Nach einer Stunde ist der Phosphorgehalt von 0,5—0,8 % auf 0,04 % vermindert; Silicium und Mangan sind vollständig verbrannt. Durch Abstechen von 80 % der Schlacke erhält man ein fast unbedecktes Metallbad, das nun mit oxydierender Flamme zu Ende gefrischt wird. Die Beschleunigung der Oxydation gestattet die Hälfte Hitzen mehr durchzuführen als nach dem alten Verfahren. — Uebrigens nimmt Gorlaneff [16] die Priorität für sich in Anspruch, da er in Briansk schon 1894 in fast gleicher Weise gearbeitet habe.

Mehr Aufsehen hat das auf den Pencoid Iron Works seit 1899 in Anwendung stehende ununterbrochene Verfahren von Talbot [17] erregt. Es wird in einem Kippofen von sehr großem, 100 t überschreitendem Fassungsvermögen ausgeführt und besteht darin, daß durch Zusatz von Kalkstein und Erz oder Walzensinter eine stark oxydierende Schlacke über einem fertigen Stahlbade gebildet und nun flüssiges Roheisen hinzugegossen wird. Da Stahlbad und Schlacke sehr viel höhere Temperatur haben als das Roheisen, so tritt sofort eine außerordentlich lebhafte

Reaktion auf; die Oxydation von Silicium, Mangan, Phosphor und eines Teils des Kohlenſtoffes erfolgt ungemein raſch ſowohl ſchon beim Durchfließen des Eiſens durch die Schlackendecke als während der Berührung an den Oberflächen, da das leichtere Roheiſen auf dem Stahlbade ſchwimmt, und iſt nach 10 Minuten beendet. Ein Teil der erſchöpften Schlacke wird abgegoſſen, der Reſt durch erneuten Zuſatz von Kalkſtein und Eiſenoxyden wieder reaktionsfähig gemacht und abermals Roheiſen eingegoſſen, u. ſ. w. Iſt ſo der Herd mit vorgefriſchtem Eiſen gefüllt, ſo läßt man das Bad kochen bis zur vollendeten Entkohlung und macht es durch oxydierende Zuſätze fertig. Dann gießt man einen Teil als Fertigerzeugnis ab und beginnt das Vorfriſchen von neuem. Als ein Nachteil iſt anzuſehen, daß jedesmal das ganze Bad völlig entkohlt und unter Aufwand koſtſpieliger Zuſchläge fertig gemacht werden muß, während doch nur ein Teil desſelben (höchſtens die Hälfte) als Erzeugnis den Ofen verläßt. Das Verfahren eignet ſich überdies nur zur Herſtellung von Metall für Maſſenartikel, nicht aber für hochwertige Waren.

Die chemiſchen Vorgänge im Martin-Ofen laſſen ſich am beſten an Hand einiger Schaubilder von genau unterſuchten Hitzen erläutern. Fig. 4 ſtellt den Verlauf eines normalen Schrotſchmelzens im ſauer zugeſtellten Ofen dar [18]. Die chemiſchen Vorgänge beſchränken ſich auf die Oxydation der Nebenbeſtandteile des Roheiſens, Silicium, Mangan und Kohlenſtoff ſowie von Eiſen. Die erſteren beiden verbrennen größtenteils ſchon während des Einſchmelzens; die Oxydation des Kohlenſtoffes geht erſt lebhaft von ſtatten, wenn nach Beendigung des Einſchmelzens die Temperatur des Bades geſteigert werden kann; ſie äußert ſich in einer leicht kochenden Bewegung des Bades und dem Verbrennen von entweichenden Gasblaſen. Gleichzeitig wird das mit der Kieſelſäure und dem Manganoxydul zu einer Schlacke zuſammengetretene Eiſenoxydul durch den Kohlenſtoff zum Teil wieder reduziert. Iſt letzterer Vorgang, ſei es durch Verbrauch des Kohlenſtoffes, zu Ende, was an dem Aufhören der Gasentwicklung erkannt wird, ſo überzeugt man ſich von dem Grade der Entkohlung durch Probenahme und gibt die Desoxydations- und Entgaſungszuſchläge. Die Schlacke iſt, da zur Sättigung mit Kieſelſäure aus dem Ofenfutter Gelegenheit gegeben, ſtark ſauer und löſt infolgedeſſen nur minimale Mengen Phosphorſäure, was die Oxydation des Phosphors aus dem Eiſenbade hindert. Schwefel wird nicht oxydiert wegen der ungemein großen Verdünnung, in der er ſich im Bade befindet. Die Zuſammenſetzung und die Veränderung der Schlacke iſt nach Ledebur [19] in Fig. 5 dargeſtellt.

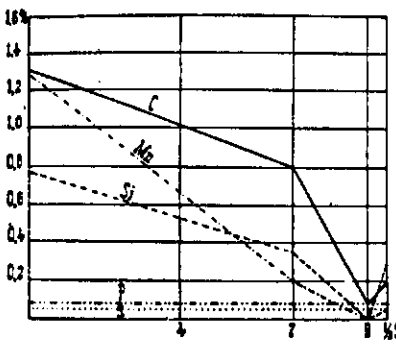


Fig. 4.

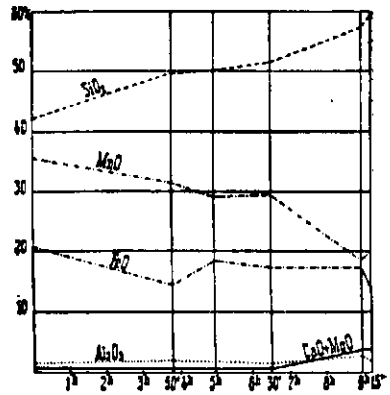


Fig. 5.

Im baſiſch ausgefütterten Ofen iſt der Verlauf etwas anders. Enthält der Einſatz auch beträchtlich weniger Silicium als beim ſauren Verfahren, ſo würde die entſtehende geringere Menge Kieſelſäure doch immer noch ſtark löſend auf das Ofenfutter wirken. Man muß deshalb zu deren Bindung von vornherein einen Kalkzuſchlag geben. Deſſen Anweſenheit hat zur Folge, daß die Oxydation ſich auch auf den Phosphor erſtreckt und dieſer ebenſo wie die übrigen Beſtandteile ſchon während des Einſchmelzens etwas abnimmt. Die Wirkung des baſiſchen Zuſchlages auf die Oxydation von Silicium und Phosphor iſt unverkennbar. Um das Verhalten des letzteren beſſer zu veranſchaulichen, iſt er in Fig. 6 im zehnfachen Maßſtabe aufgetragen. Der Einſatz der von Schmidhammer [20] mitgeteilten Hitze aus 3000 kg Roheiſen und 4000 kg Schrot brauchte 3 Stunden zum Einſchmelzen. Nach 15, 40, 60 und 75 Minuten erfolgten Zuſätze von 120, 180, 72 und 48 kg Ziegeln aus Hammerſchlag und Kalk; die hierdurch hervorgerufene Beſchleunigung der Oxydation iſt ſehr beträchtlich; denn ſchon nach dem erſten bezw. zweiten Zuſatz ſind Phosphor und Mangan auf den Betrag herabgebracht, den das Enderzeugnis aufweiſt. Erſt nach deren Entfernung ſetzt die Oxydation des Kohlenſtoffes ſtärker ein; aber auch dieſer iſt, obgleich er den dritten und vierten Zuſchlag von Hammerſchlag nötig machte, nach 1 Stunde 34 Minuten vom Einſchmelzen ab verbrannt. Ein Vergleich mit Fig. 4 zeigt deutlich die Beſchleunigung des ganzen Verfahrens durch die oxydierenden Zuſchläge. Während beim baſiſchen Birnenverfahren die Oxydation des Phosphors erſt einſetzt, nachdem aller Kohlenſtoff entfernt iſt, geht ſie hier voraus, und das iſt ein auf die höhere Temperatur bei jenem zurückzuführender bezeichnender Unterſchied. In Fig. 7 ſind die Veränderungen der zugehörigen Schlacke dargeſtellt.

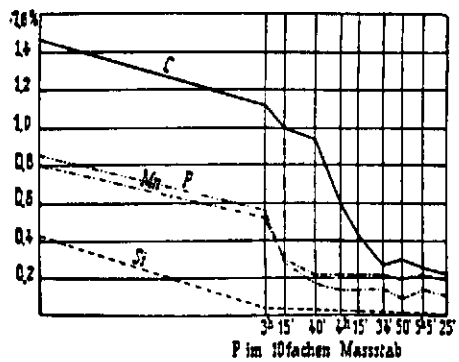


Fig. 6.

Als Beiſpiel für das Bertrand-Thiel-Verfahren iſt eine Hitze von dem Eiſenwerke Kladno in Böhmen, die Ledebur [21] mitteilt, in Fig. 8 dargeſtellt. Der erſte Abſchnitt von 45 Minuten, in dem bereits zweimal Erz und Kalk geſetzt wurde, zeigt nur äußerſt geringe Aenderungen des Einſatzes, nämlich mäßige Verringerung von Silicium und Phosphor und geringe Erhöhung des Kohlenſtoffgehaltes, letztere eine Folge der Abnahme der andern Beſtandteile, vornehmlich der Oxydation von Eiſen. Während dieſer Zeit muß ſich aus den Zuſchlägen durch Schmelzen erſt eine Schlacke bilden, deren Wirkung dann in den folgenden dreimal 20 Minuten, während denen jedesmal wieder Erz und Kalk eingeſetzt wurden, auch deutlich hervortritt. Schon nach 1 Stunde 45 Minuten ſind Silicium, Mangan und Phosphor vollſtändig, vom Kohlenſtoff iſt etwa ein Viertel verbrannt. Die Wirkung des letzten Zuſchlages vor dem Abſtechen in den zweiten Ofen iſt nur noch gering, er hätte erſpart und die Schmelzdauer im erſten Ofen um 30 Minuten abgekürzt werden können. Dem zweiten Ofen fällt, wie das Schaubild deutlich erkennen läßt, nur noch die Entkohlung zu, die ausſchließlich durch die Feuergaſe bewirkt wird, welche das von Schlacken nicht bedeckte Bad auf ſeiner ganzen Fläche berühren.

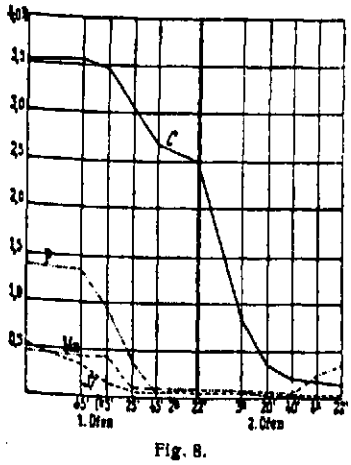


Fig. 8.

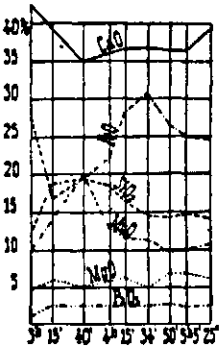


Fig. 7.

Das Talbot-Verfahren iſt durch die Schaubilder Fig. 9 und 10 dargeſtellt, und zwar nach einer Veröffentlichung des Erfinders [22]. Während in erſterem die Einſätze von Roheiſen nach 10 und 45 Minuten durch Erhöhung der Nebenbeſtandteile des Bades deutlich hervortreten, läßt in letzterem der Zuſchlag von Erz nach 5 Minuten vom Beginn die Steigerung der Oxydationsfähigkeit der Schlacke durch ſtarke Zunahme des Eiſenoxydulgehaltes erkennen. Die Wirkung auf das zugeführte Roheiſen iſt denn auch, wie beide Schaubilder zeigen, ungemein

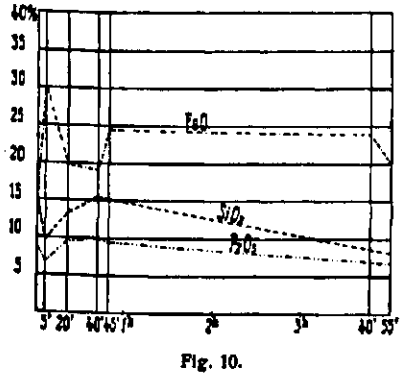


Fig. 10.

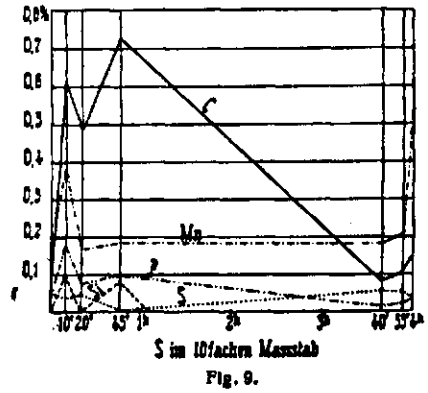


Fig. 9.

kräftig. Aehnlich verhält ſich das Schmelzgut nach dem zweiten Eiſen- und Erzzuſatz. Scheinbar verlaufen die Oxydation des Kohlenſtoffes und des Phosphors gleichzeitig; in Wirklichkeit dürfte ſich das Bild, das leider mangels mehrerer Analyſen aus der Kochperiode und wegen gänzlichen Uebergehens des Kalkgehaltes der Schlacke ſich nicht genau genug aufzeichnen läßt, etwas anders darſtellen. Die lebhafte Oxydation des Kohlenſtoffes mußte unbedingt durch Abnahme des Eiſenoxydulgehaltes der Schlacke infolge Reduktion zum Ausdruck kommen. Sehr deutlich tritt in Fig. 9 die dem baſiſchen Herdofenverfahren eigne Erſcheinung zutage, daß infolge Aufnahme von Schwefelverbindungen aus den Feuergaſen durch die Schlacke dem Metallbade Schwefel zugeführt wird.

b) **Birnenprozeſſe.** Dieſe ſind reine Oxydations- und Friſchverfahren mittels atmoſphäriſcher Luft, die durch den flüſſigen Roheiſenſatz gepreßt und ſo in innigſte Berührung mit dem Metalle gebracht wird. Eine Mitwirkung oxyduloxydreicher Schlacken wie bei der Schweißeiſenerzeugung oder von oxydiſchen Zuſchlägen (Hammerſchlag, Eiſenerz) wie bei dem Herdofenverfahren iſt hier ausgeſchloſſen, da ihnen die Ofenfutter nicht ſtandhalten würden, iſt aber auch nicht nötig, weil in der hohen Temperatur des Prozeſſes der Kohlenſtoff mit größter Begierde ſich des freien Sauerſtoffes bemächtigt. Der Gedanke, die Luft behufs Oxydation durch flüſſiges Roheiſen zu blaſen, rührt von Henry Beſſemer her [23], deſſen Name für immer mit dieſer eine vollſtändige Umwälzung im Eiſenhüttenweſen hervorrufenden Erfindung verknüpft iſt. Seine Verſuche begannen 1855 und erforderten mehrere Jahre andauernder Arbeit, ehe ſie zum Ziele führten. Die im Verlaufe des Verfahrens zu außergewöhnlicher Höhe ſich erhebende Temperatur bedingte ein höchſt feuerbeſtändiges Ofenfutter, als welches Beſſemer ein ſandiges bezw. ſandſteinartiges, vorwiegend aus amorpher Kieſelſäure mit ſehr wenig Ton

beſtehendes Geſtein, Ganiſter, in Deutſchland Tonſtein genannt, wählte. In ſo saurem Futter iſt natürlich die Bildung einer baſiſchen Schlacke ausgeſchloſſen; dieſe iſt vielmehr mindeſtens Bi-, ſelbſt Trisilikat und ſomit unfähig, noch außerdem Phosphorſäure in merklicher Menge zu löſen. Sämtlicher im Roheiſen enthaltene Phosphor verbleibt daher im Erzeugniſſe und ſchädigt deſſen mechaniſche Eigenſchaften derart, daß nur ganz phosphorarmes Rohmaterial Verwendung im Beſſemer-Prozeſſe finden konnte. Weitaus das meiſte Roheiſen blieb deshalb ausgeſchloſſen und ſehr viele auf das neue Verfahren geſetzte Hoffnungen erwieſen ſich als trügeriſch. — Der richtige Grund für den Verbleib des bei andern Friſchprozeſſen mit den übrigen Nebenbeſtandteilen der Oxydation unterliegenden Phosphors im Metalle wurde nicht ſofort erkannt. Aber ſelbſt nachdem Snelus [24] ihn aufgefunden, war Abhilfe noch nicht geſchafft, da man kein andres geeignetes Futtermaterial an die Stelle der Kieſelſäure zu ſetzen wußte. Erſt 1878 gelang es Sidney Gilchriſt Thomas [25], ein baſiſches Futter aus Kalk und Magneſia herzuſtellen, innerhalb deſſen eine ſtark baſiſche, die Phosphorſäure aufnehmende Schlacke gebildet werden konnte. Von da an bildet der Phosphorgehalt des Roheiſens kein Hindernis mehr, und es können auch diejenigen Hüttenbezirke an der Ausnutzung der Birnenprozeſſe ſich beteiligen, die vorher von dieſem Fortſchritte nicht Nutzen ziehen konnten. Hauptſächlich Deutſchland, deſſen Hüttenleute ſich der Ausbildung des abgeänderten, Thomas-Prozeß genannten Verfahrens beſonders eifrig widmeten, iſt dadurch von der Einfuhr phosphorarmen Roheiſens oder doch mindeſtens reiner, zu ſeiner Erzeugung geeigneter Erze unabhängig geworden.

An Rohſtoffen werden gebraucht: 1. Roheiſen, für den Beſſemer- oder ſauren Prozeß arm an Phosphor und Schwefel (bis 0,15 %), 0,8—2,0 % Silicium und 0—3,5 % Mangan enthaltend, für den Thomas- oder baſiſchen Prozeß gleichfalls arm an Schwefel, aber mit nur 0,1—0,3 % Silicium, dagegen 1,5—2,5 % Phosphor; 2. ſchlackenbildender Zuſchlag für den baſiſchen Prozeß, gebrannter Kalk; 3. desoxydierende Zuſchläge, als Spiegeleiſen, Ferromangan, Ferroſilicium, Aluminium; 4. kohlende Zuſchläge, Spiegeleiſen, Kohlenſtoff; 5. Wind von 1,5—2 Atmoſphären Ueberdruck; 6. Schrot vom eignen Prozeß, teils zur Regelung der Temperatur, teils zu koſtenloſer Verwertung.

Die Oefen, Gieß-, Hebe- und andre Vorrichtungen. Zum Schmelzen des Roheiſens dienen heute, mit ganz ſeltenen Ausnahmen, nur Kupolöfen verſchiedener Bauart, aber ſehr großer Leiſtungsfähigkeit, da ſie in einer Stunde bis 20 t flüſſiges Metall liefern müſſen. Wo neben dem Beſſemer-Werk Hochöfen betrieben werden, zieht man heute meiſt vor, das Roheiſen dieſen unmittelbar zu entnehmen und in großen Pfannen dem Beſſemer-Ofen zuzuführen. Die Kupolöfen entlaſſen das flüſſige Metall durch Rinnen unmittelbar in den Beſſemer-Ofen oder, falls abſeits angeordnet, ebenfalls erſt in fahrbare Pfannen. Das Spiegeleiſen wird in kleinen Kupolöfen umgeſchmolzen; die andern metalliſchen Zuſchläge pflegt man in feſter Form zuzuſetzen. Manche Hütten ſchalten zwiſchen den Hochofen und den Beſſemer-Ofen ein großes, in ſeiner Form dem letzteren ziemlich ähnliches oder auch zylindriſches Gefäß ein, das 200 und mehr Tonnen flüſſiges Roheiſen aufnehmen kann, den Roheiſenmiſcher [26]. Da die Erzeugung eines Hochofens den Bedarf einer Birne bei weitem nicht deckt, man alſo gezwungen iſt, bei unmittelbarem Verblaſen das Roheiſen abwechſelnd aus verſchiedenen Hochöfen zu entnehmen, deren Gang nicht durchaus übereinſtimmt, da ſelbſt bei einem und demſelben Ofen im Laufe des Tages Schwankungen in der Zuſammenſetzung des Erzeugniſſes eintreten, ſo iſt ein ungleichmäßiger Verlauf der einzelnen Hitzen unvermeidlich. Dieſe Unterſchiede auszugleichen, iſt eine Aufgabe des Miſchers, der die einzelnen Abſtiche der Hochöfen in ſeinem weiten Bauche aufnimmt. Aus ihm gießt man dann nach Bedarf die Einſätze für die raſch einander folgenden Hitzen ab. Gleichzeitig erfüllt er ein andre wichtige Aufgabe: er ſcheidet den weitaus größten Teil des Schwefels aus dem Roheiſen ab. Enthält dieſes einige Prozente Mangan, das ihm am beſten im Hochofen zugeführt wird, aber auch durch Zuſatz von Spiegeleiſen oder Eiſenmangan einverleibt werden kann, ſo vereinigt ſich der Schwefel mit dieſem zu Schwefelmangan, das, weil dem Eiſen nur mechaniſch beigemengt, ſich von ihm trennt, falls dieſes nur lange genug flüſſig bleibt, um den Unterſchied der ſpezifiſchen Gewichte zur Wirkung gelangen zu laſſen, was beim Abſtechen in Maſſelbetten nicht möglich iſt. Schon in der Beförderungspfanne und weiterhin im Miſcher ſammelt ſich auf dem Metallbade eine dicke Schicht ſchwarzer, an Schwefelmangan ſehr reicher Schlacke, ſo daß der Schwefelgehalt des Roheiſens leicht von 0,2 auf 0,03 % ſich mindert.

Der Beſſemer-Ofen (Fig. 11 und 12) hat noch heute die ihm vom Erfinder gegebene Geſtalt einer Birne und führt ziemlich allgemein dieſen Namen; nach der in ihm vorgehenden Umwandlung des Roheiſens in ſchmiedbares Eiſen wird er auch Konverter genannt. Im Gegenſatz zu allen andern metallurgiſchen Oefen ſteht er der Regel nach nicht feſt, ſondern hängt an zwei ſtarken Zapfen in Lagern. Der eine, der Wendezapfen *a*, trägt ein Zahnrad *c*, der andre, der Windzapfen *b*, iſt hohl und ſetzt den Ofen mit der Windleitung in Verbindung. Mittels einer durch einen Waſſerdruckkolben bewegten, in *c* eingreifenden Zahnſtange *d* oder auch mittels einer durch Dampfmaſchine getriebenen Schnecke kann der Ofen um wenigſtens 270° gedreht und ſo in die zum Eintragen oder Ausgießen des Einſatzes durch den am oberen Ende befindlichen Hals erforderlichen Stellungen gebracht werden. Vom Windzapfen führt ein Rohr nach dem unter dem Boden der Birne angebrachten Windkaſten *e*, von wo aus (etwa 100) 15—17 mm weite Düſen des Bodens den Wind in den Ofen treten laſſen. Der Düſenquerſchnitt beträgt auf 1 t Einſatz bis 15 qcm in Beſſemer-, bis 27 qcm in Thomas-Birnen. Birnen für 12—15 t Einſatz haben etwa 1,75—2,3 m lichte Weite im Bauche, 1,50 m am Boden, 4,75 m lichte Höhe, 450 mm Wand- und 550—650 mm Bodenſtärke. Für die 1879 zuerſt in Aveſta in Schweden ausgeführte Kleinbeſſemerei [27] mit Sätzen von 400—700 kg kamen entſprechend kleine Birnen zur Verwendung; das Verfahren hat ſich damals nur an ſehr wenigen Orten Eingang

verschafft und ist, sofern es zur Erzeugung von Blöcken zur Weiterverarbeitung betrieben, fast überall als wirtschaftlich nicht vorteilhaft wieder aufgegeben worden. Ebensowenig haben sich feststehende Oefen, die nicht durch Ausgießen aus dem Halse, sondern durch Abstechen entleert wurden (schwedische Oefen, Clapp-Griffith-Konverter u. a. [28]—[31]), dauernd erhalten. Ueber eine neuere Anwendung der Kleinbessemerei f. Stahlgießerei. Die aus Kesselblech gebauten Ofenmäntel werden mit höchst sauren Quarzsteinen oder mit basischen Steinen ausgemauert. Letztere erzeugt man allgemein unter 300 Atmosphären Druck mittels Wasserdruckpressen aus einem Gemenge von scharfgebranntem zerkleinerten Dolomit mit entwässertem Teer. Die Böden werden gestampft und scharf erhitzt, die basischen innerhalb ihrer Form, um das Wegbrennen des Teers zu verhüten. Sie werden dann von unten her mittels Druckwasserhebevorrichtungen in die aufrechtstehende Birne eingesetzt. Die Böden halten 16—25 Hitzen, die Birnenwände etwa 300 Hitzen aus.

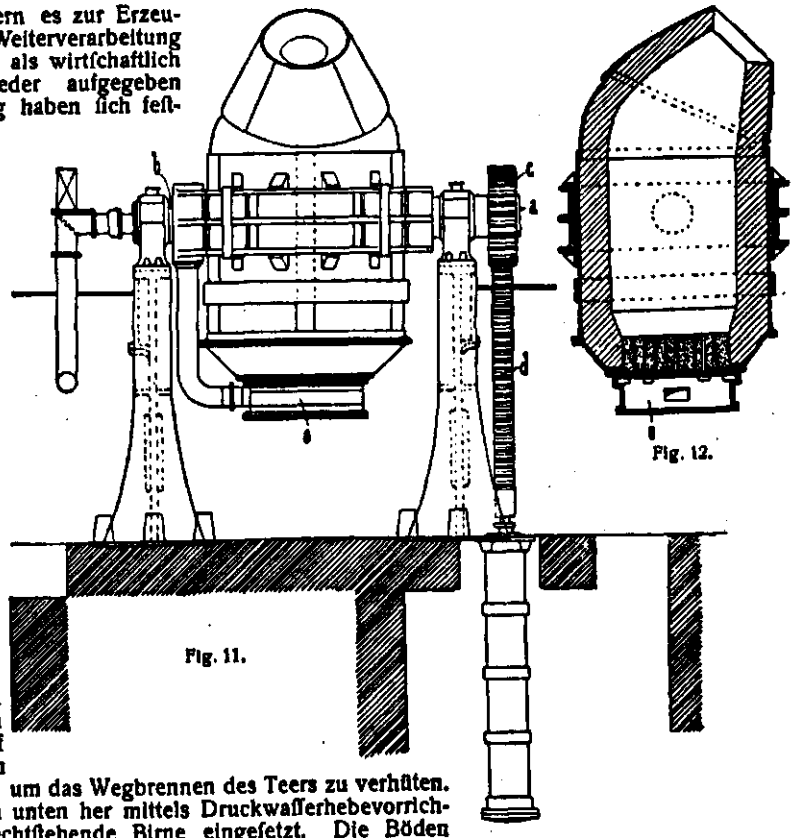


Fig. 11.

Fig. 12.

Die Gießvorrichtungen bestehen aus großen, den ganzen Einsatz aufnehmenden, mit feuerfesten Steinen ausgemauerten und am Boden mit einem Ventile versehenen Pfannen, die entweder von Druckwasserdreh-, von fahrbaren Dampf- oder von elektrisch angetriebenen Kranen getragen und von diesen über die Gußformen gebracht werden. Letztere sind gußeiserne Gefäße von der Form abgestumpfter vier- oder achtseitiger Pyramiden quadratischen oder rechteckigen Grundrisses bezw. abgestumpfte Kegel; sie besitzen keinen Boden, sondern stehen auf eisernen Unterlagsplatten, oft zu vielen auf einer gemeinsamen, und werden dann durch einen in der Mitte stehenden, mittels Schamottekanälen in der Sohlplatte mit den einzelnen Formen in Verbindung gebrachten Trichter gleichzeitig gefüllt. Die Größe der Formen (Kokillen) richtet sich nach dem Gewichte der herzustellenden Blöcke. Aus verschiedenen Gründen, besonders aber wegen Beschleunigung der Arbeit, gießt man heute wenn möglich schwere (1—2 t) Blöcke. Neben den Gießkranen besitzt jedes Bessemer- oder Thomas-Werk eine Anzahl Blockkrane zum Abziehen der Formen von den erstarrten Blöcken, zum Befördern oder Verladen dieser, zum Wiederaufstellen der Gußformen u. s. w., die ebenfalls durch Wasserdruck betrieben werden. Das Druckwasser liefern Pumpen, die es für den Gebrauch in besonderen Behältern (Akkumulatoren) verschiedener Bauart aufspeichern. Die zahlreichen Druckwasservorrichtungen werden meist von einem Platze, dem Steuertische oder der Kanzel aus, gesteuert; doch haben heute die Blockkrane oft jeder einen besonderen Steuermann.

Das Verfahren hat, je nachdem ob sauer oder basisch gearbeitet wird, etwas verschiedenen Verlauf. Nach dem Eintragen des Roheisens in die hocherhitzte Birne beginnt man zu blasen, bringt die Windspannung bis auf 1,5 kg/qcm Ueberdruck und richtet den Ofen dann plötzlich auf. Der Windstrom bewirkt ein sehr rasches Verbrennen von Silicium, Mangan, Eisen, Kohlenstoff bezw. auch Phosphor, so daß nach 15—20 Minuten der Prozeß vollendet und ein von den Nebenbestandteilen fast freies Eisen erzeugt ist, das nahezu Platinschmelzhitze besitzt. Die Blasedauer hängt von der Größe des Einsatzes, der Zusammensetzung des Roheisens, dem Grade der Entkohlung des Erzeugnisses und dem Querschnitte der Windeintrittsöffnungen ab. Während bei kleinen Einsätzen, die unmittelbar auf Stahl verblasen werden, 5—6 Minuten genügen, erfordern 12—15 t schwere, auf weiches Flußeisen zu verarbeitende Sätze 18—20 Minuten Blasezeit. In dieser immerhin sehr kurzen Zeit sind doch drei ganz verschiedene Abschnitte sehr deutlich zu unterscheiden. Im ersten tritt nur ein mit zahlreichen Funken untermischter Gasstrom aus dem Ofen. Die Funken erzeugen ein schwach leuchtendes ununterbrochenes Spektrum, in dem sich entweder sofort oder doch nach Verlauf weniger Minuten, zunächst nur aufblitzend, allmählich feststehend, die Natriumlinien zeigen, denen bald auch die des Kaliums und des Lithiums folgen. Nach einigen Minuten entwickelt sich eine wirkliche Flamme, und damit ist der erste Abschnitt, das Feinen, während welchem nur Silicium und Mangan bezw. Eisen (bei mangan-

armem Roheiſen) zu nicht flüchtigen, eine Schlacke bildenden Oxyden verbrennen, abgeſchloſſen, und das graue Roheiſen iſt in weißes übergegangen. In der folgenden Rohfriſch- oder Kochperiode erſtreckt ſich die Oxydation faſt ausſchließlich auf den Kohlenſtoff. Die Flamme wird ſehr lang, ſehr hell, und ein polterndes Geräuſch wird aus dem Ofen hörbar; zeitweilig werden nicht unbedeutende Schlacken- und Eiſenmengen mit großer Gewalt ausgeworfen. Im Spektrum ſind drei bis fünf (je nach der Durchſichtigkeit der Flamme) Gruppen gelbgrüner und grüner Linien aufgetreten, die ſich von dem hellen ununterbrochenen Spektrum deutlich abheben; ſie gehören dem Mangan an. Die Linien des Eiſens ſind kaum ſichtbar, da ihr ſchwaches Licht von den hell leuchtenden Manganlinien und dem ununterbrochenen Spektrum übertönt wird. Nach 10—15 Minuten tritt ziemlich plötzlich die dritte, die Garperiode, ein, während der die Manganlinien in umgekehrter Reihenfolge, wie ſie erſchienen ſind, wieder verſchwinden (2—3 Minuten). Die Flamme wird kürzer, miſcht ſich mit braunem, allmählich ganz undurchſichtig werdendem Rauch und verſchwindet ganz. Damit iſt das Manganſpektrum erloſchen; nur die Natriumlinie bleibt ſichtbar, bis auch ſie vom Rauche verdeckt wird. Der ſaure Prozeß iſt damit beendet und das Roheiſen in ſchmiedbares Eiſen verwandelt. Man kippt die Birne, entnimmt mit einem Spieße eine Schlacken-, mit einem Löffel eine Metallprobe und beurteilt hiernach die Beſchaffenheit des Erzeugniſſes. Erſtere hat leberbraune bis ſchwarze Farbe; letztere wird unter einem Dampfhammer ausgeplattet und auf das Gefüge des Bruches unterſucht. Iſt der gewünſchte Entkohlungsgrad erreicht, ſo wird bei direktem Blaſen auf Stahl ausgegoſſen, bei gewöhnlichem Verfahren mittels Rückkohlens der Desoxydations- und Kohlungszuſchlag (Spiegeleiſen, Eiſenmangan) flüſſig oder in Stücken eingetragen, ganz kurze Zeit behufs Miſchens geblaſen, wobei wieder eine lange Flamme mit dem Manganſpektrum erſcheint, und dann in die Gießpfanne ausgegoſſen. Die Birne erhält ſofort wieder eine neue Füllung, und der Prozeß wiederholt ſich in 24 Stunden 50—60 mal.

Das baſiſche Verfahren verläuft im ganzen ebenſo, zeigt aber doch einige bezeichnende Abweichungen. Vor dem Einſetzen des Roheiſens wird der ſchlackenbildende Zuſchlag (12—15% gebrannter Kalk) eingefüllt. Das Roheiſen iſt weiß und ſehr heiß; infolgedeſſen fällt der erſte Abſchnitt aus, und ganz kurze Zeit nach dem Beginne iſt die Flamme mit dem Manganſpektrum ausgebildet; neben den vorhergenannten Linien treten noch diejenigen des Calciums deutlich hervor. Bis zum Ende der Entkohlung iſt der Verlauf wie obengeſchildert; da aber jetzt das Eiſen noch faſt ſämtlichen Phosphor enthält, wird das Blaſen nach dem Verſchwinden der Manganlinien fortgeſetzt (Nachblaſen), bis auch dieſer verbrannt iſt, wofür aber das Spektrum keinen Anhalt bietet. Der Zeitpunkt der Beendigung kann nur durch Erfahrung und Probenehmen feſtgeſtellt werden. Einen ungefähren Anhalt bietet die Berechnung der einzublaſenden Luftmenge nach dem Phosphorgehalte des Roheiſens und der eingeblaſenen aus der Leiſtung des Gebläſes und der Zeit.

Die Schlacke wird ihrer großen Menge wegen und behufs weiterer Verwertung als Düngemittel in beſondere Gefäße abgegoſſen, ehe man das Metall in die Gießpfanne überführt. Das Desoxydieren erfolgt wie beim ſauren Verfahren durch Manganlegierungen, erfordert hier aber gewiſſe Vorſicht, ſobald es mit der Rückkohlung verbunden wird. Bei der Unmöglichkeit, die Phosphatſchlacke vom Eiſen rein abzugießen, iſt man der Gefahr ausgeſetzt, daß der Kohlenſtoff des Spiegeleiſens Phosphorpentoxyd reduziert und das Metall, das bis auf geringe Spuren von Phosphor befreit iſt, mit dieſem wieder anreichert. Dies iſt der Grund, aus dem längere Zeit das Thomas-Verfahren ausſchließlich zur Erzeugung ganz weichen Flußeiſens benutzt wurde. Man umgeht dieſen Uebelſtand, indem man das flüſſige Spiegeleiſen aus einer Pfanne zugleich mit dem Metall aus der Birne in die Gießpfanne fließen läßt; beide Flüſſigkeitsſtröme miſchen ſich und die Reaktion findet ſtatt, ehe Schlacke hinzutritt. Ein andrer Weg iſt das Rückkohlen mittels feſten, pulverförmigen Kohlenſtoffes (Darby-Phönix-Verfahren), den man in die Gießpfanne gibt, bevor das Eiſen eingegoſſen wird; er löſt ſich in dieſem mit überraſchender Leichtigkeit auf, ſo daß jetzt auch nach dem Thomas-Verfahren harte Stahle mit Kohlenſtoffgehalten bis zu 1,5% erzeugt werden können. Aus weiter unten zu erörternden Gründen kommt das Thomas-Metall beſonders heiß aus der Birne, ſo daß man mit dem Gießen der Blöcke oft etwas warten und die Formen langſam füllen muß; andernfalls kocht das Eiſen leicht in ihnen.

Die chemiſchen Vorgänge in der Birne. Während der Einſatz in der Beſſemer-Birne eine den Schmelzpunkt des Roheiſens (1250°) nicht ſehr weit überſteigende Temperatur beſitzt, gelangt das Flußeiſen mit etwa Platinſchmelzhitze (1775°) in die Gießpfanne, obgleich während des Blaſens durch die Gaſe mehrere Millionen Wärmeeinheiten entführt werden. Dieſe ungeheuern Wärmemengen liefern das Silicium mit 7830 W.E., der Phosphor mit 5965 W.E., nebenſächlich auch das Eiſen mit 1353 W.E. und das Mangan mit 1723 W.-E. für jedes verbrannte Kilogramm. Der Kohlenſtoff trägt dagegen zur Temperaturſteigerung nicht bei, da er nur zu Kohlenoxyd verbrennt und die Verbrennungstemperatur mit atmoſphäriſcher Luft höchſtens 1600° erreicht, ſo daß die Verbrennungsgaſe in den höheren Temperaturen mehr Wärme entführen, als vom Kohlenſtoff entwickelt wurde. Je 1% der Nebenbeſtandteile ſteigert die Temperatur des Bades um nachſtehende Beträge: *Si* 300°, *P* 183°, *Mn* 60°, *Fe* 44°. Im ſauren Prozeß iſt hiernach allein das Silicium, im baſiſchen der Phosphor der Wärmelieferant. Ein Teil der erforderlichen Wärme kann allerdings auch durch ſehr heißes Einſchmelzen des Roheiſens gedeckt werden.

Die Reihenfolge der Oxydation müßte theoretiſch folgende ſein: *Si*, *C*, *Mn*, *Fe*; in Wirklichkeit finden aber Abweichungen ſtatt, ſowohl wegen der Mengen- als wegen der Temperaturverhältniſſe. Infolge Ueberwiegens der Menge nach wird z. B. von Anfang an etwas Eiſen mitverbrannt, und bei ſteigender Temperatur (über 1400°) bemächtigt ſich faſt ausſchließlich der Kohlenſtoff des Sauerſtoffes, ſo daß die Siliciumverbrennung zuzeiten nahezu unterbrochen

werden kann. Durch Regelung der Temperatur läßt ſich die Reihenfolge beeinfluſſen. Fig. 13 ſtellt den Verlauf einer Hitze mit niedriger Anfangstemperatur dar. In der erſten Zeit verbrennt neben dem ſehr kleinen Mangangehalte faſt ausſchließlich Silicium, der Kohlenſtoff bleibt unberührt, ja relativ nimmt er ſogar zu; erſt nachdem das verbrennende Silicium das Bad auf die Temperatur gebracht hat, in der lebhafte Kohlenoxydbildung eintreten kann, beginnt die Verbrennung des Kohlenſtoffes unter gleichzeitiger Weiteroxydation des Siliciums, was uns beweiſt, daß die Badtemperatur nicht ſo hoch ſein kann wie in der in Fig. 14 dargeſtellten Hitze. Hier verbrennt der Kohlenſtoff von Anfang an; die Flamme tritt demgemäß ſofort auf und nicht erſt nach einer etwa 6 Minuten langen Funkenperiode wie in der erſten Hitze. Das Roheiſen muß ſomit viel heißer eingetragen worden ſein. Nachdem die Temperatur noch etwa 200° geſtiegen iſt, hört die Siliciumverbrennung faſt auf, bis die Kohlenſtoffmenge ſo weit herabgemindert iſt, daß der Reſt den eingeblaſenen Sauerſtoff nicht allein mehr verbrauchen kann. Sodann tritt von neuem lebhafte Oxydation des Siliciums und damit abermalige beträchtliche Temperaturſteigerung ein, ſo daß das Metall viel heißer aus der Birne kommt als in der erſten Hitze. Dadurch wird das Gießen ſehr erleichtert, und das iſt der Grund, weshalb letzteres Verfahren dem erſteren vorgezogen wird. Das Mangan nimmt während der ganzen Zeit annähernd gleichmäßig ab. Ueber die verbrennenden Eiſenmengen laſſen ſich Angaben nicht machen, da hierfür nur eine Feſtſtellung des Gewichtes an Metall und Schlacke im Augenblicke der jeweiligen Probenahme die Grundlagen gewähren würde.

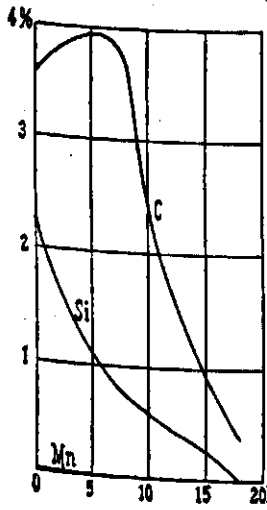


Fig. 13.

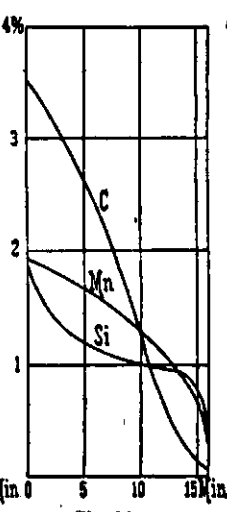


Fig. 14.

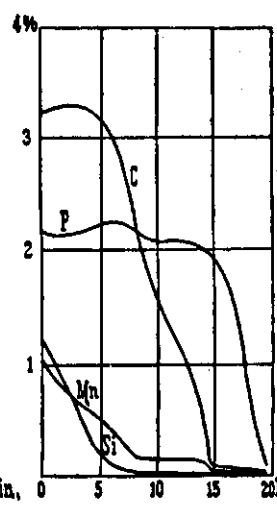


Fig. 15.

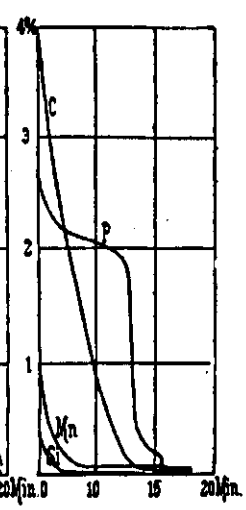


Fig. 16.

Ganz ähnliche Bilder zeigt der Verlauf des **Thomas-Verfahrens**, nur tritt hier noch die Phosphorlinie hinzu. Fig. 15 ſtammt wieder von einer Hitze mit niedriger Anfangstemperatur; der mäßige Siliciumgehalt reicht aber aus, um dieſelbe ſo weit zu ſteigern, daß die Kohlenſtoffoxydation beginnen kann. Nachdem dieſe vollendet, wirft ſich der Sauerſtoff auf den allein noch übrigen Phosphor. Fig. 16 gehört zu einer Hitze mit hoher Anfangstemperatur. Neben dem Kohlenſtoff verbrennt die geringe Siliciummenge, nach erſterem wieder der Phosphor. Die Unbequemlichkeit der Bildung ſehr großer Schlackenmengen bei höherem Siliciumgehalt ſichert auch im baſiſchen Verfahren der zweiten Arbeitsweiſe den Vorzug. Nur wenn das Eiſen aus dem Miſcher entnommen wird, wo es nicht immer genügend heiß bleibt, verfährt man auch jetzt noch in der erſten Weiſe, allerdings unter Ermäßigung des Siliciumgehaltes auf 0,5—0,6 %.

Zur Erklärung der obengeſchilderten Spektralerſcheinungen und ihres Zuſammenhanges mit den Vorgängen im Ofen dienen folgende Beobachtungen: 1. die Flamme ſchlägt nicht aus der Birne, ſondern ſitzt auf ihrer Mündung auf; 2. wenn die Birne ſo weit gekippt wird, daß eine Düſe über der Oberfläche des Bades liegt, verſchwinden die Flamme und die Manganlinien. — Die Flamme entſteht erſt dann, wenn die Badtemperatur bis zur Entzündungstemperatur des Kohlenſtoffes geſtiegen iſt. Neben Kohlenoxyd erfüllt dann nur Stickſtoff die Birne; erſteres kann alſo erſt brennen, wenn es außerhalb des Ofens den Luftſauerſtoff vorfindet. Die in der hohen Temperatur entſtehenden glühenden Dämpfe von Alkaliverbindungen aus dem Futter, von Mangan und Eiſen aus dem Einſatze erzeugen die Spektralerſcheinungen, die Metalldämpfe aber nur ſo lange, als ſie in elementarem Zuſtande dem Ofen entweichen, d. i. ſolange dieſer nur mit Kohlenoxyd und Stickſtoff erfüllt iſt. Sobald aber freier Sauerſtoff durch das Metallbad hindurchgeht, wie es der Fall, nachdem faſt aller Kohlenſtoff oxydiert iſt, oder ſobald durch Neigen der Birne etwas Luft über das Bad ſtreicht, ſo verbrennen die Metalldämpfe bereits in der Birne zu Oxyden und verlaſſen den Ofen als brauner Rauch: die Linienſpektren der Metalle verſchwinden. Vollendete Entkohlung und Verſchwinden des Manganſpektrums fallen alſo zuſammen, wie oben bereits erwähnt wurde. Es iſt nun auch verſtändlich, weshalb nach Zuſatz kohlehaltiger Zuſchläge die Manganlinien wieder erſcheinen müſſen. — In dem letzten Abſchnitt, in dem der geringe Kohlenſtoffreſt nicht allen Sauerſtoff verbraucht, verbrennt mehr und mehr Eiſen; das Eiſenoxydul löſt ſich einerſeits im Metall und macht es rotbrüchig, anderſeits in der Schlacke und färbt die anfänglich erbsgelbe, faſt nur aus Manganſilikat beſtehende raſch dunkler, zuletzt ſchwarz.

Die Erzeugniſſe der Flußeiſendarſtellung können, wie ſich aus der Beſchreibung der Arbeitsverfahren ergibt, von höchſt mannigfaltiger Zuſammenſetzung ſein; denn durch geeignete Zuſchläge laſſen ſich beliebige Legierungen herſtellen. Im allgemeinen pflegt man aber, der großen Erzeugung halber, die Birnenverfahren vorwiegend für Maſſenartikel (Schienen, Schwellen und andern Eiſenbahnbedarf, Baueiſen, Bleche), den Martin-Prozeß für beſondere Legierungen, Schmiedeſtücke, Formguß, Radreifen, Geſchütze, Panzerplatten, Keſſelbleche und ſonſtige Erzeugniſſe, an die beſonders in betreff der chemiſchen Zuſammenſetzung beſtimmte Anſprüche geſtellt werden, in Anwendung zu bringen. Damit iſt jedoch nicht ausgeſchloſſen, daß auch in der Birne Stahl für gröbere Werkzeuge und im Martin-Ofen ſolcher für feine hergeſtellt wird. Die großen Fortſchritte, die das Herdofenverfahren hinſichtlich Größe der Erzeugung und Verminderung des Brennſtoffverbrauchs gemacht hat, laſſen ihm heute auch die Herſtellung von Maſſenerzeugniſſen zum Teil zufallen; ſehr umfangreich iſt ferner ſeine Anwendung in der Stahlgießerei, die es ſo gut wie vollſtändig beherrſcht.

Für die Härten hat man verſchiedene Skalen, die aber meiſt von jedem Werke beſonders aufgeſtellt werden. — Die Größe der Erzeugung hängt weſentlich von den Einrichtungen der betreffenden Werke ab. In einer der neueſten, beſtangelegten Hütten Rheinlands, die etwa ein Drittel der Hitzen aus dem Kupolofen, zwei Drittel aus dem Miſcher verbläſt, werden täglich 60 Hitzen gemacht von je 12—15 t Einſatz. Der Verluſt (Abbrand im Kupolofen, Auswürfe, Abbrand in der Birne) ſteht im Zuſammenhange mit der Beſchaffenheit des Roheiſens. Je geringer die Menge der Nebenbeſtandteile des Roheiſens iſt, deſto mehr wird ausgebracht. Der Mindeſtbetrag des Abganges dürfte 8 % nicht unterſchreiten, ſteigt aber anderſeits bis 15 %. Das gedachte Werk erzeugt täglich 640—750 t. Der Verbrauch an Schmelzkoks des Kupolofens beträgt 8—10 %. Hierzu tritt die zum Anwärmen der Pfannen, zur Dampferzeugung u. a. erforderliche Steinkohle, etwa 15—30 %.

Literatur: [1] Ledebur, Handbuch der Eiſenhüttenkunde, Leipzig, 2. Aufl., Bd. 3, S. 956. — [2] Ehrenwerth, J. v., Zur direkten Darſtellung von Stahl, Oeſterr. Zeitſchr. für Berg- u. Hüttenweſen 1882, S. 279. — [3] Derſ., „Stahl und Eiſen", Düſſeldorf 1891, S. 299; ebend. 1892, S. 224. — [4] Bulls Iron and Steel direct process, ebend. 1882, S. 325. — [5] „Stahl und Eiſen" 1892, S. 1028. — [6] Ebend. 1895, S. 797. — [7] Ebend. 1904, S. 574. — [8] Oeſterr. Zeitſchr. für Berg- und Hüttenweſen 1882, S. 295. — [9] Ebend. 1890, S. 262. — [10] „Stahl und Eiſen" 1902, S. 1. — [11] Ebend. 1899, S. 887. — [12] Ebend. 1901, S. 327. — [13] Ebend. 1899, S. 956. — [14] Ebend. 1897, S. 403, 733; 1898, S. 146. — [15] Ebend. 1901, S. 828. — [16] Ebend. 1902, S. 651. — [17] Ebend. 1900, S. 263. — [18] Mehrtens, ebend. 1891, S. 709. — [19] Ebend. 1884, S. 259. — [20] Ebend. 1891, S. 549. — [21] Handbuch der Eiſenhüttenkunde, 4. Aufl., S. 1045. — [22] „Stahl und Eiſen" 1900, S. 263. — [23] Wedding, Handbuch der Eiſenhüttenkunde, Braunſchweig 1874, 3. Abt., S. 334. — [24] Snelus, G. J., On the removal of phosphorus and sulphur during the Bessemer and Siemens Martin processes, Journ. of the Iron and Steel Inst., London 1870, S. 135. — [25] Thomas, S. G., and Gilchrist, P. C., On the elimination of phosphorus in the Bessemer converter, ebend. 1879, S. 120. — [26] King, Brit. P. G. 206 von 1889. — [27] Vogel, O., Kleinbeſſemerei, Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ingen. 1892, S. 406. — [28] Daelen, „Stahl und Eiſen" 1896, S. 704. — [29] Vogel, ebend. 1898, S. 183. — [30] Schwartz, ebend. 1902, S. 550. — [31] Will, ebend. 1901, S. 756. — [32] Ledebur, Handbuch der Eiſenhüttenkunde, 4. Aufl., Leipzig 1903. — [33] Wedding, Ausführliches Handbuch der Eiſenhüttenkunde. — [34] Beckert, Leitfaden zur Eiſenhüttenkunde, Berlin. — [35] Dammer, Handbuch der chemiſchen Technologie, Stuttgart 1895, Bd. 2. — [36] Gemeinfaßliche Darſtellung des Eiſenhüttenweſens, 5. Aufl., Düſſeldorf 1903, herausgegeben vom Verein deutſcher Eiſenhüttenleute.

Beckert.

Flußgebiet. Das Wort iſt gleichbedeutend mit Flußſyſtem (franz. Baſſin) und kennzeichnet denjenigen Teil der Landoberfläche, von deſſen ſämtlichen Punkten das abrinnende Waſſer — ſei es direkt oder nach Zurücklegung verſchiedener Zwiſchenwege — einem beſtimmten Waſſerlaufe zugeſandt wird. Dieſer letztere bildet den Hauptfluß; die tributären Gewäſſer werden als Nebenflüſſe, Zuflüſſe, Beiflüſſe bezeichnet.

In ſehr vielen Fällen erkennt man ſofort, welche Waſſerader als Hauptfluß zu gelten habe, aber in andern iſt die Unterſcheidung ſchwieriger, und es iſt oft, wie Wiſotzki [1] zeigte, nicht ganz leicht, einwurfsfreie Kriterien für die Zuteilung des Namens Haupt- oder Nebenfluß aufzuſtellen. Nach neueren Unterſuchungen kann man bei der Vereinigung zweier Waſſerläufe als Hauptfluß mit einigem Recht denjenigen anſprechen, der im weſentlichen ſeine Richtung beibehält (Miſſiſſippi-Miſſouri, Donau-Inn); alle Tributären haben den Hauptſtrom zur gemeinſamen Aſymptote [2], d. h. es läßt ſich, worauf zuerſt Peſchel [3] aufmerkſam gemacht hat, tatſächlich konſtatieren, daß die Vereinigung des ſekundären Fluſſes mit dem primären faſt immer unter einem ſehr ſpitzen Winkel ſtattfindet.

Verſchiedene Flußſyſteme ſind durch Waſſerſcheiden voneinander getrennt. Sind dieſe nur ganz ſchwach markiert, ſo kann es zu vorübergehender Flußvermiſchung kommen, wie dies im zentralen Afrika während der Regenzeit keine Seltenheit iſt. Auch kann die trennende Bodenſchwelle durch Eroſion dauernd zerſtört werden, und dann entſtehen Bifurkationen und natürliche Stromkanäle [4]; Belege dafür laſſen ſich anführen aus dem nordamerikaniſchen Staate Maine, aus der weſtfäliſchen Niederung nördlich vom Teutoburger Walde, aus dem Amſelfelde auf der Balkanhalbinſel, und vor allem iſt hier der Caſſiquiare in Südamerika zu nennen, der die Stromgebiete des Amazonas und Orinoko miteinander verbindet. Endlich ſcheint auch ein unterirdiſcher Zuſammenhang zwiſchen zwei Syſtemen häufiger vorzukommen, als man früher annahm. Die moderne geographiſche Technik hat den Nachweis ſolcher Verbindung dadurch

zu führen gelehrt, daß man in gewiſſe Quellen oder Waſſerläufe geeignete Stoffe — Kochſalz, Sägeſpäne, vor allem aber Färbemittel (Fluorescein) — einſchüttet [5], um bald nachher das Auftreten ebendieſer Materialien an räumlich oft weit entfernten Waſseraustritten wahrzunehmen.

Jeder Stelle eines Flußgebietes entſpricht ein **Einzugsgebiet** [6]. Es iſt dies derjenige Flächenraum, deſſen oberirdiſch abfließende Gewäſſer die fragliche Stelle paſſieren.

Literatur: [1] Wiſotzki, Hauptfluß und Nebenfluß, Stettin 1889. — [2] Bouſſinesq, Essai sur la théorie des eaux courantes, Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des sciences, Bd. 23, S. 1 ff.; Günther, Ueber gewiſſe hydrologiſch-topographiſche Grundbegriffe, Sitzungsber. d. Math.-phyſ. Kl. der Kgl. bayr. Akademie, Bd. 32, S. 17 ff. — [3] Peſchel, Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde, Leipzig 1878, S. 141 ff. — [4] Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 1. Teil, Stuttgart 1894, S. 342 ff. — [5] Knop, Ueber die hydrographiſchen Beziehungen zwiſchen der Donau- und der Aachquelle im badiſchen Oberlande, Neue Jahrb. für Mineralogie und Geologie 1878, S. 350 ff.; De Stefani, Studio idro-geologico sulla sorgente della Polaccia nelle Alpi Apuane, Memorie della Soc. Geogr. Ital., Rom 1896, S. 384 ff. — [6] Penck, ebend., S. 261. *Günther.*

Flußhafen, ein Waſſerbecken, das mit dem Fluſſe in Verbindung ſteht und den Schiffen Schutz gegen Hochwaſſer und Eisgang gewährt (Schutz-, Winterhafen) ſowie auch das Verladen und Löſchen der Schiffsfrachten (das Umſchlagen) ermöglicht (Handels-, Verkehrshafen).

Für die Flußhäfen werden alte Flußarme und natürliche Buchten, oder wenn ſolche nicht vorhanden ſind, auch künſtlich gegrabene Becken verwendet. Bei größeren Flüſſen mit geringer Geſchwindigkeit können auch offene Flußſtrecken für die Abwicklung des Umſchlagverkehres in Betracht kommen. Die Größe der Winter- und Schutzhäfen iſt ſo zu bemeſſen, daß alle für dieſe Häfen beſtimmten Schiffe genügend Raum zum bequemen Liegen vorfinden; die Größe der Handelshäfen, die in der Regel gleichzeitig auch als Winterhäfen dienen, iſt durch das zu erwartende Verkehrsmaximum beſtimmt; jedoch ſoll ſchon bei der erſten Anlage ſolcher Häfen auf die Möglichkeit der ſpäteren Erweiterung Bedacht genommen werden.

Alle Hafenanlagen ſollen tunlichſt an das konkave Ufer des Fluſſes verlegt werden, weil ſich an demſelben naturgemäß eine größere Waſſertiefe vorfindet und auch leicht erhalten läßt. Die Einfahrt in den Hafen (Hafenmund) iſt, um den Hafen am beſten gegen zu raſche Verſandung und gegen Eisgang zu ſchützen, am unteren Ende desſelben anzuordnen; die Hafeneinfahrt ſoll weiter zur Erleichterung der Ein- und Ausfahrt ſtets nach ſtromabwärts gerichtet ſein. Flußhäfen ſind vor jeder dauernden Durchſtrömung zu bewahren und iſt auch die Einleitung von Unratskanälen und ſonſtigen Waſſerläufen, die Sand oder Schmutzwaſſer führen, unzuläſſig. Das Hafengebiet iſt erforderlichenfalls gegen Hochwaſſer und gegen Eisgang mit einem hochwaſſerfreien und gut geſicherten Damm zu ſchützen.

Wo bei größeren Hafenanlagen eine Vermehrung der Uferlänge notwendig wird oder die verſchiedenen Güter auch beſondere Verladeeinrichtungen und geſonderte Lagerung verlangen, wird das Hafengebiet in mehrere miteinander in Verbindung ſtehende und durch Zungen getrennte Becken unterteilt. So erfordern insbeſondere Kohlen und Petroleum eigne Becken. Plätze, auf welche Schuppen und Speicher zu ſtehen kommen, werden in der Regel hochwaſſerfrei angelegt; dagegen werden Plätze, die für die Lagerung von Rohmaterialien oder ſonſtigen minderwertigen Maſſengütern dienen, oft nur wenig über den höchſten Schiffahrtswaſſerſtand angelegt, um die Koſten der Hebung der Schiffsfrachten zu vermindern. Die Hafenſohle iſt bei Handelshäfen ſtets ſo tief anzuordnen, daß ſelbſt bei den kleinſten Waſſerſtänden noch vollbeladene Schiffe anſtandslos verkehren können. Bei den Winterhäfen iſt dieſe Tiefe nicht erforderlich, weil in denſelben meiſt nur unbeladene Schiffe Aufenthalt nehmen. Flußhäfen ſollen insbeſondere dann, wenn ſie dem Handel und Verkehr dienen, möglichſt nahe der Hafenſtadt liegen und eine gute Verbindung mit Bahnen und Straßen beſitzen. Bei großen, dem Umſchlage von Maſſengütern dienenden Häfen pflegt man beſondere Sammelbahnhöfe für die Hafengüter anzuordnen.

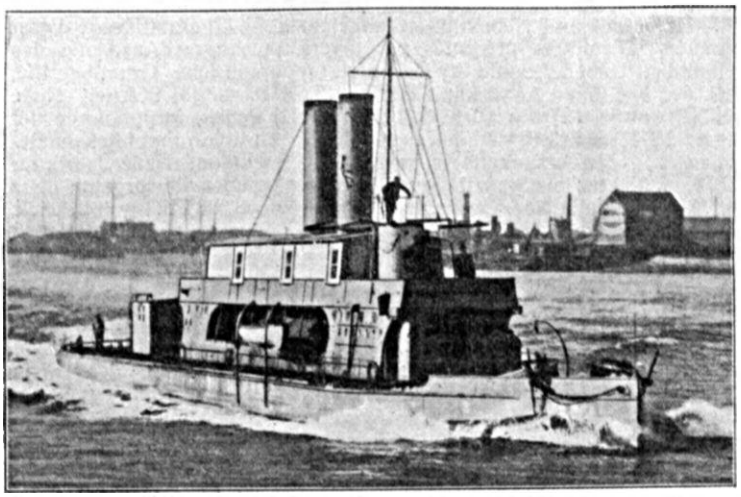
Die Schutz- und Winterhäfen ſind zumeiſt nur mit einfachen Uferböſchungen und mit Vorkehrungen zum Verheften der Schiffe ausgeſtattet. Dagegen ſind die Ufer und Kais bei Handelshäfen ſchon mit allen für einen bequemen und raſchen Umſchlag erforderlichen Ausrüſtungen verſehen. Ueber die Ausrüſtungen der Hafenanlagen vgl. **Seehäfen** (mit Literaturangaben); ferner: Pläne und ſtatiſtiſche Daten der bedeutendſten Binnenhäfen Deutſchlands, Berlin 1890, und Beyershaus, E., Der Rhein von Straßburg bis zur holländiſchen Grenze, Düſſeldorf 1902. *Pechnik.*

Flußkanonenboote dienen zum Wachdienſt ſowie für Kriegszwecke auf Flüſſen, wie z. B. auf dem Nil, dem Jantsekiang u. a., und zeichnen ſich durch einen ſehr geringen Tiefgang — bis zu 700 mm — aus.

Die modernen Flußkanonenboote (ſ. die Figur S. 118) werden als Doppelſchraubenboote aus verzinktem Stahl erbaut; die Schrauben ſind in einer Wölbung des Hinterſchiffs derart angeordnet, daß ſie ſtets unter Waſſer arbeiten. Als Dampferzeuger dienen Waſſerrohrkeſſel. Maſchinenraum und Geſchützſtände ſind zum Schutz gegen Gewehrfeuer mit Spezialſtahl umgeben. Die Geſchwindigkeit der Boote beträgt 13—14 Knoten pro Stunde. *T. Schwarz.*

Flußkorrektion, die nach gewiſſen Syſtemen bezw. Baumethoden meiſt unter Zuhilfenahme des natürlichen Arbeitsvermögens des fließenden Waſſers ſelbſt ſowie Verwendung etwa von demſelben mitgeführter Sinkſtoffe (Geſchiebe und Schlamm) erzielte „Berichtigung“ von Richtungslinie und Abflußverhältniſſen

bei Flüſſen und Strömen für Zwecke der Verhinderung ſchädlicher Ueberſchwemmungen, der Ent- und Bewäſſerung anſtoßender Gelände oder tributärer Kulturgebiete, der Ausnutzung von Waſſerkraft ſowie der Verbeſſerung der Schiffahrt.



Flußkanonenboot „Teal" (Yarrow & Co., Ltd., Poplar).

Die Korrektion bezweckt eine Hebung beſtehender Fehler des Gewäſſers (Fluß oder Strom) durch Herbeiführung richtiger Beziehungen zwiſchen Abflußmenge, Profilbreite, relativem Gefälle und Waſſertiefe und damit die Erzielung eines unſchädlichen Beharrungszuſtandes von Sohle und Ufer des Fluſſes. Sofern es ſich außerdem ſpeziell für Zwecke der Schiffahrt um Einſchränkung der Waſſergeſchwindigkeit, namentlich aber um Herſtellung bezw. Erhaltung einer beſtändigen Fahrwaſſerrinne mit ſtets genügender Fahrwaſſertiefe handelt, erweitert ſich die Korrektion zu einer Fluß- oder Stromregulierung. — Obwohl die je nach den genannten Zwecken verſuchte ſcharfe Unterſcheidung zwiſchen Korrektion und Regulierung von Flüſſen und Strömen in ihrer Anwendung auf Gebirgsflüſſe bezw. ſchiffbare Flüſſe der Niederungen ihren Urhebern vollauf berechtigt erſcheinen muß, ſo iſt dieſelbe gerade in den Gebirgsländern von Oeſterreich und der Schweiz noch nicht durchgedrungen, woſelbſt Korrektion oder Regulierung mit Rückſicht auf die Erzielung eines ſo gut wie möglich erreichbaren Beharrungszuſtandes des geſamten Flußbettes bezw. -laufes als ganz gleichwertige Begriffe angewendet werden. Da der ſomit mehr umfaſſende Begriff einer „Regulierung" eine „Korrektion" ſtets in ſich ſchließt oder ergänzt, wird bezüglich weiterer Details auf Flußregulierung verwieſen. *Hilgard.*

Flußmetallſchienen, im Gegenſatz zu den früher durch Paketbildung hergeſtellten Schweißeiſenſchienen, ſind jetzt allgemein üblich und werden im allgemeinen Stahlſchienen genannt, obwohl das Material etwas weicher genommen wird als das, welches ſonſt mit Stahl bezeichnet zu werden pflegt. S. Flußeiſen und Schienenherſtellung. *Goering.*

Flußmittel, im Hüttenweſen diejenigen Zuſchläge, welche die Schmelzbarkeit oder das Zuſammenſchmelzen andrer Stoffe günſtig beeinfluſſen. Die Wirkung der Flußmittel iſt aber meiſt auch eine chemiſche, indem ſie im geſchmolzenen Zuſtande ſowohl ſaure als baſiſche Oxyde und Sulfide chemiſch löſen und mit ihnen leichtflüſſige Schmelzen bilden.

Sie tragen ſo bei der Metallgewinnung und Metallbeſtimmung (Proben) einmal zur Erleichterung der Schlackenbildung, dann aber auch zur Beſchleunigung der Einwirkung der geſchmolzenen Maſſen aufeinander und ſchließlich auch zur Reinerhaltung der Oberflächen abgeſchiedener Metallteilchen, alſo zur Ermöglichung des Zuſammenſchmelzens der letzteren, bei. Wichtige Flußmittel ſind Flußſpat und andre Fluoride, Silikate (alſo die meiſten Schlacken ſelbſt), Borax, Phosphorſalz, Kochſalz, Soda, Pottaſche (dieſe vier letzteren vorwiegend im Probierweſen). Fluoride, Borate und Silikate werden auch in der Glas- und in der keramiſchen Induſtrie (vgl. d. folgenden Artikel) als Flußmittel benutzt, beſonders um färbende Metalloxyde zu löſen. *Beckert.*

Flußmittel dienen in der Tonwarenfabrikation dazu, den für ſich beim Brennen in nicht allzu hohen Temperaturen porös bleibenden Ton zum Fritten oder Sintern zu bringen und dadurch dicht zu machen; ſie ſind entweder ſchon in hinreichender Menge im Ton vorhanden, wie bei den meiſten Ziegeltonen, oder müſſen beſonders hinzugefügt werden (Fabrikation von Porzellan, Steingut, Klinkern u. ſ. w.).

Als Flußmittel für den Scherben kommen hauptſächlich Feldſpat, kohlenſaurer Kalk, Eiſenoxyde, Gips, Schwerſpat, phosphorſaurer Kalk, Speckſtein, Glasfritten, Eiſenſchlacken als künſtliche Zumiſchungen in Betracht; als natürliche Flußmittel ſind in den meiſten Tonen Eiſenoxyd, Kalk, Magneſia und Alkalien vorhanden. Die Zumiſchungen zur Glaſurmaſſe, um dieſelbe leicht ſchmelzbar zu machen, beſtehen außer den obengenannten noch in beſonderen Fällen aus Bleiglanz, Mennige, Bleiweiß, Glätte, Borſäure, Zinnoxyd u. ſ. w. — Diejenigen Flußmittel,

die dazu dienen, die Farben mit der Unterlage, auf die ſie gebracht werden, zuſammenzuſchmelzen, richten ſich ganz nach den betreffenden Unterlagen, Maſſe oder Glaſur und nach den Eigenſchaften der Farben ſelbſt. Als Flußmittel hierfür werden verwendet: Quarzſand, Feldſpat, Borax, Borſäure, Salpeter, Pottaſche, Soda, Mennige, Bleiglätte und Wismutoxyd. (Weiteres ſ. u. Glas, Glaſuren und Tonwaren.) *Dümmler.*

Flußregulierung (Flußregelung) umfaßt ſämtliche Korrektionsarbeiten im Gebiete des Fluß- und Strombaues, die unter Anwendung verſchiedener Korrektionsſyſteme mittels Einbauten in den Fluß ſowie Schutzbauten auf dem Ufer die Hebung oder Verhütung von Uebelſtänden an Flüſſen und Strömen durch eine nutzbringende Regelung der Verhältniſſe zwiſchen Richtungslinie des Flußlaufes und Gefälle ſowie Abflußmenge und Waſſerquerſchnitt (Durchflußprofil) zu erzielen ſuchen (vgl. a. Flußkorrektion).

Die Regulierungs- bezw. Korrektionsarbeiten verteilen ſich auf die Feſtlegung des Flußlaufes nebſt Mündungsſtrecken der Nebenflüſſe, die Erhaltung der Ufer einſchließlich Auflandung, Verbeſſerung und Schutz des Vor- und Hinterlandes ſowie die Erhaltung und den Schutz der Flußſohle einſchließlich allfälliger ſchon im Fluß beſtehender und beizubehaltender Nutzbauten. — Die im Flußbett und am Ufer zur Verwendung kommenden Bauten unterſcheiden ſich je nach dem Charakter des Fluſſes; von weſentlichem Einfluſſe ſind: abſolute Größe der Abflußmengen ſowie Verhältnis zwiſchen Hoch-, Mittel- und Niederwaſſer, Vorkommen von Geſchiebe- und Sinkſtoffbewegung, Vorhandenſein von Schiffahrt und Flößerei.

Prinzipiell und in bezug auf die zur Anwendung gelangenden Mittel unterſcheidet ſich je nach dem zunächſt zu erreichenden Zweck die Regulierung der meiſt ſchiffbaren Flüſſe der Niederung nur teilweiſe, mehr durch die konſtruktive Anordnung der zur Verwendung gelangenden Baumaterialien, von derjenigen der meiſt nicht ſchiffbaren und meiſt ſtark geſchiebeführenden Gebirgsflüſſe (ſ. Gebirgsfluß und Gebirgsflußregulierung). — Da die Regulierung der letzteren ſtets als ein beſonderes Gebiet des Flußbaues betrachtet und behandelt wird, ſo bezweckt eine Flußregulierung im engeren Sinne daher ſtets in erſter Linie die Förderung der Intereſſen von Schiffahrt und der mit dieſer zuſammenhängenden Landeskultur durch Beſeitigung aller dieſelben hindernden Zuſtände eines Fluſſes. Außerdem ſind auch ſtets die Beſchaffenheit des Talbodens ſowie die in der Landesgegend am leichteſten erhältlichen Baumaterialien und nicht zuletzt auch die verfügbaren Mittel zu einem großen Teil für die Mannigfaltigkeit in der konſtruktiven Ausführung der Regulierungswerke maßgebend.

Bei der Feſtlegung des durch eine Regulierung in ſeiner Richtungslinie korrigierten Flußlaufes kommen Durchſtiche (ſ. d.), am Oberrhein auch „Durchſchnitte“ genannt, vor. Dieſe bewirken eine techniſch mit „Rektifikation“ oder „Streckung“, auch „Begradigung“ bezeichnete Verkürzung des bisherigen Flußlaufes. Den „Abbau“ oder Abſchluß durch Sperrdämme ſo verlaſſener Strecken des Flußlaufes bezwecken die Kupierungen (ſ. d.). Dieſe letzteren können auch die Abſperrung von Nebenarmen bezw. die Beſeitigung oder Vermeidung der meiſt ſchädlichen Flußſpaltungen bezwecken. — Es liegt aber keineswegs im Intereſſe einer Regulierung, alle Flußkrümmungen oder ſelbſt ganze Serpentinen zu beſeitigen, da dieſe oft namentlich der Schiffahrt zum Vorteil gereichen infolge des geringen relativen Gefälles, das den Abfluß des Waſſers verzögert, die Bergfahrten erleichtert, die Fahrtiefe vermehrt und damit eventuell die jährliche Schiffahrtsperiode verlängert. Dagegen geben ſcharfe Krümmungen ſtets Veranlaſſung zu Uferabbrüchen und Kolken bei konkaven und Ablagerung von Sinkſtoffen (Anhägerungen) bei konvexen Ufern ſowie dadurch zur Bildung von Kiesſchwellen (Furten) und Vergrößerung der Fahrdiſtanz und Unterhaltungslänge der Flußufer. — Wenn auch die Durchſtiche hinſichtlich der Regulierung überhaupt und der eventuell bewirkten Verhütung früher periodiſch regelmäßig eingetretener Ueberſchwemmungen weiter Flächen im oberen Flußgebiete gewiß zweckmäßig ſind, ſo iſt doch wohl zu beachten, daß infolge ihrer Ausführung im unteren Flußgebiete höhere Waſſerſtände als früher eintreten können, weil ſich eine raſchere Ableitung der Hochwaſſer vollzieht. Bei einer möglicherweiſe ökonomiſchen Ausführung der Durchſtiche unter Zuhilfenahme der Abſchwemmung eines großen Teiles des Profilaushubes ſoll entweder die ſo auf längere Dauer hin vermehrte Abfuhr von Sinkſtoffen ohne Gefährdung oder Benachteiligung unterhalb liegenden Flußgebietes ermöglicht oder noch beſſer zur Verlandung verlaſſener Flußarme ſowie tiefliegenden Ufergebietes auf der unterhalb gelegenen Strecke ausgenutzt werden. Daraus ergibt ſich gewöhnlich als Reihenfolge der Ausführung ſolcher Durchſtiche eine ſolche von unten nach oben.

Dem Zweck der Einſchränkung des Flußbettes innerhalb des adoptierten Normalprofiles (daher auch Normaliſierung des Flußlaufes) dienen die Einſchränkungswerke. Dieſe kommen als Längsbauten oder Parallelwerke (ſ. d.) und als Querbauten zur Verwendung. Zu den Längsbauten gehören auch die zur Erhaltung der Ufer dienenden Uferſchutzwerke bezw. Uferſchutzbauten und beſonders Uferdeckwerke (ſ. d.). Es ſind dies die Uferſchälungen bezw. Uferverkleidungen. — Je nach Art des angewendeten Korrektionsſyſtems und des feſtgeſetzten Normalprofiles, einfach, doppelt oder nur ausnahmsweiſe mehrfach oder unſymmetriſch, wobei der mittlere und tiefſte, bei niedrigeren Waſſerſtänden die Nieder- bezw. auch die Mittelwaſſermengen faſſende Teile des Querprofiles der „Flußſchlauch“ genannt wird — kommen erſtere Bauten als ſubmerſible (bei höheren Waſſerſtänden überſtrömte) und als inſubmerſible (hochwaſſerfreie) Leitwerke (auch „Streichbauten“, „Leitdämme“, „Leitwuhre“ genannt) oder Hochwaſſerdämme und die Querbauten als Buhnen oder Traverſen, beide als ganz oder nur teilweiſe ſubmerſibel bezw. inſubmerſibel gebaut, und als Grundſchwellen zur Ausführung (ſ. Buhnen, Grundſchwelle, Parallelwerk, Traverſe).

Die Schlauchſeite der Leitwerke und die in den Fluß hineinragenden Enden oder „Köpfe“ der Buhnen werden auf die „Leitlinie“ (auch „Streichlinie“ genannt) eingerichtet und beſtimmen die beabſichtigte neue Uferlinie. Die Traverſen ſchließen oder ſtützen die Leitwerke gegen das Hochufer hin, daher auch „Anſchlußwerke“ genannt. Zum Zweck der Verlandung hinter den inſubmerſiblen Leitwerken und zwiſchen den Traverſen werden eventuell zeitweiſe verſchließbare Oeffnungen, ſogenannte „Breſchen“ (Lücken), vorgeſehen.

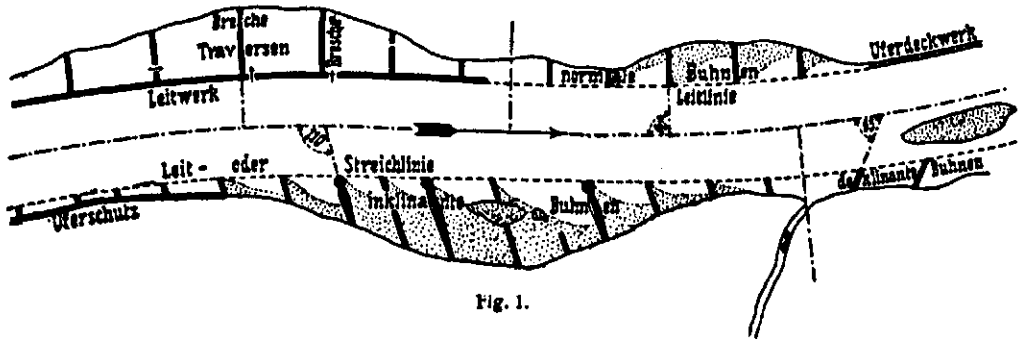


Fig. 1.

Außer dem Zweck der Einſchränkung haben im Gegenſatz zu den Leitwerken die Buhnen wie die Traverſen je nach dem Charakter des Fluſſes und dem Vorhandenſein von Sinkſtoffen den Zweck, durch Aufſtau bezw. möglichſte Verhinderung der Strömung hinter der Leitlinie mittels Ablagerung von Sinkſtoffen eine Auflandung (Anhägerung) hinter dem Leitwerke zu veranlaſſen. Die Grundſchwellen bezwecken eine Befeſtigung bezw. eine nach aufwärts ſich erſtreckende Erhöhung der Flußſohle. Die Buhnen ſind inklinant, normal oder deklinant, je nachdem die Richtungslinie ihrer Längsausdehnung von der Wurzel (landſeitiges Ende) nach dem Kopfe hin, bezw. flußaufwärts, rechtwinklig zur Flußrichtung, oder flußabwärts gerichtet iſt, d. h. auf ihrer oberen Seite, bezw. einen ſtumpfen rechten oder ſpitzen Winkel mit der Flußrichtung einſchließt. — Bei Flußregulierungen werden am meiſten inklinante Buhnen, an Strömen innerhalb des Ebbe- und Flußgebietes dagegen immer normale und unterhalb der Einmündungen von Seitenzuflüſſen oder zu beſtimmten Zwecken, wie Abſchwemmung alter Ufer oder von Kies- und Sandbänken (Treibbuhnen), deklinante Buhnen verwendet.

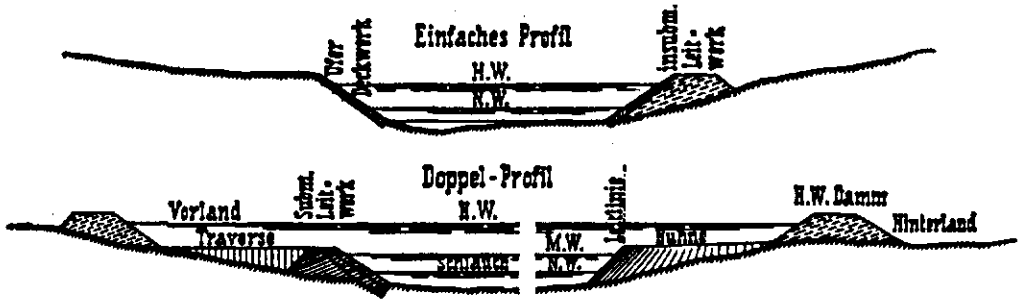


Fig. 2.

Das Buhnenſyſtem hat dem Leitwerk- oder Streichbauſyſtem (auch Parallelwerkſyſtem genannt) gegenüber den Vorteil, daß, falls die Breite des feſtgeſetzten Normalprofils ſich in der Zukunft nicht als richtig erweiſt, eine Aenderung, ja ſogar ein Uebergang zum Leitwerkſyſtem noch leicht erfolgen kann und daß die Buhnen in der Regel auf einen geringeren Teil ihrer Geſamtlänge in tiefes Waſſer eingebaut werden, alſo wegen geringerer durchſchnittlicher Höhe geringere Bau- und Unterhaltungskoſten verurſachen als Leitwerke. Außerdem iſt die Verlandung zwiſchen Buhnen leichter zu bewirken als hinter Parallelwerken. Als Nachteil des Buhnenſyſtems mag gelten, daß die Buhnen nicht ſelten ungleichmäßige Tiefen im Flußbett erzeugen (Kolke bei den Buhnenköpfen), beſonders aber, daß ſie erſt dann in volle Wirkſamkeit treten, wenn die zwiſchen denſelben beabſichtigte Verlandung durch Geſchiebe, Sand oder Schlamm bezw Schlick eingetreten iſt, während Leitwerke ſofort ihre beabſichtigte Wirkung äußern und nicht ſelten einen günſtigen Einfluß auf die gleichmäßige Ausbildung des Flußbettes ausüben. Dennoch findet das Buhnenſyſtem häufig an ſchiffbaren Flüſſen (deutſcher Rhein, Oder, Weſer, Elbe) und das Leitwerkſyſtem häufiger an Gebirgsflüſſen Anwendung (in der Schweiz: Rhein, Teſſin, Aare, Thur, Limmat; Ausnahme: Rhone). Buhnen werden ſpeziell in der Schweiz nicht ſelten (wie überhaupt alle Querbauten) ebenſo mit „Traverſen“, noch allgemeiner und volkstümlicher mit „Querwuhren“ bezeichnet. Zwiſchenbuhnen erſtrecken ſich nur auf einen Teil der Entfernung vom Ufer gegen die Leitlinie oder umgekehrt von dieſer gegen das Ufer hin. Zwiſchenbuhnen der erſteren Art ſind meiſt viel leichter und aus vergänglicherem Material gebaut (u. a. Flechtwerke und Pfahlbuhnen); ſie befördern, als „Schlickfänge“ gebaut, beſonders die Auflandung. Vielerorts werden ſie dann gerade im Gegenſatz zu den viel kräftiger und meiſt maſſiver gebauten Hauptbuhnen auch wieder Traverſen genannt. — Eine größere Anzahl von

beſonders benannten Buhnen bezwecken auch ganz beſondere Einwirkungen innerhalb des Flußgebietes und ſind unter Buhnen (ſ. d.) näher charakteriſiert.

Je nach Wichtigkeit des Baues und des zur Verfügung ſtehenden Baumaterials verwendet man zum Aufbau von Buhnen, ähnlich wie bei dem von Leitwerken (ſ. unten), Holz in Form von Strauchwerk, Pfählen, Bohlen, Schwellen (Holme), Zangen ſowie Erde, Kies und Stein gemeinſam oder auch allein, neuerdings auch Beton bezw. armierten Beton, und bezeichnet ſie in dieſer Hinſicht demnach als Holz-, Pfahl-, Erd-, halbmaſſive, maſſive ſowie Stein- und Betonbuhnen. Entſprechend der gewöhnlich größeren Gefahr der Beſchädigung durch Waſſerangriff an Kopf und Streichſeite wie an der Flußſeite der Leitwerke ſind auch jene aus widerſtandsfähigerem Material (auch etwa mit geringerer Böſchung) bezw. ſtärker und maſſiver ausgeführt. In Fig. 3 iſt ein Buhnenende (nach Bauweiſe an der Oder bei Glogau) ſchematiſch im Grundriß nebſt Aufriß (bezw. Längenſchnitt *a b* und Querſchnitt *c d*) des durch eine umfangreiche Bettung als Sohlenverſicherung vor Unterſpülung geſchützten Kopfes zur Darſtellung gebracht. Dieſe Sohlenverſicherung iſt meiſtens aus Packwerk (Strauchwerk oder Faſchinen, eventuell auch Geflecht, mit Steinen als Beſchwerungsmaterial) oder aus Sinkſtücken hergeſtellt.

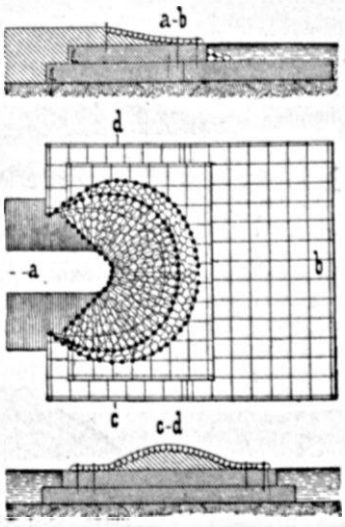


Fig. 3.

In Fig. 4 und 5 ſind Querſchnitte durch halb- bezw. maſſive Buhnen aus Senkfaſchinen oder kurzen Senkwalzen mit Steinſchüttung bezw. aus Steinſchüttung ohne erſtere, mit einem Kieskern und Kronenpflaſterung aufgebaut, dargeſtellt, Konſtruktionstypen, wie ſie namentlich am deutſchen Rhein üblich ſind. Dieſelben könnten mit geringfügigen Abänderungen auch als typiſche Querſchnitte von Leitwerken dienen.

Die an vielen Flüſſen und Strömen im großen ausgeführten praktiſchen Verſuche und die in den noch wenigen vorhandenen Flußbaulaboratorien einiger techniſcher Hochſchulen Deutſchlands vorgenommenen Modellverſuche (namentlich durch Engels, Dresden) [28], [29] zum Vergleich der Wirkungen der verſchiedenſten Arten von zu Regulierungszwecken erſtellten Einbauten auf die Flußbettbildung können noch nicht als abgeſchloſſen betrachtet werden. Auf gewiſſe bei Regulierungen wohl zu beachtende geſetzmäßige Beziehungen zwiſchen Flußkrümmung und Tiefe ſowie auch das Sohlengefälle und die daraus reſultierende Flußbettbildung (auch Dynamik des Flußbettes genannt) haben namentlich Fargue [31] u. a. aufmerkſam gemacht (Farguesche Geſetze) [20]. Die richtige Beurteilung der die Flußbettbildung bedingenden Faktoren iſt das ſchwierigſte Problem bei einer Regulierung.

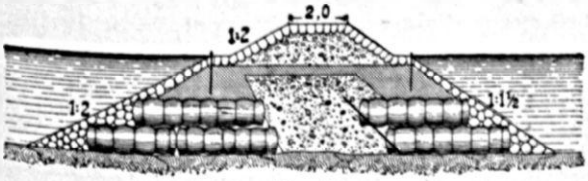


Fig. 4.

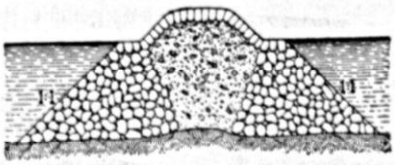


Fig. 5.

Im Gegenſatz zum Leitwerk- bezw. Buhnenſyſtem ſteht das gemiſchte, das Verbundbauſyſtem, welches Leitwerke für die konkaven Ufer oder bei geringer Waſſertiefe ſowie geringer Entfernung der Leitlinie vom Ufer auch für die geraden Strecken, dagegen bei großer Waſſertiefe oder großer Entfernung der Leitlinie vom Ufer an den letzteren, namentlich aber an allen konvexen Ufern Buhnen vorſieht. Gewiſſermaßen einen Uebergang zu dieſem Syſtem bilden die „Flügelbuhnen" (Buhne mit flußaufwärtigem bezw. flußabwärtigem, auch beiderſeitigem Anſatz eines kurzen Stückes Leitdamm (Flügel) an ihrem Kopfende. Gegenüber ihren weit größeren Anlagekoſten iſt die Zweckdienlichkeit der Flügelbuhnen nur gering und erweiſen ſich auf die Leitlinie geſtellte kurze Zwiſchenbuhnen zweckmäßiger.

Bei Regulierungen ſpeziell für Zwecke der Schiffahrt tritt das Intereſſe der Ableitung des Waſſers zurück. Der beabſichtigte Zweck iſt, ſelbſt bei niedrigen Waſſerſtänden genügende Fahrwaſſertiefe und eine möglichſt beſtändige Fahrrinne zu ſichern. Es iſt daher die Verwendung von Parallelwerken in vielen Fällen den Buhnen gegenüber vorzuziehen. Dem Erfolg in der für die Schiffbarkeit gewünſchten Geſtaltung des Flußbettes durch eine Regulierung, ſelbſt unter Zuhilfenahme von Baggerung und Felsſprengung, ſind gewiſſe Grenzen geſteckt. Stromſchnellen ſind nicht durch Regulierung allein zu bezwingen. Mindeſtforderung für als ſchiffbar zu betrachtende Flüſſe iſt 1—1,10 m Fahrwaſſertiefe und 25—30 m Fahrwaſſerbreite.

Sofern durch Regulierung, d. h. durch Einſchränkungsbauten und eventuell künſtliche Vertiefung der Sohle die benötigte Fahrwaſſertiefe nicht zu erreichen iſt, muß zur Kanaliſierung der Flüſſe (ſ. d.) Zuflucht genommen werden. Die konſtruktive Anordnung der verſchiedenen zur Herſtellung von Regulierungswerken gebräuchlichen Mittel („Bauwerke") unterſcheidet ſich je nach lokalen Verhältniſſen namentlich bezüglich des verwendeten Baumaterials. Für Uferſchutzbauten oder Uferverſicherungen (ſ. a. Uferbefeſtigung) und namentlich Uferdeckwerke — erſtere unterſcheidet man je nach ihrer Anordnung in ſtarre oder feſte und bewegliche — kommen in Betracht: Steinvorlagen (geſchichtet, frei verworfen und als verſenkte Blöcke), Kies-,

Sand- und Steinſchüttungen, Pfahlwerk auf Sohlenhöhe mit Holm als Schwellen abgebunden, oder als eigentliches Bohlwerk bis über Waſſer aufgebaut, und eigentliche Ufermauern; ſodann Bekieſung, Erdbedeckung, Berafung und Bepflanzung, Flechtwerk, Flechtzäune, Stein- und Betonplattenbelag bezw. Betonverkleidung mit oder ohne Eiſeneinlagen nach den Bauweiſen Möller, Rabitz u. a. [11], mantelförmige Uferabdeckung Syſtem Villa [12], Böſchungspflaſterung aus Trocken-, Mörtel- und Betonmauerwerk, letzteres mit oder ohne Eiſeneinlagen und beſonderer Verankerung (Erdanker, Patente von Rabitz, Möller, Bücking u. a.). Im Gegenſatz zu der Bauweiſe Rabitz als einer ſtarren verankerten Uferverkleidung mit Drahtgeflechteinlagen beruht die Bauweiſe Villa auf der Herſtellung einer mehr oder weniger biegſamen Matte aus loſen, ſich in den Querfugen in halber Stärke überdeckenden kleineren Ziegel- oder Betonplatten, die mittels entſprechender Lochungen ſtreifenweiſe auf Drahtſtränge aneinander gereiht, in größeren, der Anzahl der Stränge korreſpondierenden Stücken zuſammengehalten, ins Waſſer verſenkt werden zur Abdeckung der Sohle oder der Ufer.

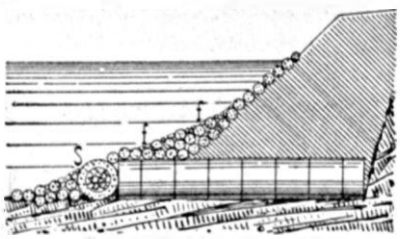


Fig. 7.

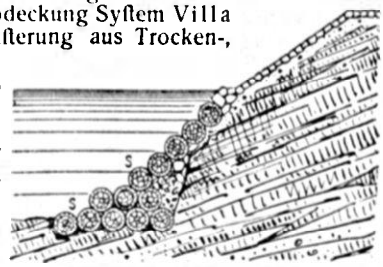


Fig. 6.

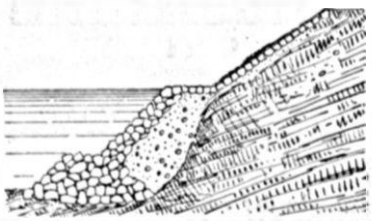


Fig. 8.

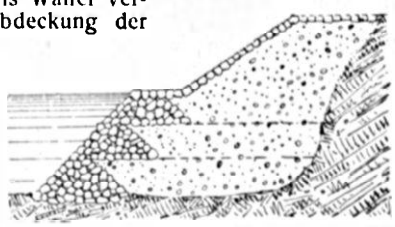


Fig. 9.

Zum Aufbau von Leitwerken und Uferſchutzbauten ſowie Buhnen, Traverſen, Grundſchwellen und andern Sohlenverſicherungen dienen Pfahlwerk, Faſchinen oder Wippen, Flechtzäune, Würſte und Walzen aus Strauchwerk, ſodann Sinkbäume, Senkfaſchinen, Senkwalzen, Senkkörbe (allgemein als „Sinkſtücke" bezeichnet), Sinkmatten oder Sinkmatratzen und Packwerk (Lagen von Strauchwerk, Wippen, Faſchinen oder Geflecht mit Zwiſchenlagen von Erde, Kies, Bruchſtein als Beſchwerungsmaterial). Der in Fig. 4 und 5 dargeſtellten Bauweiſe entſprechend ſind in Fig. 6 und 7 bezw. Fig. 8 und 9 auch Uferſchutzbauten dargeſtellt. (Es bedeuten f = Faſchine, s = Senkfaſchine, S = Senkwalze).

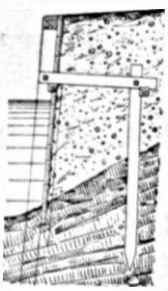


Fig. 10.

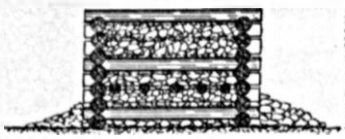


Fig. 11.

Fig. 12.

Eine beſondere Kategorie bilden die ſogenannten Gehänge (ſ. d.) [32] oder Hängebauten, ſpeziell auch ſchwebende Bauten genannt, aus Pfahlreihen und aufgehängtem Strauchwerk [33], ſowie andre durchläſſige Bauten aus Pfahlreihen mit hölzernem Gitterwerk bezw. eiſernen Stellrahmen mit Draht oder Stabgitterwerk unter oder ohne Verwendung von Faſchinen u. ſ. w. (ſogenannte eiſerne Leitwerke und Buhnen für geſchiebeführende Flüſſe nach Doell) [19]. — Für maſſivere Konſtruktionen dienen Erd-, Kies-, Schotter- und Steinſchüttungen mit oder ohne Spundwand aus Holz oder Eiſen, zum Schutze gegen Unterſpülung auch Pfahlwände. Bei der Bauweiſe Serrazanetti [9], [10] werden dünnere bis dickere Drahtnetzrohre mit Kies- bezw. Steinfüllung, ähnlich wie und an Stelle von Faſchinen, Packwerk, Senkfaſchinen oder Senkwalzen ſelbſt auch für Hängebauten verwendet; ſodann einzeln verlegte oder ganze Ketten bildende, mit eiſernen Gliedern beweglich miteinander verbundene Stein- und Betonblöcke (ſogenannte Kettenſteinwürfe), ebenſo auch Trocken- oder Mörtelmauerwerk aus Stein und Beton. Neuerdings kommen auch Senkwalzen aus Beton mit oder ohne Eiſeneinlagen zur Verwendung. Mit Ausnahme von vielleicht Bohl- oder Bollwerken (ſ. Bohlwände), eventuell auch Steinkiſten oder -käſten (nach der Vollendung dem an Gebirgsflüſſen üblichen hölzernen Blockbau ſehr ähnlich), kommen, gleichwie für Querbauten überhaupt (ſpeziell Buhnen), auch für Seiten- und Uferſchutzwerke alle die bereits genannten Konſtruktionsmittel ebenſo bei der Gebirgsflußregulierung, wenn auch in meiſt kleineren Abmeſſungen, zur aus-

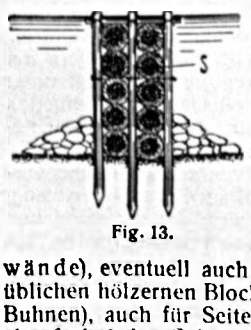


Fig. 13.

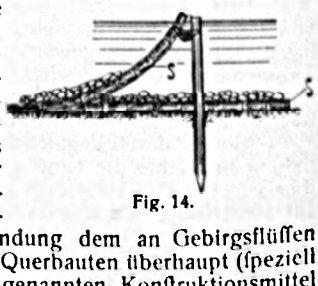


Fig. 14.

gedehnteſten und noch viel mannigfacheren Verwendung. Bohlwerke ſind als Uferverſchalungen reine Holzkonſtruktionen und daher leicht vergänglich, werden aber neuerdings auch dauerhaft in armiertem Beton nachgebildet. Uebliche Typen von Bohlwerken, Steinkäſten und Holzblockwandbau mit Steinfüllung ſind in Fig. 10, 11 und 12 zur Darſtellung gebracht. Die nahezu einfachſte, bei Flüſſen der Niederung wie Gebirgsflüſſen anwendbare Anordnung von Pfählen und Strauchwerk für Buhnen und Traverſen bezw. Schlickfänge iſt aus Fig. 13 und 14 erſichtlich.

Für weitere Konſtruktionstypen und Details wird auf den Art. Gebirgsflußregulierung verwieſen. Vgl. a. Entwäſſerung, Bd. 3, S. 464, 2., in welchem Artikel die Folgen der Regulierung auf den Grundwaſſerſtand beſprochen ſind.

Literatur: [1] Hagen, Handbuch der Waſſerbaukunſt, Bd. 1 und 2, Berlin 1871—75. — [2] Kreuter, F., und Sonne, E., Handbuch der Ingenieurwiſſenſch., Leipzig 1899/1900, Kap. 11. — [3] Franzius, L., Der Waſſerbau, Berlin 1890. — [4] Schrader, L., Fluß- und Strombau, Weimar 1887. — [5] Sonne und Eſſelborn, Elemente des Waſſerbaus, Leipzig 1904. — [6] Schiffmann, C., Waſſerbau, Leipzig 1905. — [7] Scheck, R., Faſchinenbauten, Berlin 1885. — [8] Baur, M., Flußkorrektionen im Hügellande, Leipzig 1879. — [9] Serrazanetti, G., La Difese idrauliche, Bologna 1902. — [10] Derſ., Die Waſſerſchutzbauten, deutſch von K. A. Schmidle, Leipzig 1904. — [11] Rabitz, H., Uferbefeſtigungen, Berlin 1901. — [12] Lernet, A., Bewegliche Uferſchutzbauten, Wien 1901; Befeſtigungen von Dämmen und Böſchungen bei Waſſerläufen, Schutz der Erddämme und der Dünen durch das Syſtem Villa, Brüſſel 1903; Cantalupi, G., La Mantellata Villa, Milan 1905. — [13] Deutſch, S., Der Waſſerbau, 1. Teil, Leipzig 1906. — [14] Pechmann, H. v., Praktiſche Anleitung zum Flußbau, München 1832. — [15] Schlichting, J., Regulierung und Kanaliſierung der Flüſſe, Bd. 1, Leipzig 1879. — [16] Jasmund, R., Die Arbeiten der Rheinſtrombauverwaltung 1851—1900, Berlin 1901. — [17] Unger, Regulierung des Rheinſtromes zwiſchen Bingen und St. Goar, Berlin 1898. — [18] Beyerhaus, E., Der Rhein von Straßburg bis zur holländiſchen Grenze, Koblenz 1902. — [19] Doell, A., Die Regulierung geſchiebeführender Waſſerläufe, Leipzig 1896. — [20] Williams, R., Flußbefeſtigungen, Leipzig 1899. — [21] Strukel, M., Der Waſſerbau, Bd. 4, Kap. 11, Leipzig 1904. — [22] Der Rheinſtrom und ſeine wichtigſten Nebenflüſſe, Berlin 1889. — [23] Die Korrektion des deutſchen Oberrheins, Beiträge zur Hydrographie des Großherzogtums Baden, 3. Heft, Karlsruhe 1885. — [24] Hieronymi, Die Theißregulierung, Budapeſt 1888. — [25] Franzius, L., und Schlichting, Zukünftige Regulierung der Flüſſe, Zentralblatt der Bauverwaltung 1893. — [26] Teubert, Verbeſſerung der Schiffbarkeit durch Regulierung, ebend. 1894. — [27] Engels, H., Erhöhung der Schiffbarkeit der Flüſſe durch Regulierung und deren Grenzen, Civilingenieur, XXXIX, 1893, und Zentralblatt der Bauverwaltung 1894. — [28] Derſ., Unterſuchungen über Flußbettbildung, Berlin 1905. — [29] Derſ., Unterſuchungen über Strömung und Einfluß von Querbauten, Berlin 1904. — [30] Girardon, H., Flußregulierung bei niedrigem Waſſer, Bericht Nr. 7 des Schiffahrtskongreſſes, Haag 1894. — [31] Fargue, Expériences et études de la rivière Garonne, Annales des ponts et chaussées, Paris 1868—94. — [32] Wolf, Korrektion geſchiebereicher Flüſſe durch ſchwebende Bauten, München 1893; Wolfſche Bauweiſe zur Regelung geſchiebeführender Flüſſe, Reiſebericht von Faber, Deutſche Bauztg. 1895. — [33] Roloff, Mitteil. über das nordamerikaniſche Waſſerbauweſen, Berlin 1895. — [34] Starling, W., The Improvement of the Mississippi River, Trans. Am. Soc. C. E., Bd. 20, New York 1889. — [35] Coppée, L., Bank revetment on the lower Mississippi, ebend., Bd. 35, New York 1896. — [36] Mississippi River Improvement, Report of Chief of Engineers and of the Mississippi River Commission, Washington 1894 ff. — [37] Thomas, B. F., und Watt, D. A., The Improvement of Rivers, New York 1903. — [38] Horn, A. v., Die Verbeſſerung des unteren Miſſiſſippi von der Mündung des Miſſouri bis zum Golf von Mexiko, Oeſterr. Wochenſchr. f. d. öffentl. Baudienſt, Heft 1 und 6, Wien 1896.

Hilgard.

Flußſäure, ſ. Fluorwaſſerſtoff.

Flußſchiffahrt dient der Perſonen- und Güterbeförderung. Die Betriebsmittel ſind: 1. Dampfſchiffe; 2. Schleppkähne; 3. Nachen; 4. Boote. Die Dampfſchiffe gliedern ſich in Perſonendampfer, Güterdampfer (Dampfkähne und Eildampfer), Schleppdampfer. — Die Schleppkähne gliedern ſich in Schleppkähne für Stück- und Maſſengüter und Schleppkähne für ſpezielle Ladung (Petroleum, Baggergut, Aſche u. ſ. w.). — Bezüglich der Betriebstechnik iſt zu unterſcheiden: die Perſonenſchiffahrt von der Güterſchiffahrt. Letztere erfolgt in ſchnell fahrenden Eilgüterdampfern oder in Schleppzügen mit verhältnismäßig geringer abſoluter Geſchwindigkeit (5—6 km ſtündlich bergwärts gegen Ufer). — Der Schleppzug wird gebildet aus dem Schleppdampfer und dem Anhang, der je nach den Fahrwaſſerverhältniſſen und der Größe des Schleppdampfers aus 1—10 (ſelten mehr) Kähnen beſteht, die entweder „einreihig“ in Kielwaſſerformation oder „zweireihig“ (ſelten mehrreihig) dicht nebeneinander laufend geſchleppt werden.

Dampfſchiffe. Die Waſſertiefe der Fahrſtraße beſtimmt die zur Verwendung kommende Konſtruktion des Propellers. Es erhält der Raddampfer überall dort den Vorzug vor dem Schraubendampfer, wo dieſe Waſſertiefe gering und die Anwendung ſelbſt von Doppelſchrauben aus konſtruktiven Gründen nicht empfehlenswert iſt. Seine Bauart geſtattet, ihn auf allen Stromſtrecken, ſoweit dieſe als ſchiffbar anzuſehen ſind, anzuwenden, während der Verwendungsbereich des Schraubendampfers ſeiner Propeller wegen beſchränkt iſt. Für den Perſonenverkehr bietet der Seitenraddampfer meiſt betriebstechniſche Vorteile dem Schraubendampfer gegenüber, da man mit ihm zufolge der durch die Radkaſtenpodeſte geſchaffenen größeren Deckfläche bei gleichen Abmeſſungen und gleichem Deplacement eine größere Paſſagierzahl wird befördern

können als mit einem Schraubendampfer; man wird also pro Tonne Deplacement eine höhere Rentabilität erzielen. Die Anschaffungskosten sind im allgemeinen höhere als beim Schraubendampfer, Kohlenverbrauch und Wartung erfordern den gleichen finanziellen Aufwand. Die lichten Durchfahrtöffnungen der zu passierenden Schleusen und Brücken bedingen den zu wählenden Typ. — Der Seitenraddampfer (Fig. 1 und 2) erfordert mit seiner Breite bis zu 20 m (auf dem Rheinstrome) entsprechend breite Brückenöffnungen und ist für Flußläufe mit Schleusen nur in den seltensten Fällen anwendbar. Für diese Zwecke, also überall dort, wo enges Fahrwasser in Frage kommt, empfiehlt sich der Hinterraddampfer (Fig. 3), bei dem die Breite über die Radkasten nicht größer wird als die größte Schiffsbreite. Für Stromläufe in unkultivierten Gegenden (z. B. Kamerun, Togogebiet, Südamerika u. s. w.) empfiehlt sich der

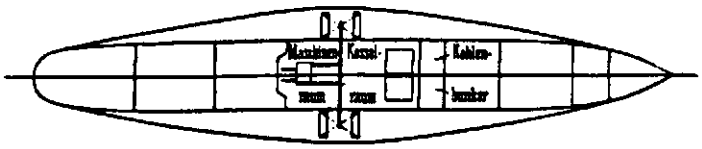


Fig. 1. Seitenradpassagierdampfer (einfaches Schaufelrad mit beweglichen Stahlschaufeln).

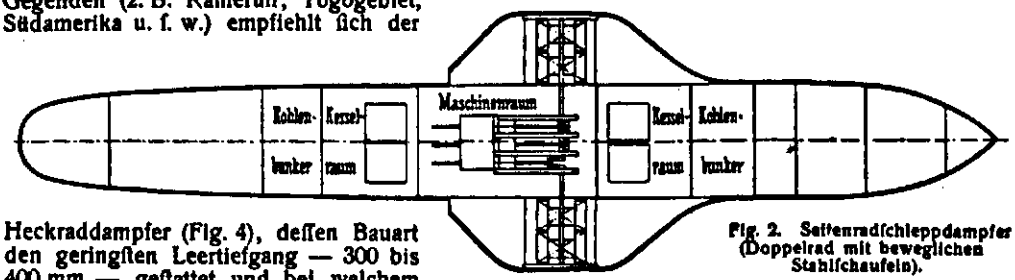


Fig. 2. Seitenradschleppdampfer (Doppelrad mit beweglichen Stahlschaufeln).

Heckraddampfer (Fig. 4), dessen Bauart den geringsten Leertiefgang — 300 bis 400 mm — gestattet und bei welchem Einfachheit der Konstruktion oberste Forderung ist, da etwaige Reparaturen später im Betriebe mit einfachen Bordmitteln ausführbar sein müssen. Neuerdings hat man in England seitens der Firmen Jarrow und Thornycroft und in Deutschland seitens der Firma Schichau mit

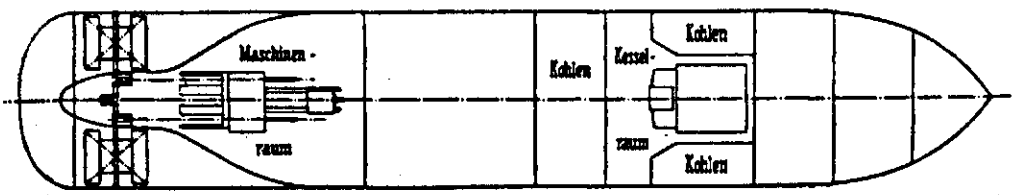


Fig. 3. Hinterradschleppdampfer (einfaches Schaufelrad mit beweglichen Stahlschaufeln).

gutem technischen Erfolge versucht, auch den Schraubendampfer durch geeignete Konstruktion für seichte Stromläufe als Ersatz für den Heckraddampfer nutzbar zu machen. Bei dieser Bauart erhält das Heck muldenförmig gestaltete Ausbuchtungen (sogenanntes Thornycroft-Heck, Fig. 5), in denen Turbinenpropeller (das sind Schrauben von kleinem Durchmesser und großer Steigung) arbeiten.

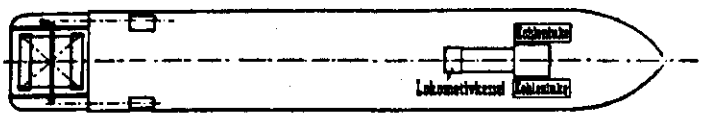


Fig. 4. Heckraddampfer (Schaufelrad mit festen hölzernen Schaufeln).

Bei Seitenraddampfern sind hinsichtlich der Bauart der Räder folgende zwei Kategorien zu unterscheiden:

1. Das Einfachschaufelrad des Schnelldampfers mit verhältnismäßig großem Durchmesser (nicht wesentlich über 4 m), hoher Umfangsgeschwindigkeit (5,8—8,8 m/sec entsprechend einer Winkelgeschwindigkeit ω von 4,10—4,40 m) und einer Schaufelanzahl von etwa 8 in jedem Rade.

2. Das geteilte Doppelrad des Schleppdampfers mit kleinem Durchmesser (2,60 m bei 1000 pferdigen Anlagen), kleinerer Umfangsgeschwindigkeit (4—5,5 m/sec entsprechend einem $\omega = 3-4{,}2$ m/sec), sehr breiten Schaufeln $\left(1 \text{ Doppelrad} > \frac{B}{2}\right)$, großer eingetauchter Schaufelfläche und kleiner Schaufelzahl pro Rad (6—7).

Fig. 5. Flachgehender Doppelschraubendampfer mit Thornycroft-Heck (Bauart Schichau) in Längsschnitt und Grundriß.

3. Das gewöhnliche Schaufelrad des Heckraddampfers mit festen Holzschaufeln, großem Durchmesser (4 m bei einer 200 pferdigen Anlage), Umfangsgeschwindigkeit 3,7—6 m/sec entsprechend $\omega = 3{,}50$ bis 2,80 m/sec, große Schaufelzahl (11—12); Umdrehungen 28—33 minutlich; Slip oft negativ, erklärt sich durch die eigenartige Heckform, bei der die Stoßwirkung des

rückfließenden Waſſers die Vorwärtsbewegung des Schiffes unterſtützt. Verſuche mit derartigen Schiffen haben gezeigt, daß ſelbſt bei Rückwärtsgang des Schaufelrades das Fahrzeug in ſtromfreiem Waſſer die Tendenz der Vorwärtsbewegung hat.

Ueber weitere konſtruktive Durchbildung der Raddampfer, ihrer Maſchinen und Räder ſ. Raddampfer, bezüglich der Flußſchraubendampfer ſ. Schlepper.

Allgemein ſei bemerkt, daß die Verhältniſſe der Schiffskörper teilweiſe ganz außerordentlich von denen der Seeſchiffe abweichen. Im nachfolgenden bedeutet: L die Länge von Innenkante Vorſteven bis Innenkante Hinterſteven, B die größte Breite in der Waſſerlinie über Spanten, H die Seitenhöhe der Oberkante Kielplatte bis Seite Oberdeck, T den mittleren Tiefgang einſchließlich Kielplatte, D die Waſſerverdrängung in Kubikmetern (Deplacement), δ die Völligkeit der Waſſerverdrängung $= D : L\,B\,T$, W die Fläche der oberſten Waſſerlinie, α die Völligkeit dieſer Fläche $= W : L\,B$, F die eingetauchte Hauptſpantfläche, alle Flächen in Quadratmetern, β die Völligkeit der Hauptſpantfläche $= F : B\,T$. Es gelten dann folgende Verhältniswerte und prinzipielle Konſtruktionsangaben:

Schnelldampfer: $L/B = 8{,}5$—$10{,}15$. $L/H = 24$—$28{,}6$. $B/T = 9{,}10$—$6{,}5$; $L/T = 75$—79. Deplacementsvölligkeit $\delta = 0{,}62$—$0{,}75$; Waſſerlinienvölligkeit $\alpha = 0{,}634$—$0{,}80$; Hauptſpantvölligkeit $\beta = 0{,}982$—$0{,}972$. Die in Frage kommenden abſoluten Geſchwindigkeiten ſind für tiefes ausgebreitetes ſtromfreies Fahrwaſſer 30 km (16,25 Knoten) bis 25 km (13,50 Knoten) entſprechend den mittleren Geſchwindigkeiten auf beſchränktem Fahrwaſſer (Rheinſtrom) von 27,5 km (14,85 Knoten) bezw. 22,5 km (12,15 Knoten). Füllung im Hochdruckzylinder = 40—45 %; Slip der Räder etwa 12—18 %; Umdrehungen ca. 41—44.

Schleppdampfer: L/B im Mittel 8,5; L/H im Mittel 23; $B/T = 7$—$8{,}5$; $L/T = 59$—72. Größte Breite über die Radkaſten rund 20 m, Vielfach ausgeführte Grenzwerte für Deplacementsvölligkeit $\delta = 0{,}828$; Waſſerlinienvölligkeit $\alpha = 0{,}875$; Hauptſpantvölligkeit $\beta = 0{,}998$—$0{,}967$.

Die Schleppgeſchwindigkeit wechſelt natürlich ſehr; ſie beträgt bei den großen Rhein-, Elb- und Donauſchleppdampfern etwa 5,3 km (2,86 Knoten) gegen Ufer mit vollem Anhang (2700—6000 t Ladung) entſprechend einer Geſchwindigkeit in ſtillem Waſſer von 12,30 km (6,65 Knoten). Füllung im Hochdruckzylinder etwa 50 %; Slip der Räder 35—45 %; Umdrehungen 30—40.

Schleppkähne. Für dieſe iſt in der Regel $L/B = 6$—$7{,}5$; $L/H = 38$ bei großen Petroleumkähnen, 33 bei großen Rheinkähnen, 20 bei kleineren Kähnen. Ferner: $B/T = 4{,}5$—6; $L/T = 30$—40; Deplacementsvölligkeit $\delta = 0{,}85$ bei langen bis 0,78 bei kurzen Kähnen; Waſſerlinienvölligkeit $\alpha = 0{,}925$—$0{,}830$; Hauptſpantvölligkeit $\beta = 0{,}985$—$0{,}998$. Tragfähigkeit der Kähne auf dem Rheinſtrom: 2000—1000 t, Normalſchiff 1000 t; auf dem Elbſtrom: 1200—750—600 t, Normalſchiff 700 t; auf der Oder 600—450 t, Normalſchiff 450 t.

Größte Schleppkähne für die geplanten öſtlichen Waſſerſtraßen: $L = 65$ m; $B = 8$ m; Tiefgang 1,75 m; Tragfähigkeit = 600 t. Die ſogenannten Finowkanalkähne haben die Abmeſſungen $L = 40{,}20$ m; $B = 4{,}60$ m; Tiefgang 1,25 m; Tragfähigkeit 170 t. (Die genannten Abmeſſungen L und B beziehen ſich in dieſem beſonderen Falle auf die Außenkanten-Fender.)

Die größten Elbſchleppkähne (Petroleumtankkähne) weiſen die Konſtruktionsabmeſſungen auf: $L = 76{,}50$ m; $B = 12$ m; Höhe 2 m; Tiefgang = 1,92 m; Tragfähigkeit 1200 t.

Als Baumaterial dient bei den Dampfern durchweg, bei den Kähnen teilweiſe weiches Siemens-Martin-Flußeiſen (ſogenannter Schiffbauſtahl). Die Kähne werden vielfach mit Eichenholzböden (105—125 mm Stärke) ausgeführt, und dieſe Bauart iſt überall dort zu empfehlen, wo infolge geringer Fahrwaſſertiefen im Hochſommer (1 m und darunter) Grundberührungen nicht zu vermeiden ſind, da hierbei ein guter Holzboden nicht ſo leicht leck ſpringt wie ein Stahlboden; auch iſt erſterer mit Bordmitteln leichter zu dichten.

Die Konſtruktion der Schleppkähne wird vorteilhaft nach den gleichen Prinzipien wie die der Schleppdampfer bewirkt: ſchärferes Vorſchiff, volleres Hinterſchiff (Differenz der Deplacementsvölligkeiten etwa 3—4 %), größte Breite auf $^1/_3$—$^1/_4$ L von vorne, dann ſchwach koniſch oder beſſer im Parabelbogen zur kleineren Breite hinten verlaufend (Geſamtabfall 200—500 mm).

Die Ermittlung der Widerſtandsarbeit erfordert zufolge des ſtets in Frage ſtehenden beſchränkten Fahrwaſſers erheblich eingehendere Berechnungen als die gleichen Ermittlungen für einen Ozeandampfer. Wir bedienen uns hierfür vorteilhaft der Methode Dietze, die, auf wiſſenſchaftlicher Grundlage aufgebaut, ſich in dreißigjähriger Praxis bewährt hat [3], [4], [5].

Der Gang der Rechnung iſt folgender. Es bezeichne:

V_1 = ſcheinbare Geſchwindigkeit gegen Ufer in Kilometerſtunden;

V_2 = Stromgeſchwindigkeit in Kilometerſtunden;

V_3 = Gleitgeſchwindigkeit in Kilometerſtunden;

$V = V_1 \pm (V_2 + V_3)$ = tatſächliche Geſchwindigkeit, wobei + für die Bergfahrt, — für die Talfahrt gilt;

i = das typiſche Gefälle (Stromgefälle in Millimeter/Kilometer Stromlänge); dann iſt (Hagenſche Formel):

$$V_2 = a\sqrt{P + p}\cdot\sqrt[4]{i},$$

worin P = Pegelhöhe in Metern am nächſten Pegel, a = Konſtante (für den Rheinſtrom Cöln—Ruhrort = 1,10), p = eine andre Konſtante (für dieſelbe Strecke = 1,90).

Iſt weiter D die Waſſerverdrängung, ſo wird:

$$V_3 = x\sqrt{i}\sqrt[4]{D},$$

worin x für die auf deutſchen Waſſerſtraßen verkehrenden Kähne in den Grenzen 0,045—0,070 liegt, wenn die Kähne mit dem Vorſteven zu Tal ſchwimmen; die Werte fallen um 20 %, wenn ſie mit dem Hinterſteven (was vielfach geſchieht) zu Tal ſchwimmen. Hiernach iſt alſo die Geſchwindigkeit gegen Ufer V_1 eines zu Tal ſchwimmenden Kahnes nicht gleich der Strom-

geſchwindigkeit V_s, ſondern um den Wert V_s größer, was ſehr oft in der Praxis überſehen wird. Mit wachſendem D ſteigt auch der Wert von V_s; er iſt ferner für jeden Kahn innerhalb eines Schleppzuges wegen der Veränderlichkeit des Wertes $\sqrt[3]{D}$ verſchieden und für den Schleppdampfer ſelbſt des Widerſtandes der Räder wegen gleich Null. — Die mittlere Geſchwindigkeit eines Schleppzuges wird

$$V_m = \frac{\Sigma V D}{\Sigma D} = \frac{\text{Summe der Produkte } VD}{\text{Summe } D}.$$

Für die Widerſtandsarbeit der Schleppzüge in beſchränktem Fahrwaſſer ſind zu berückſichtigen:

1. Das Verhältnis $\frac{\mathfrak{F}}{F} = n$, worin $\mathfrak{F}$ Fahrwaſſerquerſchnitt, F eingetauchten Schiffsquerſchnitt $= B T \beta$ bedeutet.

2. Die Waſſertiefe $\mathfrak{T}$.

Für beſchränktes Fahrwaſſer wird es ſich im Intereſſe voller Ausnutzung der Maſchinenleiſtung des Schleppdampfers häufig empfehlen, das geſamte Quantum Ladung ſtatt auf einen Kahn (um das Bruttoſchleppgewicht niedrig zu halten) auf mehrere Kähne zu verteilen. Es wird z. B. für einen Kahn mit 205 t Ladung bei $\mathfrak{T} = 1{,}20$ und $n = 5{,}76$ die Widerſtandsarbeit N_0, die mit fallenden Werten von n erheblich ſteigt [4], 2,7 mal größer, als wenn dieſer Kahn in einem Fahrwaſſer mit $\mathfrak{T} = 1{,}50$ m und $n = \infty$ geſchleppt würde; ferner wird die Widerſtandsarbeit N_0 für zwei Kähne mit 260 t Ladung (alſo 55 t mehr wie vorhin) bei gleichen Werten von $\mathfrak{T}$ und n nur 1,809 mal größer, ſo daß alſo trotz des höheren Bruttoſchleppgewichtes die Widerſtandsarbeit geringer wird.

Bei der Beſtimmung der indizierten Maſchinenleiſtung für eine geforderte Geſchwindigkeit V in beſchränktem Fahrwaſſer von bekannter Waſſertiefe $\mathfrak{T}$ wird vorteilhaft wie folgt verfahren: Es wird unter Benutzung des Dietze-Diagramms [3b] diejenige Geſchwindigkeit ermittelt, die ſich aus dem gegebenen V für beſchränktes $\mathfrak{T}$ für ein $\mathfrak{T} = \infty$ und $\mathfrak{F} = \infty$ ergibt. Iſt z. B. für ein $\mathfrak{T} = 3$ m eine ſtündliche Geſchwindigkeit von 18 km gefordert, ſo wird der Berechnung der indizierten Leiſtung N_i der Maſchine nach [3b] ein $V = 28$ km in tiefem ausgebreiteten Fahrwaſſer zugrunde zu legen ſein, wofür ſich ergibt $N_i = 700$ PS$_i$, während für $V = 18$ km in tiefem ausgebreiteten Fahrwaſſer nur ein $N_i =$ ca. 200 PS$_i$ erforderlich wäre. Die beſchränkte Waſſertiefe geſtattet alſo gegenüber einem unbeſchränkten Fahrwaſſer ein Mehr von 500 PS$_i$.

Die Beſtimmung von N_i geſchieht entweder nach den graphiſchen Tafeln von Dietze [3a] oder nach der folgenden Formel von Middendorf (der Ausdruck für W_2 iſt der Originalformel gegenüber etwas modifiziert):

$$W = W_1 + W_2 = \frac{10 \cdot F}{\sqrt{1 + 2\,l^8}} = v^{2{,}5} + 0{,}16\,\Omega\, v^{1{,}85};\quad N_i = \frac{W \cdot v}{75} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{N_0}{\eta}.$$

Hierin bedeutet: W den Geſamtwiderſtand; W_1 den Formwiderſtand; W_2 den Reibungswiderſtand, F die eingetauchte Hauptſpantfläche $= B, T, \beta$, $l = L : B =$ Länge durch Breite, Ω die benetzte Oberfläche, angenähert $= L\left(1{,}7\,T + \frac{\nabla}{\beta B}\right)$, v die Geſchwindigkeit in m/sec $= \frac{V \cdot 1000}{3600} = \frac{V}{3{,}6}$, $\eta = \frac{\text{Widerſtandsarbeit}}{\text{indizierte Leiſtung}} =$ mechaniſcher Wirkungsgrad $= N_0 : N_i$. Mit ſteigenden Werten von N_0 ſteigt auch η; es kann geſetzt werden für $N_0 = 100$ bis 200 $\eta = 0{,}5$, für $N_0 = 300$ bis 400 $\eta = 0{,}60$, für $N_0 = 500$ bis 600 $\eta = 0{,}65$; für $N_0 = 700$ und darüber $\eta = 0{,}70$, unter Vorausſetzung fachgemäß konſtruierter Maſchinen und Propeller.

Es bleibt noch folgendes zu beachten: Für ſchnellfahrende Dampfer in Flußläufen mit beſchränktem $\mathfrak{T}$ läßt ſich die wirtſchaftlich günſtigſte Maſchinenleiſtung aus [3b] genau ermitteln; ſo ergibt ſich z. B. für einen Dampfer, der bei $\mathfrak{T} = 3$ m mit $N_i = 450$ PS$_i$ die Geſchwindigkeit $V = 17{,}27$ km erreicht, mit $N_i = 700$ (Zunahme $= 55\,\%$), $V = 18$ km (Zunahme $= 3{,}65\,\% = 0{,}63$ km); der Erhöhung der PS$_i$, alſo auch der Erhöhung der Beſchaffungs- und Unterhaltungskoſten des Schiffes würden keinerlei wirtſchaftliche Vorteile gegenübertreten, die Anlage wäre verfehlt und die Aufgabe würde im Intereſſe beſſerer Wirtſchaftlichkeit anders zu formulieren ſein.

Bei den Schleppdampfern hingegen, deren V in den Grenzen 10—12 km entſprechend einem $V_s = 4{,}50$—$5{,}3$ liegt, bieten die abnehmenden Werte von $\mathfrak{T}$ kein Hindernis, eine Maſchine von höchſter Leiſtungsfähigkeit einzubauen, und es wird im Gegenſatz zu ſchnell fahrenden Dampfern die abſolute Geſchwindigkeit eines zu Berg fahrenden ſchweren Schleppzuges z. B. bei $\mathfrak{T} = 3$ m größer ſein als bei $\mathfrak{T} = 5$ m, weil mit wachſendem $\mathfrak{T}$ (ſolange der Fluß nicht über ſeine Ufer tritt) auch die bergwärts zu überwindende Stromgeſchwindigkeit zunimmt. Es ſei noch bemerkt, daß eine Waſſertiefe gleich der ſich aus [3b] ergebenden halben Wellenlänge als ∞ angeſehen werden darf.

Im allgemeinen iſt die Beförderung von Rohprodukten mittels der Flußſchiffahrt eine ſehr bedeutende; ſie iſt insbeſondere dort lohnend, wo die mittlere Flußgeſchwindigkeit 1 m pro Sekunde nicht überſteigt. Unter günſtigeren Bedingungen, aber ganz ähnlichen Verhältniſſen ſteht die Beförderung auf Kanälen. (Hierüber und über „Treideln“ ſ. Kanalſchiffahrt.) Wegen weiterer techniſcher, insbeſondere aber ſtatiſtiſcher und adminiſtrativer Auskünfte verweiſen wir auf die unter [2], [3]—[5] angeführte diesbezügliche Literatur.

Literatur: [1] Statiſtik des Deutſchen Reichs, Bd. 7, und Weber, Handbuch der gebräuchlichſten Ausdrücke bei der Elbſchiffahrt, Pirna 1872. — [2] Das Schiff, Wochenſchrift für die geſamten Intereſſen der Binnenſchiffahrt; Statiſtik des Deutſchen Reiches, Rubr. Verkehr auf den Waſſerſtraßen; Verhandlungen der internationalen Binnenſchiffahrtskongreſſe; Verhandlungen der Zentralverwaltung zur Hebung der deutſchen Schiffahrt; Moreaux, Recherche du meilleur mode

de navigation sur le Rhône, précédée de considérations sur la résistance au mouvement des coques de bateaux en mer, dans les rivières et dans les canaux, Paris (o. D.); Lagrené, Cours de navigation intér., Paris 1869—75; Molinos, La navigation intér. de la France, Paris 1875; Malézieux, Cours de navigation intér., Paris 1877; v. Weber, Die Waſſerſtraßen Nordeuropas, Leipzig 1881; Germain, Cours de navigation intér., Paris 1882—83; Guillemain, Navigation intér. rivières et canaux, Paris 1885; Ringwalt, Development of transportation system in the United States, Philadelphia 1888; Clements, Inland navigation in the united kingdoms, London 1890; Sympher, Der Verkehr auf den deutſchen Waſſerſtraßen, Berlin 1890; Sytenko, Aperçu général des voies navigables de la Russie, Petersburg 1890. — [3a] Graphiſche Tafeln zur Berechnung des Schiffswiderſtandes, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1887, S. 129; [3b] Schiffswiderſtand bei beſchränkter Waſſertiefe, ebend. S. 609. — [4] Widerſtand der Schleppzüge im begrenzten Fahrwaſſer, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1889, S. 559. — [5] Ueber die wahre Geſchwindigkeit der Schleppzüge, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1891, S. 276. *Hildebrandt.*

Flußſchnelle (Stromſchnelle), eine mit abnormalem Gefälle begabte Stromſtrecke, in der die Geſchwindigkeit des Waſſers hohe Werte annimmt und die Schiffahrt erſchwert oder unmöglich macht.

Flußſpaltung, ſ. v. w. Teilung des Fluſſes in zwei oder mehrere Arme.

Flußſpat, Fluorit, Fluß, Flußſtein, Mineral, natürliches Calciumfluorid $CaFl_2$ (48,72% *Fl*, 51,28% *Ca*), mitunter nach unterchloriger Säure riechend (Stinkfluß), kriſtalliſiert regulär, und zwar meiſtens in Würfel- und Oktaederform, ſonſt derb, ſtengelig und erdig.

Spaltbar nach dem Oktaeder vollkommen; ſpröde; farblos und durchſichtig, meiſt jedoch ſchön gefärbt, und zwar gelb, grün, violett, blau, rot u. ſ. w.; mitunter in der Wärme phosphoreszierend. Durch Glühen werden die meiſten Flußſpate farblos unter Gewichtsverluſt. Man nimmt an, daß die Färbung von Kohlenwaſſerſtoffverbindungen herrührt. Glasglänzend, in der Hitze phosphoreszierend. Härte 4, ſpez. Gew. 3,15—3,20. Schmelzbar in dünnen Splittern unter Rotfärbung der Flamme, leichter mit Schwerſpat und Gips zuſammen; manche dunkelviolette Flußſpate werden bei langſamem Erhitzen bis Rotglut heller. Durch konzentrierte Schwefelſäure wird Flußſpat zerſetzt und bei 40° C. Flußſäure frei. Salz- und Salpeterſäure löſen ihn auch auf, aber ſehr ſchwer. Vorkommen ſehr zahlreich und häufig ganze Gänge bildend. — Die Verwendung des Flußſpates iſt ziemlich mannigfaltig. In der Hauptſache dient er zur Herſtellung der Flußſäure, die zum Glasätzen, zu Email und Glaſuren verwendet wird, ferner zur Herſtellung von Fluorverbindungen. Als Zuſchlag zum Ausſchmelzen ſchwer flüſſiger kieſelſäurereicher Kupfer-, Silber- und Eiſenerze (Maſchinenguß auf Beſſemerwerken, Kunſtguß, Holzkohlenguß, Spiegeleiſen u. ſ. w.). Preiſe in kleinen Stücken bei 85—88% Gehalt an $CaFl_2$ 80 ℳ, in größeren Stücken mit 90—95% Gehalt an $CaFl_2$ 135—150 ℳ pro 10000 kg. — Auch als Schmuckſtein wird Flußſpat verwendet, und zwar unter den Namen, denen ſeine Färbung entſpricht: falſcher Smaragd, falſcher Amethyſt, falſcher Topas. Ringſteine und Knöpfe werden aus ihm hergeſtellt. Engliſche Vorkommen in Derbyſhire werden zu Kunſtgegenſtänden, Vaſen, Tellern, Taſſen, Leuchtern, Urnen, Bechern geſchliffen, gedreht und poliert. Das Drehen des Flußſpates unterliegt wegen der ſtarken Spaltung und Sprödigkeit großen Schwierigkeiten. Die Fabrikate haben hohen Preis, wenn ſie rein und klar ſind. Wegen ſeines geringen Lichtbrechungsvermögens und ſeiner geringen Farbenzerſtreuung wird der klare farbloſe Flußſpat in zuſammengeſetzte Linſenſyſteme (Objektive für Mikroſkope, ſogenannte Apochromate) eingefügt (Flußſpat von Meiringen). *Loppin.*

Flußſpatſäure, ſ. v. w. Flußſäure; ſ. Fluorwaſſerſtoff.

Flußſtein, ſ. v. w. Flußſpat (ſ. d.).

Flußtemperatur, die Waſſerwärme fließender Gewäſſer in verſchiedenen Perioden.

Die Temperatur der fließenden Gewäſſer iſt bisher viel weniger als die der ſtehenden ſtudiert worden. Aeltere, in ihrer Art ſehr verdienſtliche Arbeiten über erſteren Gegenſtand hat man von Dove [1] und Hertzer [2]; eine ſechsjährige Beobachtungsreihe des Bayreuther Arztes Blümröder über die Maintemperatur hat Carl [3] verarbeitet. Einen weſentlichen Fortſchritt in der Erkenntnis bahnte eine neuere Monographie von Forſter [4] an.

Die Flußwärme hat eine deutlich ausgeſprochene Jahresperiode, indem das Wärmemaximum in den Sommer, das Wärmeminimum in den Winter fällt. Ein direkter Parallelismus mit dem Jahresgange der Lufttemperatur findet jedoch nicht ſtatt, weil dieſer letzteren die Waſſertemperatur nicht unter 0° zu folgen vermag. Im einzelnen iſt bei einem Fluſſe zu unterſcheiden, ob er einer gewöhnlichen Quelle, einem See oder einem Gletſcher entſtammt und ob die Quelle im erſteren Falle hoch oben im Gebirge gelegen iſt oder bereits dem Flachlande angehört. Starker Zufluß von Gletſcherwaſſer übt, wie namentlich die an der Arve (bei Genf) gemachten Wahrnehmungen lehrten, noch auf ziemliche Entfernungen vom Urſprunge einen die Herabſetzung der Temperatur bedingenden Einfluß aus, wogegen nahe an der Austrittſtelle das Waſſer zumeiſt wärmer iſt, als man erwarten ſollte. Das aus einem See hervorgehende fließende Waſſer bringt in ſeinen oberen Schichten die Temperatur des Sees mit, und da auf dieſen die direkte Inſolation ſtark einwirkt, ſo pflegt der ausſtrömende Fluß wärmer als der einſtrömende zu ſein. Die eigentlichen Quellflüſſe werden in ihrem Wärmehaushalte durch den Umſtand beſtimmt, daß die ziemlich konſtante Temperatur der meiſten Quellen, ſofern es keine Thermen ſind, mit der mittleren jährlichen Temperatur der Luft des Quellgebietes annähernd übereinſtimmt. Flachlandflüſſe und kleinere Bäche endlich, die nur ein geringes Gefälle aufweiſen, ſind leichter als die

vorerwähnten Waſſerläufe zu durchwärmen, ſo daß ihre Temperatur diejenige der Atmoſphäre um 1° C. und darüber überſteigt.

Literatur: [1] Dove, Ueber die Wärme der Flüſſe, Zeitſchr. f. allgem. Erdkunde (2), Bd. 3, S. 522 ff. — [2] Hertzer, Ueber die Temperatur der Flüſſe, Wernigerode 1865. — [3] Carl, Ph., Die klimatiſchen Verhältniſſe der drei fränkiſchen Kreiſe, in „Bavaria" (Landes- und Volkskunde des Königreichs Bayern), Bd. 3, München 1865, S. 72 ff. — [4] Forſter, A. E., Die Temperatur fließender Gewäſſer Mitteleuropas, Wien 1894 (Pencks Geogr. Abhandl., Bd. 5, 4. Heft). *Günther.*

Flußverunreinigung. Die öffentlichen Waſſerläufe werden verunreinigt einerſeits zu Hochwaſſerzeiten durch die vom ablaufenden Regen- und Schneewaſſer mitgeriſſenen Schmutz- und Bodenteilchen, anderſeits durch die ihnen zugeführten Abfallſtoffe aus den Anſiedlungs- und Arbeitsſtätten des Menſchen. Hauptſächlich die Einleitung der letzteren führt zu Flußverunreinigungen, mit denen allgemeine Schädigungen verbunden ſind, weil ſolche Verunreinigungen jederzeit, alſo auch bei niederen Waſſerſtänden, ſtattfinden. Dieſe Schädigungen beſtehen in Mißſtänden wie Schlammablagerungen, widerlichen Ausdünſtungen infolge von Fäulnisvorgängen im Waſſer; in Beeinträchtigungen des Waſſergebrauchs für Trink-, Reinigungs- und Induſtriezwecke [14], [15]; in Nachteilen für die Fiſchzucht [24] und bei der Verwendung des Waſſers für die Landwirtſchaft; beſonders aber in der großen Gefahr, welche die Verwendung verunreinigten, Infektionsſtoffe enthaltenden Waſſers zu Genuß- und Waſchzwecken für die menſchliche Geſundheit in ſich birgt [6], [13].

Infektionsſtoffe können alle aus dem menſchlichen Haushalte herrührenden Abwäſſer ſowie die Abwäſſer aus Schlachthäuſern und auch derjenigen induſtriellen Betriebe enthalten, die menſchliche und tieriſche Abfälle verarbeiten. Giftige oder irgend welche andre, den Gebrauch des Waſſers beeinträchtigende und die Fiſchzucht ſchädigende Stoffe ſind vorwiegend in den Abwäſſern der induſtriellen Betriebe und der Fabriken enthalten [24], [36], [37], [38]. — Die Abfallſtoffe ſind entweder feſte Körper, wie Straßen- und Hauskehricht, oder flüſſige, wie die am meiſten in Betracht kommenden ſtädtiſchen Abwäſſer. Die Abwäſſer ſelbſt enthalten teils feſte, teils gelöſte Stoffe organiſcher und unorganiſcher Natur. — Die rein hygieniſchen Rückſichten ſowie die Forderung nach der unbeeinträchtigten Nutzbarkeit der Gewäſſer würden jede Verunreinigung der Flüſſe mit den obengenannten Stoffen unbedingt verbieten, wenn nicht alle verunreinigten Gewäſſer innerhalb gewiſſer Grenzen einer natürlichen Selbſtreinigung in bakteriologiſcher und chemiſcher Hinſicht unterliegen würden [1], [6], [16]. Verteilung und Verdünnung der Schmutzſtoffe, Umſetzung organiſcher und kompilzierter unorganiſcher Verbindungen in einfache unorganiſche Verbindungen unter Verbrauch eines Teiles des im Waſſer befindlichen Sauerſtoffs zu Oxydationszwecken, der Einfluß des Lichtes und der Temperatur, der Zutritt atmoſphäriſcher Luft, die Lebenstätigkeit von Bakterien ſowie pflanzlicher und tieriſcher Organismen und endlich die mechaniſche Arbeit des fließenden oder bewegten Waſſers ſind im allgemeinen die Faktoren, auf denen die Selbſtreinigung der Flüſſe und Gewäſſer beruht [4]—[7], [17], [21], [22]. — Vermöge der heute im Prinzip unbeſtrittenen Eigenſchaft der Selbſtreinigung der Flüſſe läßt ſich bei der Uebergabe von Schmutzſtoffen an letztere eine gemeinſchädliche Verunreinigung der öffentlichen Waſſerläufe vermeiden, wenn eine gewiſſe Verunreinigungsgrenze nicht überſchritten wird [1], [16]. Eine allgemein anerkannte Formel, ja ſelbſt allgemein gültige Grundſätze zur Beſtimmung des zuläſſigen Verunreinigungsgrades für einen Flußlauf exiſtieren nicht; dagegen haben teils die Geſetzgebung und die Verwaltungsbehörden in verſchiedenen Ländern Grenzzahlen und Normen aufgeſtellt, teils iſt von verſchiedenen Autoren verſucht worden, Regeln und Grundſätze hierfür zu ſchaffen [2], [3], [6], [8], [9], [18], [20].

In Preußen iſt in dieſer Hinſicht eine wichtige Miniſterialverfügung unterm 20. Februar 1901 ergangen [25], durch welche als Ziele, die bei den zur Reinhaltung der Gewäſſer zu ergreifenden Maßnahmen vornehmlich ins Auge zu faſſen ſind, folgende bezeichnet werden, gleichviel, ob es ſich um öffentliche oder Privatflüſſe, um ſtehende oder fließende, unterirdiſche oder oberirdiſche, geſchloſſene oder nicht geſchloſſene Gewäſſer handelt.

1. Vermeidung der Verbreitung anſteckender Krankheiten oder ſonſtiger geſundheitsſchädlicher Folgen, auch im Hinblick auf die ſchiffahrttreibende Bevölkerung;
2. Reinhaltung der für eine Gegend oder Ortſchaft zum Trinken, zum Haus- und Wirtſchaftsgebrauch oder zum Tränken des Viehes ſowie zum Betriebe der Landwirtſchaft oder zum Gewerbebetriebe erforderlichen Waſſers;
3. Schutz gegen erhebliche Beläſtigungen des Publikums;
4. Schutz des Fiſchbeſtandes.

Als Grundſätze für die Einleitung von Abwäſſern in Waſſerläufe und ſtehende Gewäſſer, ſoweit ſie hier in Betracht kommen, werden in der genannten Miniſterialverordnung angegeben:

1. Die Nutzung der Gewäſſer erfordert ihre tunlichſte Reinhaltung und gebietet im allgemeinen geſundheitlichen und wirtſchaftlichen Intereſſe, Schmutzwäſſer, wie ſolche beim Wirtſchafts- und Gewerbebetriebe, durch Abflüſſe von Abort- und von Jauchegruben, Dungſtätten u. dergl. erzeugt werden, nach Möglichkeit von den Vorflutern fernzuhalten oder wenigſtens da, wo die Benutzung der Vorfluter zur Ableitung geboten und eine ſchädigende Verunreinigung zu gewärtigen iſt, dieſelben nach dem jeweiligen Stande von Wiſſenſchaft und Technik beſtmöglich zu reinigen.

2. Verunreinigungen von Vorflutern geben zu äſthetiſchen, wirtſchaftlichen und hygieniſchen Mißſtänden Veranlaſſung. — Wäſſer, die trübe, gefärbt, mit Geruch behaftet und von ſchlechtem Geſchmack ſind, erregen äſthetiſche Bedenken; ſie können zugleich wirtſchaftliche Schädigungen verurſachen, wenn das Waſſer unterhalb für gewerbliche Zwecke, zur Bewäſſerung von Feldern und Wieſen, zur Viehzucht oder zu Fiſchereizwecken Verwendung findet. Sie führen auch zu hygieniſchen Unzuträglichkeiten, wenn Geruchsbeläſtigungen auftreten, wenn Unterlieger auf den Vorfluter zur Entnahme von Trinkwaſſer oder Waſſer für häusliche oder gewerbliche Zwecke angewieſen ſind, und wenn durch Ueberſchwemmung oder durch Vermittlung des Grundwaſſers der Eintritt des Vorflutwaſſers in Brunnen möglich iſt. — Enthalten die unreinen Wäſſer Anſteckungskeime, Gifte oder durch ihre chemiſchen Beſtandteile nachteilig wirkende Stoffe, ſo drohen beſtimmte Geſundheitsſchädigungen. Von Anſteckungskeimen kommen für den Menſchen namentlich die Erreger des Typhus, der Cholera und andrer Krankheiten des Darmkanals in Betracht, für Tiere diejenigen des Milzbrandes. Gifte und die obengenannten Stoffe wirken unter Umſtänden nicht nur auf die Geſundheit der Menſchen und Tiere (auch der Fiſche), ſondern auch auf den Pflanzenwuchs ſchädigend.

3. Bei der Beurteilung der Zuläſſigkeit oder Unzuläſſigkeit der Einführung von Abwäſſern in die Vorfluter ſind an erſter Stelle maßgebend die Menge und Beſchaffenheit der Abwäſſer einerſeits und die Waſſerführung und Beſchaffenheit des Vorfluters anderſeits. Allgemein gültige feſte Verhältniszahlen für die Mengen gibt es nicht und können der Entſcheidung nicht zugrunde gelegt werden. Die Entſcheidung muß unter Berückſichtigung aller Umſtände, insbeſondere der größten Abwaſſermenge und der geringſten Waſſermenge des Vorfluters, für den gegebenen Fall getroffen werden.

4. Ferner iſt zu beachten, daß der Vorfluter für die Aufnahme des Abwaſſers günſtige oder ungünſtige Verhältniſſe bieten kann. Günſtig ſind im allgemeinen große Waſſermengen, hohe Stromgeſchwindigkeit, kieſiges Bett, glatte, feſte Ufer und Zuflüſſe von Grundwaſſer oder andern reinen Wäſſern; ungünſtig dagegen geringe Waſſermenge, fehlende Waſſerbewegung, geringe oder wechſelnde Stromgeſchwindigkeit, Stauungen, ſchlammiges Bett, buchtenreiches Ufer, bereits vorhandene Verunreinigungen und unreine Zuflüſſe.

5. Unter günſtigen Bedingungen hat ein Gewäſſer die Fähigkeit, zugeführte Schmutzwäſſer in einer von Fall zu Fall wechſelnden Menge zu verdauen. Dieſe ſogenannte Selbſtreinigung tritt um ſo eher ein, je größer die Waſſermaſſe im Verhältnis zu den Schmutzwäſſern und die dadurch bewirkte Verdünnung der letzteren iſt, je reiner die Beſchaffenheit der Vorflutwäſſer iſt und je raſcher und gleichmäßiger ſich die Miſchung der letzteren mit dem Abwaſſer vollzieht. Deshalb iſt es weſentlich, daß die Schmutzwäſſer nicht am Ufer, und bei Waſſerläufen nicht in ſtilles, ſondern in ſtrömendes Waſſer eingeleitet werden. Wo dieſe Verhältniſſe nicht gegeben ſind, tritt eine Ablagerung der gröberen Beſtandteile an der Einleitungsſtelle ein und kann dort zu Verſchlammungen und zur Bildung von Fäulnisherden Veranlaſſung geben. Zur Verhütung ſolcher Zuſtände iſt öftere Räumung erforderlich. — Den biologiſchen Vorgängen kann bei der Selbſtreinigung für gewöhnlich nur eine unterſtützende, aber keine ausſchlaggebende Wirkung beigemeſſen werden. — Durch den Vorgang der Selbſtreinigung wird die Gefahr der Uebertragung von Krankheitserregern durch eingeleitete Abwäſſer zwar vermindert, aber nicht ſicher beſeitigt.

6. Sind die Vorausſetzungen einer ausreichenden Selbſtreinigung nicht gegeben, ſo iſt eine künſtliche Reinigung der Abwäſſer erforderlich. Die Art dieſer Reinigung (durch Bodenberieſelung, Klärung mit oder ohne Desinfektion u. ſ. w.) kann nur von Fall zu Fall unter eingehender Prüfung der Geſamtverhältniſſe beſtimmt werden. —

Bei **ſtädtiſchen Abwäſſern** darf angenommen werden, daß dieſelben, nach vorheriger Abſcheidung der gröberen Sink-, Schwimm- und Schwebeſtoffe, in einen Fluß oder Waſſerlauf dann ohne gemeinſchädliche Folgen eingeleitet werden können, wenn bei einer durchſchnittlichen Niederwaſſergeſchwindigkeit von 0,6 m in der Sekunde etwa 10 cbm tägliche Flußwaſſermenge auf einen Kopf der in Frage kommenden ſtädtiſchen Einwohner treffen. Bei größerer Geſchwindigkeit können ſelbſt noch 2—3 cbm Flußwaſſer für den Kopf täglich ausreichend ſein, während bei geringeren Geſchwindigkeiten eine entſprechend größere Zahl (bei 0,3 m Geſchwindigkeit etwa 15 cbm) verlangt werden muß. Dieſe Angaben entſprechen z. B. einem Mengenverhältnis des Abwaſſers zum Niederwaſſer des Waſſerlaufes im erſten Falle wie etwa 1 : 100 bis 1 : 60 (bei 100 l bis 150 l täglicher Abwaſſermenge auf den Kopf der Bevölkerung). Spitta [26] fand, daß eine 200fache Verdünnung recht günſtige Umſtände bietet und, die Sauerſtoffzehrung als Maß genommen, bei einem Fluß mit ſelbſt recht mäßiger Geſchwindigkeit als ganz unbedenklich anzuſehen iſt. Ein ſtagnierendes Kanalwaſſergemiſch von 1 : 15 ohne Pflanzenvegetation würde dagegen ſchon nahezu in 24 Stunden auf einem minimalen Sauerſtoffgehalt angelangt ſein. Wenn das Waſſer von Flußläufen jedoch zu Trink-, Waſſerverſorgungs- und Badezwecken dient, muß die erſtgenannte Zahl noch ganz weſentlich größer gefordert werden, ohne daß ſelbſt dann unter allen Umſtänden jede Infektionsgefahr durch das mit ſtädtiſchem Abwaſſer verunreinigte Flußwaſſer als ausgeſchloſſen erachtet werden darf [6], [11], [13], [49]. — Die Entſcheidung über die Frage des zuläſſigen Grades der Verunreinigung eines Fluſſes durch ſtädtiſche Abwäſſer kann zweckmäßig nur von Fall zu Fall, auf Grund einer eingehenden hygieniſchen, chemiſchen und techniſchen örtlichen Unterſuchung durch berufene Sachverſtändige erfolgen [4], [10], [19]. Es iſt in dieſer Hinſicht u. a. hinzuweiſen auf die Gutachten des Reichsgeſundheitsrates betreffend die Einleitung der Mainzer und Mannheimer Kanalwäſſer in den Rhein und der Dresdner Kanalwäſſer in die Elbe [27]—[29], ferner [26], [30]—[35], [46]—[48].

Bei **Fabrikabwäſſern** (vgl. a. S. 131) kann betreffs der Zuläſſigkeit ihrer unmittelbaren Einleitung eine allgemein gültige Regel gleichfalls nicht ausgeſprochen werden [8], [12]. Dieſelben ſollten im Flußwaſſer wenigſtens eine ſo große Verdünnung erfahren, um keine den menſchlichen

Sinnen wahrnehmbaren, wesentlichen Aenderungen herbeizuführen. Die Fabrikabwässer sind je nach dem Betriebe, dem sie entstammen, so verschiedenartig und wechseln in ihrer Zusammensetzung so sehr, daß auch hier nur eine sachverständige Untersuchung einen Schluß auf den Grad der durch sie verursachten Flußverunreinigung gestattet [8], [12]. Die Aufstellung absoluter Grenzzahlen für den zulässigen Gehalt an organischen und unorganischen Stoffen in den Fabrikabwässern für den Fall der unmittelbaren Einleitung in die Flüsse, wie dies u. a. die englische Gesetzgebung tut [8], [18], [20], empfiehlt sich nicht für alle Verhältnisse, weil hierbei der große Einfluß von Wassermenge und Stromgeschwindigkeit auf die Aufnahmefähigkeit der Flußläufe nicht zur Berücksichtigung gelangt (vgl. a. [39]—[43]).

Der Uebergabe fester Abfälle sowohl städtischen als industriellen Ursprungs an die Flüsse stehen immer die ernstesten Bedenken gegenüber. Das Einwerfen derartiger fester Stoffe ist deshalb auch allerorts polizeilich verboten [25], [44].

Die technischen Aufgaben, die bei der Einleitung aller Abwässer in die Flußläufe behufs möglichster Reinhaltung der letzteren immer gelöst werden sollten, bestehen darin, grundsätzlich stets die gröberen Sink-, Schwimm- und Schwebestoffe durch Sandfang- und Schlammgrubenanlagen bezw. durch Gitter und Siebe aus dem Abwasser zu entfernen, ehe dasselbe den Flüssen übergeben wird [1], [2], [6] (s. Kläranlagen). Bei geringen Stromgeschwindigkeiten sind auch feinere suspendierte Stoffe durch Ablagerungsbecken (s. Ablagerung, Ablagerungsbassin, Absätze, Bd. 1, S. 18 und 27) zurückzuhalten, um das Entstehen von Schlammbänken im Flußlaufe zu verhindern. Das betreffende Flußbett ist ordnungsmäßig so weit zu regulieren, daß stagnierendes Wasser und wesentliche Geschwindigkeitsverminderungen ausgeschlossen sind. Die Stauanlagen unterhalb der Einmündungsstelle sind auf ausreichend lange Strecken hin zu beseitigen [6]. Das Abwasser ist entfernt vom Ufer durch unterirdische Leitung in die stärkere Strömung des Flusses so einzuführen, daß eine rasche und gründliche Vermischung mit dem Flußwasser stattfindet [2]. Die Ausmündungsstelle ist unterhalb der Ortschaften zu wählen, ferner unterhalb Untiefen und Stauwerken und derart, daß durch die Strömung die Abwässer nicht bald wieder nach den bewohnten Ufern hingetrieben werden können. — In allen Fällen, in denen, sei es auf Grund voraufgegangener maßgebender Gutachten, sei es durch tatsächlich eingetretene Uebelstände, festgestellt ist, daß eine unstatthafte Flußverunreinigung in Frage steht, hat eine besondere Vorbehandlung, Neutralisation, Reinigung, Desinfektion der Fabrik- und der städtischen Abwässer (s. a. S. 131 und Berieselung mit städtischem Kanalwasser, Kläranlagen) vor deren Uebergabe an die Wasserläufe stattzufinden [5], [6], [13], [15]. Hierbei, besonders bei den Kläranlagen, sind die Anforderungen an den Grad der Reinigung ebensowohl unter Rücksichtnahme auf die Verhältnisse des aufnehmenden Wasserlaufes zu beurteilen, als dies bei Entscheidungen über die Frage des unmittelbaren Einleitens in die Flußläufe geschehen muß. Für die Einleitung der gereinigten Abwässer in die Flüsse empfiehlt sich die Beobachtung der gleichen technischen Grundsätze wie bei ungereinigten Abwässern. — In Preußen ist durch die 1901 erfolgte Begründung einer Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung zu Berlin eine wissenschaftlich-praktische Zentralstelle auch für die Fragen der Flußverunreinigung geschaffen worden, die bereits vielfach anregend und erfolgreich gewirkt hat. — Vgl. Einschlägiges in den fortlaufend erscheinenden „Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung zu Berlin", herausgegeben von A. Schmidtmann und Karl Günther, Berlin seit 1902, [45], [46] [47].

Literatur: [1] Ambrosius, Die Aufgaben der Flußreinhaltung, Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspfl. 1896. — [2] Baumeister, Städt. Straßenwesen und Städtereinigung, Berlin 1890, S. 309 u. ff. — [3] Derf., Vergleich der Verunreinigungsgrade von Flüssen, Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspfl. 1892. — [4] Blasius und Beckurts, Verunreinigung und Reinigung der Flüsse, ebend. 1895. — [5] Blasius und Büsing, Die Städtereinigung, Handbuch der Hygiene von Weyl, Jena 1894, S. 34 u. ff. — [6] Behring, Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten, Hygienischer Teil von Brix, Pfuhl und Nocht, Leipzig 1894, S. 366 u. ff. — [7] Bockorny, Ueber die Beteiligung der chlorophyllhaltigen Pflanzen an der Selbstreinigung der Flüsse, Archiv für Hygiene, Bd. 20, S. 181. — [8] Fischer, Das Wasser, 3. Aufl., Berlin 1903. — [9] Fleck, Ueber Flußverunreinigung, Dresden 1884. — [10] Fränkel, Die Einleitung der Abwässer Marburgs in die Lahn, 1892. — [11] Frank, Bemerkungen zur Frage der Flußverunreinigung, Hygien. Rundschau, Berlin 1893. — [12] Juritsch, Die Verunreinigung der Gewässer, Berlin 1890. — [13] Koch, Verunreinigung der Gewässer, Mitteilungen des Kais. Gesundheitsamtes, Bd. 1, Berlin. — [14] König, Die Verunreinigung der Gewässer, Berlin 1887. — [15] Pettenkofer, Vorträge über Kanalisation und Abfuhr, München 1876. — [16] Derf., Ueber Selbstreinigung der Flüsse, Deutsche med. Wochenschr. 1891, Nr. 47. — [17] Proccacini, Sonnenlicht als Faktor der Selbstreinigung, Schweiz. Blätter für Gesundheitspfl. 1894, Nr. 24. — [18] Reich, Berichte der englischen und der Pariser Kommission, Anhang 1—3, Zur Reinigung und Entwässerung Berlins 1871—76; auch Deutsche Vierteljahrsschr. für öffentl. Gesundheitspflege, Bd. 3 und 4. — [19] Sammlung von Gutachten über Flußverunreinigung, Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamt, Bd. 5, 1889. — [20] Spindler, Unschädlichmachung der Abwässer, Stuttgart 1886. — [21] Stutzer, Knoblauch und Schenk, Untersuchung der Bakterien des Rheinwassers u. s. w. und die Bedeutung der Rheinvegetation für die Selbstreinigung, Festschr. des Niederrhein. Vereins für öffentl. Gesundheitspfl., Bonn 1893, S. 95—154. — [22] Uffelmann, Selbstreinigung der Flüsse und Flußverunreinigung, 10. Jahresbericht über Fortschritte und Leistungen auf dem Gebiete der Hygiene, S. 144. — [23] Verein für öffentl. Gesundheitspfl., Eingabe an den Reichskanzler, betr. Untersuchungen über die Selbstreinigung der Flüsse, Deutsche Vierteljahrsschr. für öffentl. Gesundheitspfl. 1892, Bd. 24. — [24] Weigelt, Die Schädigung der Fischerei durch Haus- und Fabrikabwasser, Neudamm 1892. — [25] Zeitschr. „Gesundheit", Leipzig 1901, Nr. 8. — [26] Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse, Archiv für

Hygiene 1900. — [27] Arbeiten aus dem Kaif. Gefundheitsamte, Berlin 1903, Bd. 20, Heft 2, Sammlung von Gutachten über Flußverunreinigung, XVI. Gutachten des Reichsgefundheitsrates über die Einleitung des Mainzer Kanalwaffers einfchließlich der Fäkalien in den Rhein. — [28] Ebend., Bd. 20, Heft 2, 1903, XVII. Gutachten des Reichsgefundheitsrates über die Einleitung der Mannheimer Kanalwäffer in den Rhein. — [29] Ebend., Bd. 19, Heft 3, 1903, XIV. Gutachten des Reichsgefundheitsrates über die Einleitung der Abwäffer Dresdens in die Elbe. — [30] Dibdin, F., und Thudichum, W., Ueber den Sauerftoffgehalt als Maßftab für den Reinheitsgrad von Abwäffern, bezw. für den zuläffigen Verunreinigungsgrad eines Gewäffers, Journ. Soc. Chem. Ind. 1900, Ref. Gefundheit 1900, Journ. f. Gasbeleucht. und Waffervorgg. 1900. — [31] Frank, G., Das Waffer der Spree u. f. w., Zeitfchr. für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. 32, 1899. — [32] Brandenburg, G., Ueber die Verunreinigung des Mofelfluffes durch die Stadt Trier, Hygien. Rundfchau 1898, Nr. 12. — [33] Brix, J., Wie find Schiffahrtskanäle vor mißftändiger Verunreinigung zu fchützen? Leipzig 1902. — [34] Gärtner, A., und Schümann, Die hygienifche Ueberwachung der Waffer läufe; Bericht des Ausfchuffes über die 27. Verfammlung des Deutfchen Vereins für öffentl. Gefundheitspfl. zu München, Deutfche Vierteljahrsfchr. für öffentl. Gefundheitspfl., Bd. 35, 1903. — [35] Pfeifer, A., Jahresbericht über die Fortfchritte und Leiftungen auf dem Gebiete der Hygiene, Kap. Abwäfferbeseitigung und Flußverunreinigung, insbefondere Jahrg. 1898—1905. — [36] Weigelt, Vorfchriften für die Entnahme und Unterfuchung von Abwaffern und Fifchwaffern, nebft Beiträgen zur Beurteilung unferer natürlichen Fifchgewäffer, Berlin 1900. — [37] Hofer, Allgem. Fifchereiztg. 1901, Nr. 20. — [38] Kupzig, J., Notwendiger Sauerftoffgehalt des Waffers für die Fifche, Gef.-Ing. 1902, S. 169. — [39] Rubner, Die hygien. Beurteilung der anorganifchen Beftandteile des Trink- und Nutzwaffers, Vierteljahrsfchr. für gerichtl. Medizin und öffentl. Sanitätswefen 1902, 3. F., Bd. 24, Suppl. 2. — [40] Kraut, K., Cum grano salis, betr. Ableitung der Kaliabwäffer, Berlin 1902. — [41] Berger, Folgen der Einleitung der Kaliabwäffer in die Flüffe, Zeitfchr. für Hygiene und Infektionskr., Bd. 41, S. 271. — [42] Weigelt, Das Säurebindungsvermögen größerer deutfcher Flüffe, Chem. Induftrie 1902, Nr. 20. — [43] Derf., Zum Schutz unferer Gewäffer vor fauren induftriellen Abwäffern, Zeitfchr. für Gewäfferkunde 1904, S. 385. — [44] Born, A., Das Waffer polizeirecht, Berlin 1905. — [45] Kolkwitz und Marffon, Grundfätze für die biolog. Beurteilung des Waffers nach feiner Flora und Fauna, Mitteil. aus der Königl. Prüfungsanftalt 1902, Heft 1. — [46] Kolkwitz, Beiträge zur biologifchen Waffer beurteilung, ebend. 1903, Heft 2; ferner Geuffen und Look, Beitrag zur mechanifchen Reinigung von Kanalwaffer. — [47] Gutachten über die Fäkalienabfchwemmung der Stadt Hanau in den Main, ebend. 1905, Heft 5. — Ferner ift zu verweifen auf [48] Petrufchky, J., Gutachten über die Zweckmäßigkeit der rein mechanifchen Klärung der Thorner Abwäffer vor dem Einleiten in die Weichfel, „Gefundheit" 1900. — [49] Derf. und Pufch, H., betr. Aufftellung einer Flußverunreinigungsfkala durch den Colititer, Zeitfchr. für Hygiene und Infektionskr., Bd. 43, S. 304. — [50] Keller, Die Vorflutregelung und Abwäffereinigung, Zentralbl. der Bauverwaltung 1904, S. 127. — [51] Bonne, Die Sanierung der Unterelbe, Leipzig 1899. — [52] Salomon, H., Die ftädtifche Abwäfferbeseitigung in Deutfchland, Bd. 1, Maas-, Rhein- und Donaugebiet; Bd. 2, Emsgebiet mit vorgelagerten Inseln, Jena 1906. *J. Brix.*

Bei **Fabrikabwäffern** wird die Flußverunreinigung durch befondere Reinigungsverfahren verhindert, von denen die folgenden angegeben werden mögen:

Woll- und Seidenbleichen, die vorzugsweife mit Soda und Seife arbeiten, haben einen weit geringeren Drogenverbrauch als die Leinen- und Baumwollbleichen mit ihrem Maffenkonfum von Alkalien, Alkalikarbonaten, Kalk, Chorkalk, Schwefel- oder Salzfäure. Wo aber eine Woll- oder Seidenbleiche in größtem Maßftabe betrieben wird, da tritt an die Stelle der Abwafferreinigung die lohnendere Verarbeitung der Seifenwäffer auf ihren Fettfäuregehalt.

Anders liegt der Fall bei den Leinen- und Baumwollbleichen, wo auch kleinere Betriebe jeden Tag eine größere Menge einer ftark alkalifchen, dunkel gefärbten Bleichflüffigkeit, abwechfelnd mit fauren oder chlorhaltigen Wäffern, in den Ablaufkanal fließen laffen. Die alkalifche und faure Natur diefer Abwäffer verbietet das für Leinen- und Baumwollbleichen wiederholt, aber vergeblich vorgefchlagene Berieferungsverfahren im vorhinein, weil binnen kurzem der Graswuchs zerftört wäre, fo daß der Boden nur noch als Filter wirken würde und bald eine Verjauchung des Bodens, alfo auch des Grundwaffers eintreten müßte. Es kann fomit nur die chemifche Reinigung in Sammelbehältern in Frage kommen, um das Abwaffer wenigftens fo weit zu reinigen, daß die Anrainer und benachbarten Fabriken keinen Anlaß zu Befchwerden haben. Das Moskauer Preisausfchreiben für die Reinigung der Abfallwäffer von Färbereien, Druckereien und Bleichereien vom Jahre 1893/94 ftellt die Bedingung auf, daß der Gehalt des gereinigten Waffers an verfchiedenen Subftanzen folgende Grenzen pro Liter nicht überfchreiten darf: organifcher Stickftoff 4½ mg, organifcher Kohlenftoff 40 mg, fuspendierte trockene Mineralfubftanzen 30 mg, fuspendierte trockene organifche Subftanzen 5 mg, metallifche Subftanzen (exkl. Calcium, Magnefium, Kalium, Natrium) 20 mg, Arfen (gelöft und fuspendiert) ½ mg, wirkfames Chlor 10 mg, Schwefel als H_2S 1 mg oder Schwefel als lösliches Metallfulfid 5 mg, endlich von freier Säure oder Aetzlauge fo viel, als 20 mg Salzfäure oder Aetznatron entfpricht. Schließlich wird verlangt, daß das gereinigte Abflußwaffer keinen befonderen Geruch hat; auch darf es bei auffallendem Licht, in einer 30 mm dicken Schicht, auf einer weißen Unterlage keine irgendwie ausgefprochene Farbe zeigen und foll auf der Oberfläche des gereinigten Abwaffers kein von öligen Subftanzen herrührendes Häutchen fchwimmen. — Der chemifche Teil der Reinigung läßt fich erft erledigen, wenn man über die richtige Anlage und Bemeffung des oder der Sammelbehälter nebft den entfprechenden Zu- und Ablaufkanälen für das Abfallwaffer einen Entfchluß gefaßt hat. Meift wird von den Fabrikanten die Bedingung geftellt, daß die Anlage keine Kraft für Pumpen und Rührapparate und keine umftändliche Bedienung beanfpruchen folle. Diefer Bedingung ift vorzugsweife Rechnung getragen in dem öfterreichifchen Patent Nr. 14643 und 39554 von Ingenieur Franz Thyll in Wien. Verfaffer hatte Gelegenheit, diefe

Anlage in mehreren Etabliſſements in Betrieb zu ſehen und an Ort und Stelle günſtige Urteile über ihre Leiſtungsfähigkeit zu hören. Bei der Thyliſchen Anlage befinden ſich die Chemikalien für die Reinigung in Löſung vorrätig in Fäſſern, die, in angemeſſener Entfernung voneinander, über oder neben dem zum Sammelbehälter führenden Ablaufkanal aufgeſtellt ſind. Während das Abwaſſer durch den Ablaufkanal dem Sammelbehälter zuſtrömt, öffnet man die Hähne der Fäſſer und läßt nach Bedarf die Löſungen der Chemikalien in den Kanal hinunterfließen, wo ſie ſich mit dem Abwaſſer vermiſchen. Eine Anzahl gezackter und durchlöcherter Schützen im Kanal (ſogenannte Artiſchocken) ſorgen, wenn genügendes Gefäll vorhanden iſt, für die innige Miſchung der Chemikalien und des Schmutzwaſſers ſchon im Kanal. Der Sammelbehälter beſteht aus drei gemauerten Abteilungen, deren Scheidewände durch ſenkrechte, von einer Breitſeite des Behälters zur andern reichende Koksfilter gebildet werden. Die Hauptmaſſe der unlöslichen Beſtandteile des Schmutzwaſſers und der von den Chemikalien erzeugten Niederſchläge ſetzt ſich in der erſten Abteilung ab. Der Weg der Strömung von hier bis in die zweite Abteilung führt von unten nach oben durch das erſte mit Koks gefüllte Holzlattenfilter. Hier ſetzt die Flüſſigkeit einen weiteren Teil ihrer Niederſchläge ab und gelangt auf dieſelbe Weiſe in die dritte Abteilung, an deren Ende ſich wieder ein ſenkrechtes Koks-, Holzkohlen- oder Holzwolliefilter befindet. Das gereinigte und geklärte Abwaſſer verläßt den Sammelbehälter durch Filter kontinuierlich in einem breiten, dünnen Strahl, womöglich einen kleinen Waſſerfall vom Ablaufkanal des Klärbaſſins bis zum Bach oder Fluß bildend. Die Sohle des waſſerdicht hergeſtellten Reſervoirs hat in jeder Abteilung eine Neigung gegen eine Seite und einen beſtimmten Punkt hin, wo der Satz ſich ſammelt und durch Abzugsventile ſowie eine Rohrleitung in eine tiefer angelegte Schlammgrube abgelaſſen werden kann. Jede der drei Abteilungen iſt wieder durch eine Bretterwand in zwei ungleiche Abteile geſchieden, damit die zuſtrömende Flüſſigkeit nur in dem kleineren vorderen Abteil eine lebhaftere Bewegung veranlaſſen kann; in dem zweiten hinteren Abteil befindet ſich die Flüſſigkeit in ihre Klärung begünſtigender langſamer, in horizontaler Richtung fortſchreitender Bewegung. — In rationell arbeitenden Leinen- oder Baumwollbleichen gelangen Chlorkalk- oder Säureflüſſigkeit nur beim Waſchen der gechlorten oder geſäuerten Ware in den Ablaufkanal. Es genügt, das erſte Waſchwaſſer in den Sammelbehälter laufen zu laſſen; das zweite, dritte u. ſ. w. Waſchwaſſer kann direkt dem Bache oder Fluſſe zugeführt werden. Die Bäuchflüſſigkeit kann Kalk, Natron, Soda, Harzſeife enthalten, iſt dunkelbraun gefärbt und wird, wenn es ſich um Kalkabkochungen handelt, mit Schwefelſäure, andernfalls mit Salzſäure neutraliſiert. Das ſalz- oder ſchwefelſaure Abwaſſer, dem immer freies Chlor beigemengt iſt, wird mit Kalkmilch abgeſtumpft. In Oeſterreich genügt den Gewerbebehörden die Neutraliſation mit überſchüſſigem Kalk zugleich für das Unſchädlichmachen des freien Chlors. Will man beſonders ſkrupulös ſein, ſo kann man das ſaure, chlorhaltige Abwaſſer mit Eiſenvitriollöſung vermiſchen, bevor man die Kalklöſung zufließen läßt. Die Flüſſigkeit im Sammelbehälter darf und muß ſchließlich einen ſchwachen Ueberſchuß von Kalkhydrat haben, um ſicher zu ſein, daß die gefärbten Pektinkörper, die Fettſäure des Baumwollöls und die Harzſäuren an Kalk gebunden und unlöslich gemacht worden ſind. Die Kalkniederſchläge ziehen zugleich die vom Bleichgut abgearbeiteten Gewebsfaſern mit ſich zu Boden. Der ſchwache Ueberſchuß von Aetzkalk abſorbiert auf dem Weg vom Sammelbehälter zum Fluß ſowie in dieſem ſelbſt Kohlenſäure und verwandelt ſich raſch in Calciumkarbonat.

Für Appreturanſtalten kommt die Reinigung auf biologiſchem Wege, z. B. nach dem Dibdin-Schwederſchen Verfahren [1], in Frage und iſt dort auch ſchon mit Erfolg angewendet worden. Das Weſen dieſes Reinigungsverfahrens beſteht darin, daß das zu reinigende Abwaſſer zunächſt eine längere Zeit der Fäulnis überlaſſen, dann gelüftet und in Kieskoksfiltern der Oxydation durch Bakterien unterworfen wird.

Komplizierter wird die Frage in den Färbereien, gleichviel ob Schafwoll-, Baumwoll- oder Seidenfärberei in Betracht kommen. Ein Färbereiabwaſſer kann enthalten: Blau-, Gelb-, Rotholz u. ſ. w., dann Sumach, Tannin, Katechu, Holzteile, Leim, Curcuma, Cochenille, ſaure und baſiſche Anilin-, Azo-, Alizarinfarbſtoffe u. ſ. w., ferner Schwefel-, Salz-, Oxal-, Eſſig-, Weinſäure, Weinſteinerſatz, Seife, Kalk-, Natron- und Ammoniakverbindungen, Tonerde-, Eiſen-, Kupfer-, Antimon- und Chromſalze, Silikate, Phosphate u. ſ. w. Manche dieſer Subſtanzen finden ſich im Abwaſſer zu unlöslichen Verbindungen, Salzen, Farblacken, Tannaten zuſammen, aber damit ſie unlöslich bleiben, muß das Schmutzwaſſer mit Aetzkalk ſchwach alkaliſch gemacht werden. Der Kalk ſchlägt zugleich die freien Gerbſtoffe, manche Farbſtoffe und die Fettſäuren der Seife nieder, neutraliſiert alles, fällt zum Teil die Säuren und ſcheidet die unlöslichen Baſen aus den Metallſalzen aus.

Den Nutzen einer auf gegenſeitiges Unlöslich- und Unſchädlichmachen der Inhaltsſtoffe von Färbereiabwäſſern baſierenden Anlage, unter Mitwirkung billiger, den gelöſt bleibenden Reſt in gleicher oder ähnlicher Form unlöslich abſcheidender Chemikalien, lehrt der große Erfolg, welchen die Spindlerſche Färberei und Waſchanſtalt in Köpenick bei Berlin erzielt hat. Dort werden die aus den Färbereien, Bleichereien, Wäſchereien, Appreturanſtalten und Aborten kommenden Abwäſſer — der größte Teil der Seifenwäſſer wird zunächſt zur Wiedergewinnung der Fettſäuren zerſetzt — in einer täglichen Menge von 10000 cbm in zwei gemauerten großen Baſſins geſammelt. Aus den mit Schlammfängern verſehenen Sammelbaſſins werden die ſchwarzen Abwäſſer durch Zentrifugalpumpen in Miſchbehälter geſchafft, in denen ſie mit einer geregelt zufließenden Kalk- und Chlormagneſiumlöſung vereinigt werden, deren Menge von dem kontrollierenden Arbeiter durch einen einfachen Verſuch feſtgeſtellt wird. Die Miſchbehälter werden umſchichtig benutzt. Aus ihnen fließt nunmehr das entfärbte, die Verunreinigungen in feinflockiger Suspenſion von bräunlichgrauer Farbe enthaltende Waſſer in langem offenen Lauf durch einen Graben zu einem der drei Klärbaſſins von je 4000 qm Grundfläche. Nach erfolgter Klärung iſt das Waſſer farb- und geruchlos und enthält in der Hauptſache

lösliche Kalkverbindungen und eine nur geringe Menge organiſcher Subſtanzen. Es dient zur Berieſelung von Obſtplantagen oder fließt durch ein Kiesfilter in die Spree. Der feſte Rückſtand der umſchichtig benutzten Klärbaſſins trocknet nach Ablaſſen des Waſſers an der Luft zu dunkelbraunen riſſigen Kruſten, welche herausgeſchaufelt und fortgefahren werden.

Um die Schmutzwäſſer der Färbereien für alle Fälle zu entfärben, verſetzt ſie Kielmeyer mit dem klaren Teil einer Miſchung der Löſungen von ſchwefelſaurer Tonerde und Chorkalk (50 l Chorkalklöſung 7° Bé und 7 kg ſchwefelſaure Tonerde, gelöſt in 200 l Waſſer) [2]. Kommt dieſe ſaure Chorflüſſigkeit vor dem Vermiſchen des Schmutzwaſſers mit Kalk zur Anwendung, ſo läßt ſie ſofort und bleibend die vom Blauholz u. ſ. w., von Anilinfarbſtoffen, vom Kongorot u. ſ. w. herrührende Färbung des Abwaſſers verſchwinden. Zugleich bringt ſie eine größere Menge Tonerde in das Waſſer, vervollſtändigt dadurch die Fällung von Farb- und Gerbſtoffen, vermehrt den Niederſchlag und beſchleunigt die Klärung. Nach dieſem ſauren Chlor folgt dann der Zuſatz von Kalk, oder, wenn man will, kann man auch zwiſchen beiden Zuſätzen eine Antichlor- oder Eiſenvitriollöſung dem Schmutzwaſſer zufließen laſſen, um das etwa überſchüſſige Chlor ſicher unſchädlich zu machen. Dieſes Verfahren iſt in mehreren öſterreichiſchen Färbereien mit Erfolg eingeführt worden [1]. — In den Wollfärbereien von Roubaix und Tourcoing werden die Kiesabbrände, die A. & P. Buiſſine durch Erhitzen mit Schwefelſäure löslich machen, zur Reinigung der Abfallwäſſer verwendet. Aus dem Ferriſulfat wird bei Gegenwart von freien Alkalien oder Erdalkalien Eiſenoxyd in unlöslicher Form ausgeſchieden, das die ſuspendierten Fett- und Eiweißſtoffe, Farb- und Riechſtoffe mit ſich niederzieht, raſch ſich abſetzt und die etwa vorhandenen löslichen Sulfide in unlösliches Eiſenſulfid umſetzt [3]. — Jean de Mollins reinigt in der Kammgarnfabrik von Iſaak Holden & Frères in Croix bei Roubaix das von der Zerlegung des Seifenwaſſers herrührende fett- und mineralſaure Abwaſſer durch Zuſatz von fein in Waſſer ſuspendierter blauer Walkerde oder von gewöhnlichem Ton. Wird 1 l des milchigen Abwaſſers 1 g Ton von 15—20% Waſſergehalt zugefügt, ſo ſammeln ſich am Boden des Gefäßes reichliche Flocken, die überſtehende Flüſſigkeit wird kriſtallhell und goldgelb. Der entſtandene Niederſchlag enthält nach dem Trocknen außer 30% Fettſubſtanz und andrer organiſcher Subſtanz auch 1,19% leicht faulende Stickſtoffſubſtanz. Selbſtverſtändlich kann das Verfahren auch in jeder Färberei Anwendung finden, die dem Fluß ein ſeifenhaltiges Abwaſſer zuſchickt. Nur muß dieſes mit etwas Salz- oder Schwefelſäure verſetzt werden, damit der Ton den Fettſtoff aufnimmt und als flockiger Niederſchlag zu Boden ſinkt; denn einem nicht angeſäuerten Seifenwaſſer entzieht der Ton keinen Fettſtoff [4]. — Ueber die Abwaſſerreinigung in den übrigen Induſtrien vgl. die Artikel über die einzelnen Induſtrien (Papierfabrikation u. ſ. w.), über die Reinigung der Abwäſſer aus den Kanälen der Städte den Art. Abwaſſer ſowie [5].

Literatur: [1] Zeitſchr. f. Unterſuchung d. Nahr.- u. Genußmittel 1898, I, S. 171. — [2] Kielmeyer, Leipziger Monatsſchr. für Textilinduſtrie 1891, S. 351. — [3] Compt. rend., 115, S. 51 u. 661. — [4] Bull. de la Soc. industr. du Nord de la France 1890, Nr. 68, S. 387. — [5] König, Die Verunreinigung der Gewäſſer, Berlin 1899. *R. Möhlau.*

Flut, ſ. Ebbe und Flut.

Flutbrücken ſind bei größeren Flußüberbrückungen für den Durchlaß der Hochwaſſer des Fluſſes beſtimmt und kommen dann als ſelbſtändige von der Hauptbrücke getrennte Brücken zur Ausführung, wenn bei Hochwaſſer eine Teilung des Stromſtriches in Seitenarme des Fluſſes oder in Vertiefungen der Talſohle ſtattfindet und die Abflußverhältniſſe des Waſſerlaufes womöglich unverändert gelaſſen werden ſollen.

Mit Rückſicht auf die Eisgefahr wäre es im allgemeinen wohl zweckmäßiger, die Flutöffnungen im Anſchluſſe an die Hauptöffnungen der Brücke anzuordnen; doch ſetzt dies ein Flußbett mit deutlich geſchiedenem Mittel- und Hochwaſſerprofil voraus, da ſonſt eine Trennung der Brücke in Haupt- und Flutöffnungen nicht begründet iſt. Dieſe Trennung kennzeichnet ſich durch die verſchiedene Größe der Spannweite, die bei den Flutöffnungen und in der Regel auch bei den getrennten Flutbrücken wegen der geringeren Waſſertiefe und Pfeilerhöhe und der leichteren Pfeilergründung kleiner gewählt werden kann als bei der Haupt- oder Strombrücke, bei der übrigens meiſt auch Schiffahrtsanforderungen für die Wahl größerer Oeffnungsweiten maßgebend ſind. Hat man die Geſamtlichtweite der Hauptbrücke feſtgeſtellt, ſo berechnet man unter Annahme eines zuläſſig erſcheinenden Aufſtaues die durch die Hauptöffnungen abſtrömende Waſſermenge und kann dann — bei bekanntem Hochwaſſer — jene Waſſermenge angeben, die durch die Flutöffnungen abzuführen iſt. Unter Berückſichtigung der Waſſertiefe daſelbſt läßt ſich daraus das erforderliche Durchflußprofil (ſ. d.) und die Geſamtlichtweite der Flutöffnungen ermitteln. *Melan.*

Flutdeich, ſ. Ebbedeich.

Fluter, ſ. Stauanlagen und Waſſerloſung.

Flutkanal, ſ. Entwäſſerung des Bodens, Bd. 3, S. 466 und Kanaliſation der Städte und Ortſchaften.

Flutkurve, ſ. Flutwelle.

Flutmaſchinen, alle maſchinellen Vorrichtungen, die ihre Triebkraft der Gezeitenbewegung verdanken.

Weitaus die älteſten und bekannteſten dieſer Vorrichtungen, über welche unlängſt mehrere zuſammenhängende Skizzen veröffentlicht worden ſind [1], ſind die Flutmühlen. Solche

ſollen von den Holländern bereits 1636 bei Brooklyn nächſt der damals niederländiſchen Kolonialhauptſtadt New York angelegt worden ſein; ſie hatten Tore, die ſich bei Eintritt der Ebbe automatiſch ſchloſſen, ſo daß alſo das von der Flut ins Reſervoir getriebene Waſſer nicht zurückſtrömen konnte. Die Behauptung, ſchon im 11. Jahrhundert habe es derartige Mühlen bei Venedig gegeben, iſt ſchon um deswillen wenig glaubwürdig, weil zu ſolcher Leiſtung die Gezeiten des Adriatiſchen Meeres ſchwerlich je die notwendige Energie beſeſſen haben dürften. Hier alſo wirkte der Ebbeſtrom regulierend ein; den Rat, direkt den Flutſtrom auszunutzen, erteilte der bekannte Waſſerbaumeiſter Belidor [2]. Ohne hiervon zu wiſſen, ſoll ſchon viel früher, im Jahre 1713, Perſe eine Flutmühle in Dünkirchen erbaut haben. Auch Flüſſe, die ſich in das Meer ergießen, ſuchte man in ſolchem Sinne nutzbar zu machen. Zu einem andern Zweck, nämlich zu dem der Entwäſſerung, hat man ebenfalls die Gezeiten zu verwerten ſich beſtrebt [3]; Heß errichtete 1871 an der Küſte von Dithmarſchen eine Flutmühlenanlage mit einem oberen und unteren Becken, um das Waſſer, welches ſich in der Marſch hinter den Deichen angeſammelt hatte, wieder zu entfernen. Die Turbinen ſtellte ſpäter (1889) Knobloch in den Dienſt dieſer Sache. Inwieweit das bald nachher (1890) von der kanadiſchen Regierung für die Vancouverinſel geplante Unternehmen, ein Elektrizitätswerk durch die Kraftquelle von Ebbe und Flut zu ſpeiſen, Erfolg gehabt hat, darüber fehlt es an näheren Angaben. Auch Tommaſis Plan, durch das alternierende Spiel der Gezeiten Preßluft (für Bohrungen u. dergl.) in großem Maßſtabe erzeugen zu laſſen, ſcheint nicht die erwünſchte Verwirklichung gefunden zu haben.

Literatur: [1] Alte und neue Flutmühlen, Prometheus 1899, S. 641 ff.; Kreuter, Flutmaſchinen und Flutmühlen, Meyers Konverſationslexikon, 5. Aufl., Bd. 21, S. 210 ff. — [2] Belidor, Architecture hydraulique, Paris 1737—51. — [3] Kovatſch, Die Verſandung der Lagunen von Venedig und ihre Urſachen, Leipzig 1882. *Günther.*

Flutmeſſer, ſ. Pegel.

Flutwelle. Beobachtet man die aufeinander folgenden Spiegellagen (Pegelſtände) eines Waſſerlaufs während einer beſtimmten Periode der Anſchwellung, ſo zeigt ſich an den verſchiedenen Beobachtungsorten ein allmähliches Steigen und ſodann wieder ein Fallen des Waſſerſpiegels. In dem Augenblicke des höchſten Standes geht die Flutwelle der Anſchwellung durch den Beobachtungsort.

Befinden ſich alſo die Beobachtungsorte I und II in der Entfernung a und war während der beobachteten Anſchwellung der höchſte Pegelſtand in I zurzeit T_1, in II zurzeit T_2, ſo läßt ſich die mittlere Geſchwindigkeit $v = a : (T_2 - T_1)$ für das Fortſchreiten der Flutwelle berechnen, wenn die Uhrdifferenz $T_2 - T_1$ in Sekunden ausgedrückt wird. Hiervon verſchieden iſt der augenblickliche Stand der Waſſerwelle, gleichzeitig an einer Reihe von Pegeln in der ganzen Erſtreckung des Waſſerlaufes beobachtet. — Als Flutwelle des Meeres bezeichnet man eine Beobachtung in dem zuletzt erwähnten Sinne, während man in dieſem Falle die graphiſche Darſtellung der Schwankungen eines beſtimmten Pegelſtandes zu verſchiedenen Zeiten, die Zeiten als Abſziſſen, die zugehörigen Pegelableſungen als Ordinaten aufgetragen, eine Flutkurve nennt.

Flyer (Fleyer, Flügelvorſpinnmaſchine), ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 610, und Flachsſpinnerei, S. 53.

Flyſch, am nördlichen Alpenrand eine von der Schweiz nach Bayern hinreichende, zumeiſt aus hellgrau- oder -bläulichen und grünlichgrauen tonigen, ſandigen und mergeligen, an Glimmerblättchen reichen Schichten beſtehende Geſteinsreihe, die in ihrem Alter von der oberen Kreideformation bis zum Oligocän (ſ. Tertiärformation) reicht, ohne jedoch genau gegliedert zu ſein.

Bemerkenswert iſt der Reichtum an Fukoiden, algenähnlichen Abdrücken, daher einzelne Abteilungen Fukoidenſchiefer oder Fukoidenſandſteine genannt werden. Die Flyſchſchichten ſind alle mit den Alpen in ihrer Lagerung geſtört und aufgerichtet worden und nehmen am Rand derſelben lange Bergzüge ein, die ihres tonigen Bodens wegen vielfach Weiden und Wieſen tragen. Die Ablagerung beſitzt über 2000 m Mächtigkeit. Die Mergel der Flyſchs werden in vielen Fällen zur Zementfabrikation verwendet (Oberbayern). Sehr dünngeſchichtete kalkigſandige Tonſchiefer der Schweiz finden als ſogenannte Glarner Dachſchiefer (von Matt und Eck im Kanton Glarus) viel Verwendung als Dachdeck- und Bodenbelagmaterial ſowie zu Schreibtafeln, Tiſchplatten, Kaminen, Wandverkleidungen. Die an der Oberfläche zerſetzten und aufgelöſten tonigen Schichten werden ſtellenweiſe zur Ziegel- und Backſteinfabrikation benutzt. Dieſe tonigen Lagen erzeugen in ſehr durchnäßtem Zuſtand an ſteilen Gehängen vielfach Bergrutſche. Die in dem Flyſch auftretenden Sandſteine (Flyſchſandſtein) beſitzen zuweilen ein kieſeliges Bindemittel in großer Menge, werden dadurch ſehr ſpröd und ſplitterig und finden als Mühlſteine Verwendung (Sonthofen, Rombach bei Miesbach, Oberbayern). *Leppla.*

Fm, Abkürzung für Feſtmeter.

Fock, das unterſte Raaſegel am Fockmaſt; ſ. Beſegelung.

Fockmaſt, der vordere Maſt auf zwei- und mehrmaſtigen Segelſchiffen; ſ. Bemaſtung, Fockſchot, Fockſtag.

Fodder, engliſches Gewicht für Blei, in London = 19,5, Newcaſtle = 21, Stockton = 22 Ztr. à 50,8 kg, für Blei in Rollen = 20 Ztr.

Föhn bezeichnet urſprünglich die Stürme am Nordfuß der Alpen, charakteriſiert durch ihr plötzliches Auftreten und ihre hohe Temperatur, meiſt verbunden

mit großer Trockenheit der Luft. Bekannt war ſchon lange ihr regelmäßiges Erſcheinen, beſonders im Herbſt, Winter und Frühling, ſeltener im Sommer, und die Bedeutung, die der Schweizer ihnen für das Schmelzen der ungeheuern Schneemaſſen zuſchrieb.

Die erſte Erklärung der Erſcheinung, die dieſe Winde der Sahara entflammen ließ, wie die von Dove aufgeſtellte Abſtammung dieſer Winde aus dem Karaibiſchen Meere wurden 1866 durch Hann widerlegt, der den Nachweis führte, daß ebenſo Grönland Föhnwinde habe, die aus Oſt bis Südoſt an der ganzen Weſtküſte direkt in die Fjorde einfallen, wobei die Temperatur im Winter durchſchnittlich um 12—19° C., oft um 25° C., im Herbſt und Frühling durchſchnittlich um 11° C. erhöht wird. Seitdem hat man auf der Südſeite der Alpen den Nordföhn feſtgeſtellt ſowie ferner Föhnwinde entdeckt am Abſturz des Elbrusgebirges zur kaſpiſchen Senkung, in Hermannſtadt, wo der Föhn im Rotenturmer Paß aus den Transſylvaniſchen Alpen hervorbricht, auf der Oſtſeite der Südalpen Neuſeelands, u. a. in Sibirien zu Niſchne-Kolymsk, unter deſſen Wehen die Temperatur nach v. Wrangell meiſt von — 30° auf + 5° C. ſtieg. — Für alle dieſe Föhnerſcheinungen hat Hann die Erklärung geliefert in ſeiner Unterſuchung über den Nordföhn der Alpen (Der Föhn in Bludenz, Sitzungsbericht der Wiener Akad., 1882, auch Zeitſchr. d. öſterr. Geſellſch. f. Met. 1882).

Föhnwinde ſind nach Hann Fallwinde, abſteigende Luftſtröme, die ihre Entſtehung nicht dem meteoriſchen Zuſtand jenſeits des Gebirges verdanken, ſich alſo nicht als Fortſetzung von jenſeits zuſtrömenden Winden darſtellen, ſondern durch Gebiete niederen Druckes diesſeits der Gebirge bedingt werden. Dieſe zuweilen fern gelegenen Barometerminima ziehen die zwiſchen ihnen und dem Gebirge liegende Luft in den Wirbelſturm hinein und allmählich auch die den Gebirgen vorlagernden und den Tälern einlagernden Luftmaſſen. Indem dieſe Luft von den Gebirgskämmen in die Täler abfließt, erwärmt ſie ſich infolge ihrer Kompreſſion, und zwar in Uebereinſtimmung mit Theorie und Beobachtung um ca. 1° pro 100 m, und langt ſomit relativ warm an der Erdoberfläche an, da die gewöhnliche Abnahme der Temperatur nach der Höhe in feuchter Luft weniger, im Winter etwa 0,5, im Sommer ca. 0,7° pro 100 m beträgt; demnach ruft der Föhnwind im Winter unter gewöhnlichen Verhältniſſen, falls er aus einer Höhe von $n \cdot 100$ m herabgeſtiegen iſt, eine Erwärmung um $0{,}5 \cdot n : 100$ an der Erdoberfläche und eine offenbar nur halb ſo große im Sommer hervor. In Fällen jedoch, wo die über dem Gebirge lagernde Luft außergewöhnlich kalt und um mehr als 1° pro 100 m kälter als die Luft am Fuße des Gebirges iſt, muß dieſelbe, als Föhn herabſtürzend, Temperaturerniedrigung herbeiführen, da ſie ſich nur um ca. 1° pro 100 m erwärmt. Solche kalte Fallwinde kennen wir in der Bora (ſ. d.).

Literatur: Pernter, Ueber die Häufigkeit, die Dauer und die meteorologiſchen Eigenſchaften des Föhns in Innsbruck, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 104, Mai 1895; Die allgemeine Luftdruckverteilung und die Gradienten bei Föhn, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. 105, Jan. 1896; Billwiller, Ueber verſchiedene Entſtehungsarten und Erſcheinungsformen des Föhns, Met. Zeitſchr., Bd. 6, 1899. *Großmann.*

Föhre, verbreitetſte Art der Gattung Pinus, im mittleren und nördlichen Europa zahlreiche und große Wälder bildend, Charakterbaum des Waldgebietes des öſtlichen Kontinents; ſ. Nutzhölzer.

Förderanlage, ſ. Maſſentransport.

Förderbahnen, ſ. Streckenförderung.

Fördergefäß, ſ. Greifer, Kübel, Maſſentransport.

Fördergeſtell, Förderkorb, auch Förderſchale, das aus Eiſen und Stahl gebaute Geſtell, auf das die bei der Streckenförderung im Bergbau dienenden Gefäße, gewöhnlich Wagen oder Hunde genannt, zur Schachtförderung (ſ. d.) aufgeſchoben werden.

Die Bezeichnungen Förderkorb und Förderſchale ſtammen aus früherer Zeit, als noch allgemein, wie jetzt vereinzelt, die Schachtförderung der Maſſen in wirklichen Körben oder in Schalen, die mittels Ketten am Förderſeil befeſtigt waren, ſtattfand; in dieſe wurden die Streckenfördergefäße entleert. *Treptow.*

Fördergurt, ſ. Gurtförderer und Maſſentransport.

Förderhaken, ſ. Tiefbohren.

Förderkette, ſ. Konveyor.

Fördermaſchinen, ſ. Schachtförderung und Elektrizität (im Bergbau).

Fördermittel, ſ. Maſſentransport.

Förderrinne (Schüttelrinne, Wippe, Schwinge), gebräuchlicher Ausdruck 1. für Schwingförderrinne, 2. für Propellerrinne, 3. für Schubförderrinne. Im übrigen vgl. a. Maſſentransport und [1].

1. Schwingförderrinnen (Fig. 1 und 2) ſind auf Pendeln (Holz- oder Rohrfedern, Metallſtangen u. ſ. w.) wagerecht oder bis zu 15% geneigt auf dem Boden gelagerte oder an Decken (Fig. 3) oder Wände gehängte, je nach Belaſtung und Beſchickungsweiſe der Rinne, Temperatur und Feuchtigkeit des Raumes u. ſ. w. aus Schwarzblech, verzinktem Blech, Kupferblech, Holz, Porzellan u. ſ. w. hergeſtellte Tröge, die von einem Kurbelgetriebe eine ſchwingende Bewegung erhalten, wobei das pulverförmige, ſandige, grob- oder feinkörnige, lang- oder kurz-

ſtückige, wollige oder faſerige Fördergut unter größter Schonung immer in derſelben Richtung vorwärtsgeworfen wird. Bei dieſen Rinnen wird die Veränderlichkeit des Auflagerdruckes und damit des Gleitwiderſtandes des Fördergutes beim raſchen Auf- und Niederſchwingen für die Förderung ausgenutzt. Einlauf und Auslauf (am Ende oder durch Oeffnung im Trogboden) beliebig, auch an mehreren Stellen zugleich (Schieber oder Zungenklappen). — Lange Rinnen werden in der Mitte geteilt und mit mehreren (2—4) entgegengeſetzt ſtehenden Kurbeln angetrieben, wodurch Ausgleich erzielt und Erſchütterungen vermieden werden. Kühl- und Trockenvorgänge ſind mit der Förderung leicht zu verbinden. Stockwerkrinnen ſind bei Platzmangel ſowie zum Reinigen und Sortieren des Gutes (Siebe) zu empfehlen. — Dieſe Rinnen werden in einer Länge bis zu 15 m und bis zu 610 mm Breite hergeſtellt. Für größere

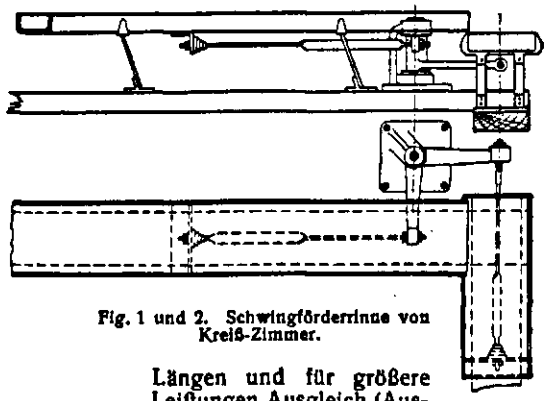


Fig. 1 und 2. Schwingförderrinne von Kreiß-Zimmer.

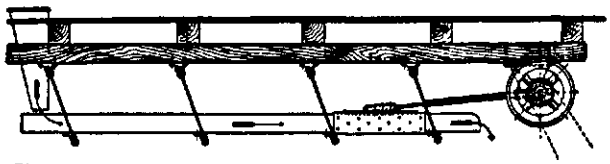


Fig. 3. Hängende Förderrinne von Gebr. Commichau, Magdeburg.

Längen und für größere Leiſtungen Ausgleich (Ausbalancierung) nötig durch Teilung: Eine ~ 30 mm höher gelegene Rinne arbeitet in eine andre, mit um 180° verſetzter Kurbel oder Seitenförderung (nach Fig. 1 und 2).

Der Hub beträgt bei den Rinnen von Kreiß bezw. bei den Ausgleichrinnen (Patent Zimmer in London) 25—30 mm, die minutliche Umlaufzahl 300—350 (letztere für geneigte Rinnen). Der Arbeitsaufwand ſchwankt zwiſchen $^1/_{200}$—$^1/_{30}$ PS. für die Metertonnenſtunde; bei längeren und breiteren (alſo mehr leiſtenden) Rinnen iſt er — auf die Einheit bezogen — geringer als bei kleinen Verhältniſſen. $\left.\begin{matrix}\text{Wagerechter}\\ \text{Senkrechter}\end{matrix}\right\}$ Weg bei einer Umdrehung rd. $\left\{\begin{matrix}25\text{ mm}\\ 3\text{ „}\end{matrix}\right.$. Sekundliche Fördergeſchwindigkeit des Gutes ſchwankt zwiſchen 165 und 265 mm. Gebaut ſind Längen von 90 m und 2 m Weite (größere möglich). Beſonders häufig für die Entnahme von Kohle und Koks aus Silos (Rütteltiſch von Weiß), für den Transport zum Elevator; ebenſo für Kies und in chemiſchen Fabriken u. ſ. w. [2].

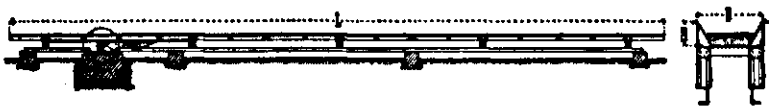


Fig. 4 und 5. Propellerrinne von H. Marcus, Cöln.

Kohlen- (bezw. Koks-) Fördermengen in Tonnenſtunden (nach Kreiß-Zimmer). Eine Neigung von 5% würde die Leiſtung um ~ 10% erhöhen, eine Steigung entſprechend verkleinern. Die eingeklammerten Zahlen gelten für Koks.

Trog-tiefe mm	Trogbreite in mm								
	305	356	406	508	610	914	1219	1524	1829
102 *)	6—7 (3,5—4)	7—8 (4—5)	8—9 (5—6)	10—12 (6—8)	13—15 (8—10)	— (11—13)	— (16—19)	— (19—22)	— (22—26)
152	9—10 (—)	12—13 (—)	13—15 (—)	16—18 (—)	18—20 (12—14)	30—32 (16—19)	35—40 (24—28)	45—50 (28—33)	50—60 (33—39)
203	— (—)	— (—)	— (—)	— (—)	25—30 (16—19)	35—40 (22—26)	50—60 (33—39)	60—70 (39—46)	70—80 (46—53)

*) Zweckmäßigſte Tiefe.

Förderrinne von Commichau, Magdeburg (Fig. 3) (meiſt $n = 350$—450, Kurbelhalbmeſſer 10—15 mm, Rinnenſtärke 2,5—4 mm — bei Koks größer als bei Kohle —, Pleuelſtange aus Holz — elaſtiſch).

Breite der Rinne in mm	Stündliche Leiſtung in hl bei mehlartigem Stoff (ſpez. Gew. etwa 1)	Stündliche Leiſtung in hl bei körnigem fauſtgroßen Stoff (ſpez. Gew. 1—3)	Breite der Rinne in mm	Stündliche Leiſtung in hl bei mehlartigem Stoff (ſpez. Gew. etwa 1)	Stündliche Leiſtung in hl bei körnigem fauſtgroßen Stoff (ſpez. Gew. 1—3)
200	24	48	500	60	120
250	30	60	600	72	144
300	36	72	700	84	168
350	42	84	800	96	192
400	48	96	900	108	216
450	54	108	1000	120	240

Arbeitsbedarf von Förderrinnen (Schule, Hamburg).

Lichte Breite der Arbeitsfläche mm	Aeußere Breite des Oeffnelles mm	Antriebscheibe Durchmesser mm	Antriebscheibe Breite mm	Kurbel-Umdrehzahl in der Minute	Höchste Leistung in der Stunde (rd.) kg	Erforderlicher Arbeitsbedarf in PS. bei etwa 15 m Länge
100	200	150	60	100—120	2500	0,2
125	250	175	60	"	3000	0,3
150	275	200	70	"	3500	0,4
175	300	200	70	"	4000	0,5
200	325	250	70	"	5000	0,6
250	400	300	70	"	6500	0,7
300	475	400	80	"	8000	0,8
350	550	500	80	"	10000	1
400	675	600	90	"	12000	1,2
500	800	700	90	"	16000	1,3
600	900	800	110	"	20000	1,5
700	1000	800	110	"	27000	2
800	1100	900	120	"	35000	3
900	1200	900	140	"	50000	4
1000	1300	1000	140	"	65000	5

Die angegebenen Leistungen gelten für Reis, Weizen und Roggen und andre spezifisch gleichschwere Erzeugnisse. Für Gerste sind die Leistungen 0,8fach, für Hafer etwa 0,6fach.

2. Propellerrinnen (System Marcus) (Fig. 4 und 5), Rinnen mit nur wagerechter Bewegung; Rinne und Fördergut werden langsam vorwärts-, die Rinne dann schnell zurückgezogen, ausgeführt außer von H. Marcus, Köln, von G. Luther, A.-G., Braunschweig, von der Kölnischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft, Köln-Bayenthal, sowie von der „Karlshütte", A.-G., Altwasser, Schlesien, besonders geeignet zur Förderung von Erzen, Kohlen, Asche, Schlacke, Klinkern, Zement, Koks, Sand, Kies, Eis, Salz, Phosphatmehl, Zucker, Holzstoff, Cellulose u. dergl., s. [3].

Propellerrinnen (System Marcus) (Fig. 4 und 5) [3].

Zahlentafel I. Leistungen und Abmessungen.

		Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6
Stündliche Leistung*) in Tonnen (rd.)	für	Kohle	5—8	9—14	15—23	24—36	37—55	56—80
		Koks	2—4	5—7	8—12	13—20	21—32	33—50
		Steine, Erz	9—14	15—23	24—36	37—55	56—80	81—120
		Getreide	6—10	11—16	17—25	26—40	41—60	61—90
Trogbreite (B)	oben	mm	350 (400)	400 (450)	500 (550)	600 (650)	700 (750)	850 (850)
"	unten	mm	200 (200)	250 (250)	330 (330)	400 (400)	500 (500)	600 (600)
Trogtiefe (H)		mm	150 (200)	150 (200)	175 (200)	200 (250)	200 (250)	250 (250)
Blechdicke		mm	2 (2,5)	2 (2,5)	2,5 (3)	2,5 (3)	3 (3,5)	3 (3,5)

*) Stündliche Leistungen bei der kleinsten bezw. höchsten Umdrehungszahl und etwa halber Füllung des Troges.

Zahlentafel II. Gewichte und Arbeitsbedarf.

	Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	1—6			
	Länge (L) in m	Bezeichnung	Gewichte und Arbeitsbedarf						Umdrehungszahlen i. d. Min. kleinste	größte	Schwungrad mm Durchm.	Breite
Normale Rinnen	10	kg	1150	1250	1350	1450	1550	1650	70	85	800	130
		PS.	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	2,0				
	20	kg	1750	1900	2050	2250	2500	2700	70	85	800	130
		PS.	1,5	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	60	75	1100	160
	30	kg	2300	2500	2800	3000	3200	3500	70	85	900	130
		PS.	2,0	2,5	3,5	4,0	5,0	6,0	60	75	1200	160
	40	kg	3200	3400	3600	3900	4600	5100	60	75	1200	160
		PS.	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,5	50	65	1450	180
	50	kg	3800	4100	4950	5200	5600	6300	60	75	1250	160
		PS.	4,0	5,0	6,0	7,5	9,0	10,5	50	65	1500	180
Lange Rinnen	75	kg	6600	7000	7600	8400	9600	11000	50	65	1500	180
		PS.	6,0	7,5	8,5	10,0	12,0	14,0	45	55	2000	230
	100	kg	9100	10000	11200	12700	13800	15200	50	65	1550	180
		PS.	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	40	50	2400	250

Die eingeklammerten Zahlen in Zahlentafel I gelten für lange Rinnen (über 50 m). In Zahlentafel II gelten die Gewichte für die vollständige Rinne, bestehend aus: Trog, Antrieb, Führung, Riemenscheibenschwungrad, Untergestell aus ⌊-Eisen und Schwingen, einschließlich Befestigungsschrauben, Keilen und Schmiergefäßen, ausschließlich Verankerung. Der Arbeitsbedarf gilt für Kohlenrinnen.

Die genaue Umdrehungszahl muß nach der Beschaffenheit des Fördergutes bestimmt werden. Feingemahlene backende Stoffe, wie Zement, Mehl u. s. w., 50% geringer als das Korn derselben Substanz.

3. Schubförderrinnen (Fig. 6 und 7) dienen zum Fördern schlammigen, erdigen und

pulverförmigen Gutes ſowie für gemiſchte Maſſen. In einem auf Rollen gelagerten, durch Kurbel bewegten Trog dreht ſich eine mit Kratzerſchiebern (ſ. Kratzer) beſetzte Welle beim jedesmaligen Hubwechſel um 180° oder wird bei feſtſtehendem Trog vor- und rückwärts bewegt und gleichzeitig um 180° gedreht. Vollſtändige Schonung des Gutes und geringer Verſchleiß.

Fig. 6 und 7. Schubförderrinne von Gebr. Commichau, Magdeburg.

Bei 300 mm Durchmeſſer werden rund 50 t/St Kohle gefördert. Bei kleinerer Förderlänge wird die Rinne bewegt, bei größerer (bis zu 60 m) die Welle (Ausführung von Heyl & Patterſon, Pittsburg) [4].

Literatur: [1] Buhle, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 260, bezw. derſ., Techniſche Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern (Maſſengütern), Berlin 1901, I. Teil, S. 31; II. Teil, S. 1 ff.; derſ., „Hütte", 19. Aufl., I. Teil, S. 1249 ff. — [2] Derſ., „Glückauf" 1904, S. 858 ff., bezw. Techniſche Hilfsmittel u. ſ. w., Berlin 1906, 3. Teil, S. 17 ff. — [3] Derſ., „Stahl und Eiſen" 1904, S. 1046 ff., bezw. Techniſche Hilfsmittel u. ſ. w., Berlin 1906, III. Teil, S. 111 ff. — [4] Derſ., Deutſche Bauztg. 1904, S. 546 ff., bezw. Techniſche Hilfsmittel u. ſ. w., Berlin 1906, III. Teil, S. 11. *M. Buhle.*

Förderrinne, in der Müllerei eine für die Fortbewegung mehligen oder körnigen Gutes dienende wagerechte oder geneigte Rinne, die ſich in geeigneter Weiſe bewegt und dadurch das Material weiterfördert.

Teils iſt dieſer Transport Selbſtzweck, teils dient er dazu, in den Siebkanälen von Flach- oder Planſichtern das Sichtgut über die Siebfläche hin zu fördern (ſ. Planſichter). Die Transportwirkung als Selbſtzweck übt z. B. eine wagerechte Rinne aus, die an zwei Gruppen von Hängeſtangen parallelogrammartig aufgehängt iſt, derart, daß beim ſchnellen Hin- und Herſchwingen in ihrer Längsrichtung die Rinne ſich beim Vorwärtsgange hebt, beim Rückgange ſenkt. Dadurch wird das Gut bei jedem Hube geworfen und ſchreitet in der Richtung der Hubbewegung fort. D.R.P. Nr. 54319 (Eugen Kreiß) enthält eine ſolche Rinne, deren Oberſeite geſchloſſen iſt und bei der die obere Decke auf das Transportgut zur Unterſtützung ſeiner Bewegung eine Prallwirkung ausübt. *Arndt.*

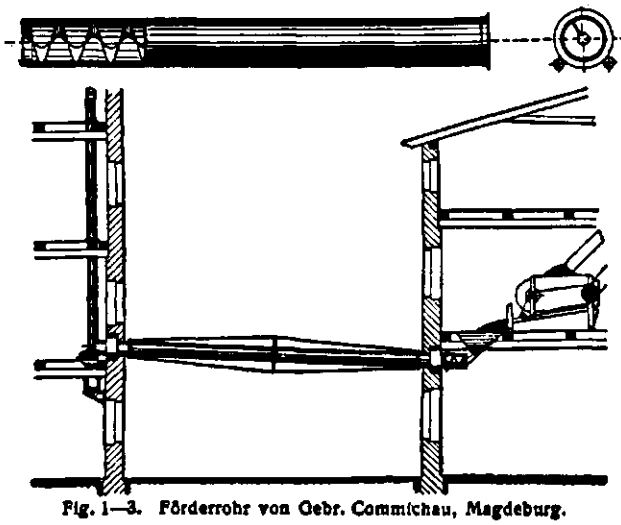


Fig. 1—3. Förderrohr von Gebr. Commichau, Magdeburg.

Förderrohre, wagerechte oder ſchwach geneigte drehbare Rohre mit innerem Schneckengewinde (Fig. 1—3). Vorteile: Schonung des Gutes, geringer Verſchleiß, völlige Entleerung des Rohres. Arbeitsbedarf bei 30 m Länge und 50 t/St Leiſtung rund 25 PS. (ſ. a. Maſſentransport und [1]).

Nach Zimmer [2] ergaben Verſuche mit Förderrohren

1. von 152 mm äußerem, 63 mm innerem Durchmeſſer und 51 mm Ganghöhe
bei 60 Umläufen pro Minute eine Leiſtung von 0,793 cbm pro Stunde,
„ 80 „ „ „ „ „ „ 1,019 „ „ „
„ 100 „ „ „ „ „ „ 0,849 „ „ „
„ 140 „ „ „ „ „ „ 0 „ „ „

2. von 304 mm äußerem Durchmeſſer, 101 mm Steigung und 3,7 m Länge bei 60 Umläufen pro Minute eine Höchſtleiſtung von 6,75 cbm pro Stunde bei einem Arbeitsverbrauch von 0,14 PS. pro Meter. Als beſte Steigung bei Förderrohren wird bezeichnet zwei Fünftel des äußeren Durchmeſſers.

Literatur: [1] Buhle, Techniſche Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern (Maſſengütern), Berlin 1904, II. Teil, S. 12; Derſ., „Hütte", 19. Aufl., I. Teil, S. 1244. — [2] Zimmer, Excerpt Minutes of Proc. Inst., Civil Engineer 1902—03. — [3] Iron Age 1904, II, S. 16. *M. Buhle.*

Förderrolle, ſ. Grubenförderung.

Förderſchacht, allgemein ein Schacht, der vorwiegend zur Beförderung der gewonnenen Mineralien dient, z. B. im Gegenſatz zu Wetterſchächten, Kunſtſchächten. Im beſonderen bezeichnet Förderſchacht oder Fördertrum aber auch nur diejenige Abteilung eines mehreren Zwecken gleichzeitig dienenden Hauptſchachtes, in welcher die Förderung ſtattfindet. *Treptow.*

Förderſchale, ſ. Fördergeſtell und Schachtförderung.

Förderſchnecke, ſ. Transportelemente.

Förderſeile [1] werden im Bergbaubetriebe verwendet als Schachtförderſeile bei der Bremsberg- und Haſpelförderung und als Seile ohne Ende bei der Streckenförderung [2]. Die Schachtförderſeile werden auch Treibeſeile genannt, da Treiben und Fördern im Schachte oft gleichbedeutend gebraucht werden.

Erhöhte Aufmerkſamkeit wird den Schachtförderſeilen geſchenkt, ſeitdem die Fahrung (ſ. Fahren) der Mannſchaft in den Schächten vorzugsweiſe „am Seile“ (man ſagt auch „auf dem Geſtelle“) ſtattfindet. Seile aus Pflanzenfaſer (Hanf, Aloe) werden nur für weniger tiefe Schächte verwendet; ſie ſind teurer und erheblich ſchwerer als Drahtſeile. Letztere werden in neueſter Zeit vorwiegend aus Stahldraht gefertigt, und zwar als Rundſeile und als Flach- oder Bandſeile. Fig. 1 zeigt im Querſchnitt die üblichſte Ausführung eines Rundſeiles für Schachtförderung; die Seillitzen beſtehen aus einer Lage von Drähten und einem Hanffaden als Seele, auch die Seelenlitze im Seile iſt aus Hanf. Die Verwendung eines Drahtes als Seelenlitze und einer Drahtlitze als Seele im Seil (vgl. Fig. 2) iſt für Förderſeile nicht empfehlenswert, da hierdurch der Widerſtand gegen Biegung vergrößert wird, auch ein ſtärkerer Verſchleiß der Drähte durch Reibung aneinander ſtattfinden würde. Die allgemein übliche Art und Weiſe des Zuſammenſchlagens der Rundſeile, bei welcher die Litze im Seile entgegengeſetzte Drehung erhält

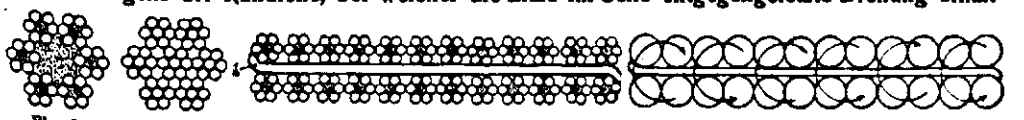


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

als der Draht in der Litze, nennt man Kreuzſchlag. Hierbei iſt der Draht am Seilumfange ſtark abgebogen, und namentlich an Seilen für Strecken- und Bremsbergförderung tritt beim Schleifen auf der Sohle oder auf Rollen ein ſchnelles Abſchleißen der Drähte ein; es iſt daher für ſolche Seile das urſprünglich am Harz üblich geweſene Verfahren, die Drähte zur Litze und die Litzen zum Seile in demſelben Sinne zuſammenzuſchlagen (Albertſchlag, Gleichſchlag), in neuerer Zeit angewendet worden. Die Drähte liegen dabei im Seile geſtreckter und die mechaniſche Abnutzung verteilt ſich auf eine größere Länge. Die Bandſeile werden durch Nebeneinanderlegen ſchwacher, vierlitziger Rundſeile und Vereinigen derſelben durch Nähdrähte hergeſtellt; Fig. 3 zeigt ein aus ſechs Rundſeilen beſtehendes Bandſeil im Querſchnitt, a iſt ein Nähdraht. Die ſechs Rundſeile ſind abwechſelnd, wie Fig. 4 ſchematiſch zeigt, rechtſinnig und widerſinnig zuſammengeſchlagen, um ein Zuſammendrehen des Bandſeiles zu vermeiden. — Vgl. a. Drahtſeile.

Die Prüfung der zur Herſtellung der Seile benutzten Drähte und auch der Förderſeile während des Betriebes iſt unter Drahtprüfungen (ſ. d.) eingehend beſchrieben; erwähnt ſei hier noch, daß außer Drahtzerreißmaſchinen auch Seilzerreißmaſchinen [3] für ganze Seile bis zu 80000 kg Beanſpruchung gebaut worden ſind. Die durch Prüfung der Bruchbelaſtung einerſeits der einzelnen Drähte und anderſeits des ganzen Seiles erhaltenen Zahlen haben übereinſtimmende Ergebniſſe geliefert. — Der Quotient aus der Bruchbelaſtung des Seiles, dividiert durch die größte Gebrauchsbelaſtung, ergibt die Seilſicherheit; dieſelbe wird bei der Maſſenförderung gewöhnlich ſechsfach, bei der Mannſchaftsfahrung am Seil zehnfach bemeſſen. Förderſeile ſind beim Gebrauch gut zu ſchmieren, beſonders dort, wo die Schachtwaſſer ſauer ſind; es leiden nämlich die Seile außer infolge der beim Roſten eintretenden Materialzerſtörung auch noch dadurch, daß unter dem Einfluß ſauren Waſſers die von Ledebur [4] unterſuchte Beiz- und Roſtbrüchigkeit oder -ſprödigkeit auftritt und die Biegungsfähigkeit der Drähte vermindert. Auch wegen des Vorkommens von Drahtbrüchen, die allerdings nur, wenn ſie an der Außenſeite liegen, beobachtet werden können, ſind die Seile des öfteren genauer Durchſicht zu unterwerfen. Da dieſe für das Auge ungemein ermüdend iſt, ſo wendet man jetzt die Handprobe an. Läßt man nämlich das Seil langſam durch einen Flauſch Hanf, den man in die Hand nimmt, hindurchlaufen, ſo macht ſich jeder Drahtbruch dadurch bemerklich, daß die herausſtehenden Drahtenden die Hanffaſern erfaſſen. — Die patentverſchloſſenen Seile, die in der aus Bd. 3, S. 39, Fig. 18—20, erſichtlichen Weiſe ausgeführt werden, haben bei gleichgroßem tragenden Querſchnitte erheblich kleineren Durchmeſſer als die aus Litzen gefertigten Seile; ſie werden zurzeit verſuchsweiſe als Schachtförderſeile, außerdem aber auch für Streckenförderung verwendet.

Für tiefe Schächte fällt das Seilgewicht ſehr bedeutend aus; mit Rückſicht darauf, daß das untere Seilende um das ganze Seilgewicht weniger belaſtet iſt als das obere Seilende, hat man Verſuche mit verjüngten [5], d. h. am unteren Ende ſchwächeren Schachtförderſeilen gemacht. Dieſelben werden derart hergeſtellt, daß zum oberen Seilſtücke dicke Drähte verwendet und an dieſe nach und nach dünnere Drähte zur Verlängerung angelötet werden.

Zur Verbindung der Förderſeile mit den Fördergefäßen dient der Seilbund, der am häufigſten als Zwingen- oder Wickelbund (ſ. Schachtförderung) ausgeführt wird; die zeitweilige Verbindung der Hunde mit den zur Streckenförderung benutzten Seilen geſchieht mittels der engliſchen Seilgabel.

Literatur: [1] Hrabak, J., Die Drahtſeile, Berlin 1902. — [2] Treptow, E., Grundzüge der Bergbaukunde, Wien 1903, S. 224. — [3] Gſlöttner, A., Die Materialprüfungsmaſchine in Pribram, Syſtem Pfaff, Oeſterr. Zeitſchr. f. Berg- u. Hüttenweſ. 1890, S. 278. — [4] Ledebur, A., Verſuche über die Beiz- und Roſtſprödigkeit des Eiſens und Stahls, Berlin 1890. — [5] Habermann, C., Anwendung verjüngter Förderſeile beim Pribramer Bergbau, Oeſterr. Zeitſchr. f. Berg- u. Hüttenweſ. 1890, S. 404.

Treptow.

Fördertrum, -turm, ſ. Schachtförderung.

Förderung, im Bergbau, ſ. v. w. Beförderung, und zwar der gewonnenen Mineralien aus den Bauen zur Oberfläche, anderſeits der benötigten Materialien bis zum Orte ihrer Verwendung in der Grube.

Die Einrichtungen zur Förderung zerfallen in die Grubenförderung (ſ. d.) und die Förderung über Tage oder Tageförderung. Nach den verſchiedenen Beförderungsmitteln pflegt man bei der Grubenförderung wieder drei beſondere Teile zu unterſcheiden, nämlich: 1. Förderung aus den Abbauen zu den Förderſtrecken in der Hauptſache abwärts (Anwendung einfacher Mittel, Sammeln der zu fördernden Maſſen). 2. Streckenförderung (ſ. d.), d. h. bis zum Schachte, die Förderung findet zum größten Teil auf horizontaler Bahn ſtatt, bei bedeutenden Mengen ſtets zweitrümig — ein Gleis dient für die leeren Hunde, das zweite für die vollen; — beſondere Einrichtungen ſind auf geneigten Strecken, den Brems- und Haſpelbergen, nötig (ſ. Bremsbergförderung und Haſpelförderung). 3. Schachtförderung (ſ. d.) ſenkrecht aufwärts bis zur Oberfläche.

Die Tageförderung ſteht in ihren Einrichtungen im engſten Zuſammenhange mit der Grubenförderung, wenn durch den Schacht die Grubenhunde bis zu Tage gefördert werden (Geſtellförderung); dagegen iſt die Tageförderung von der Grubenförderung unabhängig, wenn beſondere Gefäße (Tonnen) für die Schachtförderung (Tonnenförderung) benutzt werden, die über Tage in die für die Tageförderung beſtimmten Gefäße entleert werden. Hierzu dienen gewöhnlich deutſche Hunde, auch Grubenwagen genannt (ſ. a. Streckenförderung), jedoch ſind auch verſchiedene Arten von Kippwagen gebräuchlich. Die Arbeiter, welche die Schachtförderung an der Hängebank (Schachtmündung an der Oberfläche) bedienen, heißen Abnehmer, von dem urſprünglich üblichen Abnehmen des Fördergefäßes vom Seile. Das Fördern der Mineralien vom Schachte zur Halde, zur Verladung oder Aufbereitung, nennt man auch Auslaufen, die hiermit beſchäftigten Arbeiter Ausläufer. Bei der Tageförderung werden häufig Hochſeilbahnen benutzt (ſ. Seilbahnen). *Treptow.*

Förderung, bei der Aufbereitung, umfaßt diejenigen Einrichtungen, die dazu dienen, die verſchiedenen Poſten fertiger Produkte zum Orte der Verladung, die Berge (ſ. Bd. 1, S. 692) zur Halde zu ſchaffen. Eine beſonders wichtige Rolle ſpielt auch der Transport (ſ. Zwiſchentransport) der Zwiſchenprodukte von einer Aufbereitungsmaſchine zur andern. *Treptow.*

Förderung, ſ. Maſſentransport.

Foghorn, eine in der deutſchen Seemannsſprache häufiger benutzte, das engliſche Wort wiedergebende Bezeichnung für Nebelhorn.

Fohlenſtall, ſ. Geſtütsanlagen und Pferdeſtälle.

Fokalebenen, ſ. v. w. Brennebenen; ſ. Brennpunkt, 2.

Fokalkugeln. Die Schnittpunkte der Achſen der Flächen zweiter Ordnung mit den Normalen in den Kreispunkten heißen Fokalzentra. Die aus dieſen beſchriebenen, durch die Kreispunkte gehenden Kugeln werden Fokalkugeln genannt. Die Längen der Tangenten von einem Flächenpunkt an eine Fokalkugel heißen Fokalſtrahlen. Jeder Fokalſtrahl iſt die Summe oder Differenz der zugehörigen Halbachſen der Flächen, die mit ihr konfokal ſind und jenen Punkt enthalten.

Literatur: Salmon, Analytiſche Geometrie des Raumes, deutſch von Fiedler, 3. Aufl., Leipzig 1879, 1. Teil, S. 243 f. *Wolfing.*

Fokallinien (Brennlinien, exzentriſche Kegelſchnitte), der Ort von Fokalpunkten. Ein Fokalpunkt (Brennpunkt) iſt der Mittelpunkt einer unendlich kleinen Kugel, die mit einer gegebenen Fläche zweiter Ordnung eine doppelte Berührung eingeht. Die zugehörige Berührungsſehne heißt Directrix. Ein Fokalpunkt iſt auch ein Punkt, durch welchen zwei den unendlich fernen Kugelkreis ſchneidende Tangenten gehen, während zugleich die entſprechenden Tangentialebenen der Fläche die entſprechenden Tangenten dieſes Kreiſes enthalten. Die Fokalpunkte treten daher in unendlich großer Zahl als Fokallinien auf.

Jede Fläche zweiter Ordnung $\frac{x^2}{L}+\frac{y^2}{M}+\frac{z^2}{N}=1$ beſitzt in den Hauptebenen die drei Fokalkegelſchnitte $\left\{\frac{y^2}{M-L}+\frac{z^2}{N-L}=1;\ x=0\right\}$; $\left\{\frac{x^2}{L-M}+\frac{z^2}{N-M}=1;\ y=0\right\}$; $\left\{\frac{x^2}{L-N}+\frac{y^2}{M-N}=1;\ z=0\right\}$. Dieſelben ſind mit den Hauptſchnitten konfokal und beſtehen bei den Mittelpunktsflächen aus einer Hyperbel, einer reellen und einer imaginären Ellipſe. Die Schnittpunkte der Fokallinien mit der Fläche ſind Kreispunkte derſelben; es gibt beim Ellipſoid und zweimantligen Hyperboloid vier, beim einmantligen Hyperboloid keine reellen Kreispunkte. Das Paraboloid $\frac{x^2}{L}+\frac{y^2}{M}=2z$ beſitzt die zwei Fokalparabeln $\left\{\frac{y^2}{M-L}=2z-L;\ x=0\right\}$ und $\left\{\frac{x^2}{L-M}=2z-M;\ y=0\right\}$.

die mit den Hauptſchnitten konfokal ſind. Das elliptiſche Paraboloid beſitzt zwei, das hyperboliſche keine reellen Kreispunkte. Ein Kegel hat zwei reelle oder imaginäre gerade Linien (Fokalachſen) zu Fokallinien. Ein Zylinder hat zu Fokallinien Parallelen zu den Mantellinien durch die Brennpunkte der Leitkurve.

Literatur: Salmon, Analytiſche Geometrie des Raumes, deutſch von Fiedler, 3. Aufl., Leipzig 1879, 1. Teil, Kap. 8. *Wölffing.*

Fokalpunkte, ſ. Fokallinien.

Fokometer, Inſtrumente zur Beſtimmung der Brennweite von Linſen. Dieſelben beruhen auf Beſtimmung von Lage und Vergrößerung konjugierter Ebenen.

Die bequemſten Methoden und dementſprechenden Vorrichtungen folgen unmittelbar aus der Linſengleichung $1:d+1:d_1=1:f$ und verwenden die Beſtimmung der Oerter konjugierter Punkte auf der optiſchen Achſe. Wird d ein Maximum $=\infty$, ſo iſt $d_1=f$. Beim Fokometer von Silbermann [3] iſt der Abſtand der konjugierten Punkte ein Minimum, ſo daß $d+d_1=4f$ wird. Nach Beſſel [4] werden Objekt- und Bildebene in einem Abſtand von etwas mehr als $4f$ angeordnet und bei feſtſtehenden Ebenen zwei ſymmetriſche Linſenſtellungen verwendet. Weitere Methoden und Inſtrumente ſ. [1], [2], [5].

Literatur: [1] Czapski, Theorie der optiſchen Inſtrumente, Breslau 1893, S. 269. — [2] Lommel, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde, Bd. 5, S. 124; ferner Buff und Berger, ebend., Bd. 6, S. 272, und für Präziſionsbeſtimmungen beſonders Czapski, ebend., Bd. 12, S. 185 und 207. — [3] Compt. rend., Bd. 14 (1830), S. 340. — [4] Aſtron. Nachr., Bd. 17, S. 289. — [5] Schell, A., Sitzungsber. der Wiener Akademie, 1903, II, A, S. 1057—1090. *Reinhertz.*

Fokus (Brennpunkt), in geometriſcher Beziehung ſ. den Art. Brennpunkt, in phyſikaliſcher die Art. Spiegel und Linſe.

Folien, ſehr dünne Bleche, die aus dickeren durch Schlagen oder Walzen hergeſtellt werden.

Zinnfolie (Stanniol) wird zum Belegen von Spiegeln verwandt, auch zum Einpacken von Schokolade und andern Eßwaren. Schmiegſame Aluminiumfolie, die denſelben Zwecken dient wie Zinnfolie, konnte bisher infolge großer Schwierigkeiten, die ſich beim Strecken ergaben, nicht hergeſtellt werden. Nach dem neuen Verfahren D.R.P. Nr. 165965 können Aluminiumblätter hergeſtellt werden, die den dünnſten Zinnblättern (unter $^1/_{10}$ mm) in der Stärke gleich ſind und größte Schmiegſamkeit beſitzen. Folie aus Meſſing nennt man Rauſchgold, aus Argentan Rauſchſilber; Folien aus vergoldetem oder verſilbertem Kupfer, Meſſing oder Zinn heißen unechte Gold- und Silberfolien. Häufig dienen die Folien als Unterlage bei der Faſſung von Edelſteinen oder deren Nachahmungen, um ihren Glanz infolge der Spiegelung zu erhöhen und ihre Farbe zu verſchönern. Zu erſterem Zwecke dienen die weißen Folien, während man zur Erzielung farbiger Wirkungen die Folien mit geeigneten Farbſtoffen überzieht, die mit Hauſenblaſe oder Lackfirnis aufgetragen werden. Die Dicke der unechten Gold- und Silberfolien beträgt etwa 0,05 mm, die von Knittergold $^1/_{90}$—$^1/_{68}$ mm, während Rauſchſilber $^1/_{66}$—$^1/_{40}$ mm dick iſt (vgl. a. Blattmetalle, Bd. 2, S. 40, Edelſteinſchleiferei).

Literatur: Zeitſchr. f. Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge 1905/06. *Dalahow.*

Folium von Descartes, ſ. Descarteſches Blatt.

Fonciermaſchine (Grundiermaſchine), in der Buntpapierfabrikation die Maſchine, die das Grundieren der zu bedruckenden bezw. das Färben der ſchlichten Papiere auf mechaniſchem Wege auszuführen hat; ſ. Buntpapierfabrikation, Bd. 2, S. 395. *Kraft.*

Fontaine, ſ. Springbrunnen unter Zierbrunnen.

Fontur, die Nadelreihe eines Wirkſtuhles (ſ. a. Wirkerei).

Foraminiferenkalk, ein lediglich aus Schalen von Foraminiferen (Urtiere) von Sandkorngröße beſtehender Kalkſtein, der dem mittleren Grobkalk des Pariſer Beckens zugerechnet wird. Die Kalkſteine ſind im allgemeinen weich und porös und wenig widerſtandsfähig gegen Druck. *Leppla.*

Forellenſtein, ſ. Gabbro.

Foreſt-Marmor, ſ. Kalkſtein.

Form (algebraiſche), eine ganze rationale Funktion von beliebig vielen homogenen Veränderlichen, heißt binär, ternär, quarternär, je nachdem die Zahl der homogenen Veränderlichen zwei, drei, vier iſt. Gleich Null geſetzt, liefert eine binäre Form die Gleichung eines Punktſyſtems auf einer Geraden, eine ternäre diejenige einer ebenen Kurve, eine quarternäre diejenige einer Fläche im Raum. Man unterſcheidet quadratiſche, kubiſche, biquadratiſche Formen, je nachdem die Ordnung in den Veränderlichen zwei, drei, vier iſt. Die Formenlehre hat es hauptſächlich mit den durch lineare Subſtitution unzerſtörbaren Eigenſchaften der Formen zu tun (ſ. Invariantentheorie). Die quadratiſchen Formen ſpielen auch in der Zahlentheorie eine Rolle. *Wölffing.*

Form, in der Metallurgie, ſ. Gießerei und Eiſengießerei.

Formänderungen, elaſtiſche, treten bei jedem Bauwerk oder Kon-

ſtruktionsteil infolge Beanſpruchung durch äußere Kräfte und infolge der Elaſtizität (ſ. d.) des Materials ein und bewirken kleine Verſchiebungen der Knotenpunkte bei Fachwerken oder der Achspunkte bei Vollwandträgern.

Da die Elaſtizität bei verſchiedenen Baumaterialien (Beton, Stein) keine vollkommene iſt, ſo hat man zwiſchen bleibenden und elaſtiſchen Formänderungen zu unterſcheiden. Die Summe beider iſt dann die geſamte Formänderung. Die elaſtiſchen Formänderungen ſpielen eine große Rolle bei der Berechnung von ſtatiſch unbeſtimmten Konſtruktionen, indem ſich nur mit ihrer Berückſichtigung die nötigen Gleichungen für die Ermittlung der ſtatiſch unbeſtimmten Größen ergeben. Die elaſtiſchen Formänderungen entſtehen bei einem Fachwerk dadurch, daß infolge ihrer Beanſpruchung die Längen der Stäbe und damit die Winkel der Stabdreiecke ſich etwas ändern; bei den vollwandigen Trägern nähern oder entfernen ſich zwei benachbarte Querſchnitte infolge der Normalkraft N_x, während ſie ſich gleichzeitig infolge des Moments M_x gegeneinander verdrehen. Die Methoden zur Ermittlung der elaſtiſchen Formänderungen ſind verſchieden, je nachdem die Verſchiebungen nach Größe und Richtung oder nur ihre vertikalen Komponenten geſucht ſind. Die letzteren nennt man die Durchbiegungen oder Einſenkungen (ſ. d.). Trägt man die vertikalen Komponenten der Verſchiebungen der Knotenpunkte einer Fachwerksgurtung von einer Horizontalen aus auf, ſo erhält man die Biegungslinie (ſ. d.) der betreffenden Gurtung. Bei den Biegungslinien vollwandiger Träger treten an Stelle der Knotenpunkte die Punkte der Achſe. *Mörſch.*

Formänderungsarbeit, ſ. Verſchiebungsarbeit, Clapeyrons Theorem.

Formänderungswinkel. Iſt (Fig. 1) R die Mittelkraft der links vom Schnitte CC am Fachwerkträger AB angreifenden Kräfte, ſo wirkt in dem vom Schnitte getroffenen unteren Gurtſtabe die Kraft $S = Rr : a = M : a$, wo M das ſtatiſche Moment der angreifenden Kräfte oder das Biegungsmoment bedeutet (ſ. Momentenverfahren). Bezeichnet s die Länge des Stabes, F ſeine Querſchnittsfläche, E den Elaſtizitätskoeffizienten, ſo iſt die elaſtiſche Verlängerung des Stabes $\Delta s = Ss : EF$. Infolge dieſer Verlängerung dreht ſich, wenn alle übrigen Stäbe unverändert bleiben, der linke Fachwerkteil gegenüber dem rechten um den Punkt D (Drehpunkt, ſ. d.). Der Drehungs- oder Formänderungswinkel iſt

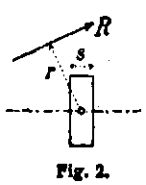


Fig. 2.

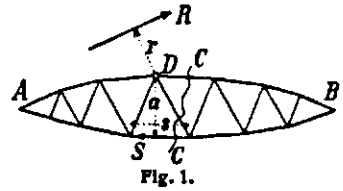


Fig. 1.

$$\delta = \frac{\Delta s}{a} = \frac{S \cdot s}{EF \cdot a} = \frac{M \cdot s}{EF \cdot a^2}.$$

Wird ein vollwandiger Träger auf Biegung beanſprucht, ſo iſt der Krümmungshalbmeſſer der Biegungslinie $\varrho = EJ : M$, worin J das Trägheitsmoment des Trägerquerſchnitts bezeichnet (ſ. Biegung). Iſt s die Länge eines Trägerelementes (Fig. 2) und δ ſein Formänderungswinkel, d. h. der Winkel, um den ſich der eine Querſchnitt gegenüber dem andern dreht, ſo iſt $\delta \cdot \varrho = s$, folglich analog wie oben $\delta = Ms : EJ$. *Mörſch.*

Formaldehyd (Ameiſenſäurealdehyd, Methylaldehyd, Methanal), der einfachſte der Aldehyde (ſ. d.) von der Zuſammenſetzung $H_2CO = H - C\overset{O}{\diagdown\!\!\diagup H}$ und zugleich die einfachſte Verbindung zwiſchen den Elementen Kohlen-, Waſſer- und Sauerſtoff. Früher nur in wäſſeriger Löſung und in Dampfform bekannt, wird er durch ſtarke Abkühlung ſeines Dampfes mit feſter Kohlenſäure zu einer farbloſen Flüſſigkeit verdichtet, die bei etwa -21^0 ſiedet und bei -80^0 das ſpez. Gew. 0,9172, bei -20^0 das ſpez. Gew. 0,8153 beſitzt. Bei -20^0 verwandelt ſich der Formaldehyd langſam, bei gewöhnlicher Temperatur unter exploſionsartigem Aufkochen in eine ſeiner polymeren Modifikationen, das Trioxymethylen $(CH_2O)_3$.

Er beſitzt einen höchſt ſtechenden, durchdringenden Geruch. Sein Dampf greift die Schleimhäute und die Augen ſehr energiſch an. Beim Eindampfen ſeiner wäſſerigen Löſung entweicht der Formaldehyd teils dampfförmig, teils polymeriſiert er ſich zu dem in Waſſer löslichen Paraformaldehyd von butterartiger Konſiſtenz. Durch Trocknen bei mäßiger Wärme, etwa 60^0, geht der Paraformaldehyd in das Trioxymethylen über. Dieſes, eine weiße, undeutlich kriſtalliniſche Maſſe, iſt in Waſſer, Alkohol und Aether unlöslich, ſchmilzt bei 171—172° und geht dabei wieder in den einfachen dampfförmigen Formaldehyd über. Durch Einwirkung von Ammoniak entſteht das Hexamethylentetramin $(CH_2)_6N_4$. Im übrigen zeigt der Formaldehyd die typiſchen Reaktionen der Aldehyde; ſo addiert er Blauſäure, Natriumbiſulfit u. ſ. w.

Der Formaldehyd entſteht, wenn man die Dämpfe von Methylalkohol mit Luft gemengt über eine glühende Platinſpirale oder ein glühendes Kupferdrahtnetz leitet. Techniſch wird der Aldehyd in der Fabrik von Merckliu & Löſekann in Seelze bei Hannover nach einem nicht genauer bekannten Verfahren in großem Maßſtabe dargeſtellt und in 40prozentiger wäſſeriger Löſung nebſt einer Reihe ſeiner Derivate in den Handel gebracht. Ueber die techniſche Darſtellung der Formaldehydlöſungen iſt überhaupt noch wenig bekannt. Im großen ſoll ſie erfolgen durch Ueberleiten von mit Luft gemiſchten Methylalkoholdämpfen über Koksſtücke, die in einem kupfernen Rohr bis zum ſchwachen Glühen erhitzt werden.

Der Formaldehyd findet als ſolcher, wie in ſeinen Verbindungen mit den Salzen der ſchwefligen Säure — oxymethylſulfonſaure Salze — in der Photochemie und als Reduktionsmittel vielfache Verwendung. Von Tollens, Trillat und Cambier und Brochet iſt er als

Desinfektionsmittel eingeführt und zu ſeiner Erzeugung eine einfache Lampe konſtruiert worden. Dieſelbe iſt in Form und Prinzip eine einfache Spirituslampe, die mit Methylalkohol beſchickt wird. Dieſer wird durch einen Docht an ein ſchwach glühendes Platindrahtnetz transportiert und dort zu Formaldehyd oxydiert. Die Lampe vermag pro Tag etwa 5 kg Methylalkohol in Formaldehyd mit etwa 25% Ausbeute umzuwandeln. Schließlich findet der Formaldehyd in der Medizin und unter der Bezeichnung Formalin in der Bakteriologie zur Abtötung von auf Gelatine gezogenen Kulturen ausgedehnte Anwendung, da er die halb verflüſſigte Gelatine durch eine Art Gerinnung wieder feſt macht, dadurch die getötete Kultur in ihren typiſchen Formen erhält und ein Studium der Lebenserſcheinungen derſelben ermöglicht. Formalin iſt eine 35prozentige wäſſerige Formaldehydlöſung; ſpez. Gew. 1,079—1,081. Die Löſung ſpielt in der Desinfektionspraxis und zum Zwecke der Konſervierung eine große Rolle. Sie iſt offizinell (deutſches Arzneibuch.) Glycoformal, ein Desinfektionsmittel, beſteht aus 30 Teilen Formaldehyd, 10 Teilen Glyzerin und 10 Teilen Waſſer. Formalith ſind mit Formaldehydlöſung getränkte Kieſelgurtabletten. Der Nachweis des Formalins in Nahrungsmitteln u. ſ. w. geſchieht nach beſonderen Methoden, die in den einſchlägigen Werken über Nahrungsmittelchemie angegeben ſind. Als Konſervierungsmittel von Fleiſch und Wurſtwaren iſt es laut Fleiſchbeſchaugeſetz vom 3. Juni 1900 ausdrücklich verboten.

Literatur: Schmidt, Lehrbuch der pharmaz. Chemie, Marburg 1901, Deutſches Arzneibuch, IV, 1900; Die Lehr- und Hilfsbücher über Nahrungsmittelchemie; Beilſtein, Handbuch der organiſchen Chemie, 3. Aufl., Bd. 1, S. 910, Hamburg und Leipzig 1893. *Bujard.*

Formaldehydlöſung, Formalin, ſ. Formaldehyd.

Format, in der Buchdruckerei und im Papierhandel die Größe eines Papierbogens, zu deren Unterſcheidung es bisher eine Anzahl Größenbezeichnungen gab, die auch zum Teil heute noch gebraucht werden und häufig wohl im Namen, aber nur ſelten in den Größenverhältniſſen, wie ſie die verſchiedenen Fabriken anfertigen, übereinſtimmen. Um auch letzteres zu erreichen, hat man zwölf Normalformate aufgeſtellt, die von 33·42 cm (das offizielle Reichsformat für Akten u. dergl.) bis zu 57·78 cm ſteigen, auch meiſt von den Fabriken auf Lager gehalten werden, gleichwohl aber noch nicht allgemein eingeführt ſind.

Buchhändler und Buchdrucker bezeichnen mit Format die Seitengröße eines Buches; Folio entſpricht einem halben (einmal gebrochenen) Bogen, Quart einem Viertel und Oktav einem Achtel (zumeiſt von einem Bogen von 46 × 59 cm), Duodez einem Zwölftel, Sedez einem Sechzehntel, Oktodez einem Achtzehntel. Je nach der Größe des verwendeten flachen Bogens gibt es Groß- und Kleinfolio, Groß- und Kleinquart u. ſ. w. Bei allen dieſen Einteilungen kann der Bogen nach gewiſſen Regeln derart gebrochen (gefalzt) werden, daß ſchließlich eine Buchlage mit richtiger Seitenfolge vorliegt. Ferner bezeichnet der Buchdrucker mit „Format" noch die Dimenſionen des eigentlichen Satzſpiegels und endlich die Einteilung der Räume zwiſchen den Kolumnen eines Bogens, damit das Satzbild jeder Seite richtig im Felde ſteht. Ueber Formatmachen und Formatſtege ſ. Buchdruckerkunſt.

Literatur: Vgl. Ramm und Seemann, Die deutſchen Papiernormalformate, veranſchaulicht in Papier und Druck, Leipzig 1900. *A. W. Unger.*

Formation (Sedimentärformation), ſ. Schichtgeſteine.

Formatwagen, bei der Papierfabrikation über dem Siebtiſch der Langformmaſchine angeordnete Vorrichtung, welche die ſogenannten Deckelriemen trägt und mit einer Einrichtung verſehen iſt, durch welche die Entfernung dieſer Riemen und damit die Breite bezw. das Format des Papieres beliebig eingeſtellt werden kann; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Formatwalze, in der Pappefabrikation die am Ende der Maſchine angeordnete Walze, auf die ſich das Papierzeug bis zur beabſichtigten Dicke der Pappe aufwickelt und die daher durch ihren Durchmeſſer das Format der Pappe beſtimmt; ſ. Pappefabrikation. *Kraft.*

Formdeckel, eine bei der Fabrikation des Handpapiers angewendete, aus einem Holzrahmen beſtehende Vorrichtung, die auf die ſogenannte Papierform aufgeſetzt wird und dazu dient, das zu einem Papierbogen nötige Papierzeug auf der Form zuſammenzufaſſen; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Formeiſen, ſ. v. w. Faſſoneiſen (ſ. Normalprofile).

Formel, der mathematiſche Ausdruck für den Zuſammenhang gewiſſer Größen auf Grund von Erfahrungen oder Hypotheſen.

Literatur: Linders, Die Formelzeichen, Leipzig 1905. *Wölffing.*

Formen heißen Oeffnungen in den Wänden metallurgiſcher Oefen zur Einführung des Gebläſewindes in den Schmelzraum oder zur Abführung von Schlacken (Windformen, Schlackenformen).

Zum Schutz gegen Erweiterung durch Wegſchmelzen des Mauerwerks ſind die Oeffnungen heute in der Regel mit doppelwandigen waſſergekühlten und leicht auswechſelbaren Metallröhren ausgekleidet, die ebenfalls Formen genannt werden (ſ. a. Roheiſen, der Hochöfen). *Bochert.*

Formflaſche, ſ. Eiſengießerei, Bd. 3, S. 357.

Formfräſen, ſ. Faſſonieren.

Formfräſer (Profil-, Zahnradfräſer), Walzenfräſer, die nur für eine einzige beſtimmte Form benutzbar ſind; ſ. Fräſer.

Formgebung in der Architektur beſchäftigt ſich mit der Geſtaltung der einzelnen Bauglieder.

Die Formgebung muß ſich gewiſſen ſtrengen Bildungsgeſetzen unterwerfen, und dieſe Geſetze bilden das, was man Stil zu nennen pflegt. Insbeſondere wird aber die Formgebung abhängig ſein: 1. von dem Zwecke des Baugliedes, ſo wird z. B. eine Säule durch ihre Form ihren Zweck, hier das Stützen einer Laſt, anzudeuten haben; 2. von dem Material, ſo iſt ein Marmorgeſimſe ganz anders auszubilden als ein Backſteingeſimſe; 3. von den Prozeduren bei der Herſtellung der Kunſtform, ſo wird z. B. der ſchaffende Künſtler, der ein Eiſengitter zu entwerfen hat, eine andre Formbildung vorſchlagen müſſen, wenn das Gitter aus Schmiedeeiſen anzufertigen wäre, als wenn es aus Gußeiſen gegoſſen werden ſoll; 4. von der hiſtoriſchen Entwicklung der Stilarten im engeren Sinne. Ein Architekt wird, wenn er ein Bauwerk entwirft, gebunden ſein, einen beſtimmten Stil zu wählen, ſei es gotiſch, romaniſch, Renaiſſance oder die modernſte Bauweiſe. Das Untereinanderwerfen von Formen, die verſchiedenen Stilarten angehören, iſt entſchieden zu verwerfen.

Literatur: Semper, G., Der Stil, Frankfurt 1860; Schubert-Soldern, Z., Ein Beitrag zur Charakteriſtik der Stilgeſetze, Prag 1882; Göller, A., Die Entſtehung der architektoniſchen Stilformen, Stuttgart 1888. *Weinbrenner.*

Formierung, ſ. Akkumulatoren für Elektrizität.

Formkaſten, ſ. Gießerei und Eiſengießerei, Bd. 3, S. 357 ff.

Formkoefficient, ſ. Schiffsberechnung.

Formmaſchinen, ſ. Eiſengießerei, Bd. 3, S. 359.

Formſchneidekunſt, ſ. v. w. Holzſchneidekunſt (ſ. d.).

Formſpatel (Formlöffel), einfaches Werkzeug, meiſt aus Eiſen, zum Ausbeſſern der Formen in der Gießerei; ſ. Eiſengießerei, Gießerei.

Formſtähle, ſ. Werkzeugſtähle.

Formſtecherei, ſ. Handdruck.

Formſtichel, ſpanabnehmende Werkzeuge, deren Schneiden ſich der Oberflächengeſtalt der zu erzeugenden Fläche völlig anſchließen; ſ. Werkzeugſtähle.

Formſtifte oder Formerſtifte ſind Nägel von quadratiſcher Form (Drahtſtifte), ohne Kopf, jedoch am dicken Ende gerade abgehauen.

Länge 1—4 cm, Gewicht 1000 Stück = 0,12—0,5 kg; dienen zur Befeſtigung einzelner Teile der Gußform, um deren einſpringende Kanten vor dem Fortreißen durch das Metall zu ſichern. (Vgl. Ledebur, A., Lehrbuch der mechaniſch-metallurgiſchen Technologie, Braunſchweig 1905. — Karmarſch-Fiſcher, Mechaniſche Technologie, Leipzig 1891.) *Dalchow.*

Formwiderſtand, ſ. Schiffswiderſtand.

Formzahl, in der Forſttechnik Erfahrungsfaktor, mit dem das Produkt aus Querſchnittsfläche und Höhe eines Baumes multipliziert werden muß, um den Holzgehalt zu ermitteln.

Formziegel. Unter Formziegel ſind alle diejenigen Ziegel zu verſtehen, die eine Form haben, die von jener der gewöhnlichen rechtwinkligen Ziegel abweicht. Es ſind zweierlei Arten von Formziegeln zu unterſcheiden: Formziegel für konſtruktive und ſolche für dekorative Zwecke. Zu erſteren gehören die Gewölbeziegel, Schornſtein- und Brunnenſteinziegel u. ſ. w., zu letzteren alle Geſims-, Faſchenziegel u. ſ. w.

Von Formziegeln für konſtruktive Zwecke ſeien hier zunächſt die Brunnenziegel ſowie die Schornſtein- oder Kaminziegel genannt. Es ſind Keilſteine, wobei jedoch, im Gegenſatz zu den Gewölbeziegeln, nicht die breiteſten Flächen zueinander keilförmig angeordnet ſind, ſondern zwei ſchmale Flächen. In Fig. 1 iſt ein Schornſteinziegel abgebildet, der als Binder, und in Fig. 2 ein ſolcher, der als Läufer zur Verwendung gelangt; beide können auch als Brunnenziegel benutzt werden. Aehnlich ſind auch die Formziegel zur Herſtellung von Säulenſchäften, falls dieſelben, wie dies namentlich für Innendekoration vielfach der Fall iſt, nachträglich geputzt werden. Für beſondere Zwecke, wenn es ſich darum handelt, ein Mauerwerk zu erhalten, deſſen einzelne Steine gegen Verſchiebung tunlichſt geſichert ſind, werden Formziegel angewendet, die mit Vorſprüngen verſehen ſind, die in die Vertiefungen der darüber- oder darunterliegenden Ziegel hineinpaſſen (ſ. a. Feuerſchutzſteine).

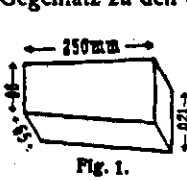


Fig. 1.

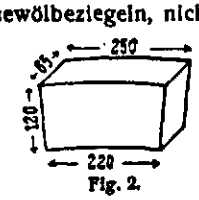


Fig. 2.

Formſteine für dekorative Zwecke. Dieſe Ziegel ſind außerordentlich mannigfaltig; es iſt daher ganz ausgeſchloſſen, ſie hier alle einzeln aufzuführen. Man unterſcheidet Profil- und ornamentierte Ziegel; bei erſteren hat der Ziegel in ſeiner ganzen Stärke oder Länge

denſelben Querſchnitt, der irgendeine architektoniſche Form zeigt. Dadurch, daß mehrere Profilziegel gleicher Form nebeneinander geſtellt werden, entſteht ein fortlaufendes Geſims, eine Tür- oder Fenſterumrahmung oder dergl. In der Annahme, daß der Ziegelblendbau größere Anwendung finden würde, wenn Profilſteine in größerer Zahl und entſprechender Form auf den Ziegeleien vorrätig gehalten würden, hat auf Anregung des Architektenvereins zu Berlin der

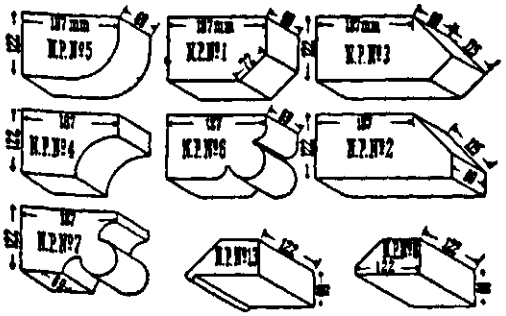


Fig. 8—15.

Fig. 16. Anſichtsfläche 6,3 × 25,4 cm.

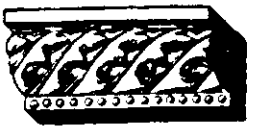


Fig. 17. Anſichtsfläche 12,7 × 25,4 cm.

Verein für Fabrikation von Ziegeln u. ſ. w. beſchloſſen, den Verblendſteinfabriken einige ſolche Profilſteine als Normalformſteine vorzuſchlagen; dieſelben ſind in Fig. 3—15 zur Abbildung gebracht (die Hauptdimenſionen und die Bezeichnung derſelben, die für alle Dimenſionen gleich iſt, ſind eingeſchrieben). Zu den betreffenden Profilſteinen ſind möglichſt auch Eckſteine (im rechten Winkel) 122 mm und in den Seiten ſo lang vorrätig zu halten, daß nach Abzug des Profils $^1/_2$ oder $^3/_4$ Stein von der Ecke aus übrigbleibt.

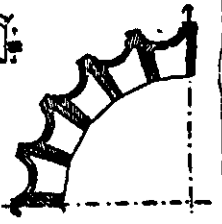


Fig. 19.

Fig. 18. Anſichtsfläche 25,4 × 25,4 cm.

Während dieſe Profilſteine mit Ausnahme der Eckſteine ſowohl mittels Handſtrichs als auch mittels Strang- oder Trockenpreſſen hergeſtellt werden können (ſ. Ziegelfabrikation), können die ornamentierten Ziegel, wenigſtens ſoweit ſolche größere Vertiefungen oder überhaupt ein kräftigeres Relief zeigen, nur mittels Handſtrichs oder mittels Trocken- oder Nachpreſſen maſchinell hergeſtellt werden. Da ſich namentlich die Trockenpreſſung zur Herſtellung ſolcher Ziegel bei Maſſenfabrikation eignet, ſo finden dieſe Ziegel in den Vereinigten Staaten von Amerika, wo die Trockenpreſſung weitverbreitet iſt, die ausgedehnteſte Anwendung. In Fig. 16 bis 18 ſind einige ſolcher amerikaniſchen ornamentierten Ziegel dargeſtellt nach dem Katalog der Trockenpreßziegelfabrik von Anthony Ittner in St. Louis, Mo.

Größere Formziegel, die ſich den Bauterrakotten nähern, werden meiſt in Gipsformen hergeſtellt und hauptſächlich für Bogen, Säulentrommeln, Kapitäle, ſtark vortretende Geſimſe u. ſ. w. benutzt. Fig. 19 zeigt den Viertelgrundriß einer Säulentrommel aus profilierten Formziegeln.

Literatur: Notizblatt des Deutſchen Vereins für Fabrikation von Ziegeln u. ſ. w., 1879, Heft 1; Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 1; Deutſche Bauzeitung 1894, Nr. 74; Deutſche Töpfer- und Ziegler-Zeitung 1893, Nr. 34 ff.; Notizblatt des Deutſchen Ziegler- und Kalkbrennervereins, 1886, 3. Heft; Keramiſche Monatshefte 1903, 7., 9. und 12. Heft. *Dümmler.*

Forſt, ſ. v. w. Firſt (ſ. d.).

Forſtakademie, höhere Bildungsanſtalt, in der die Forſtwiſſenſchaft in ihrem ganzen Umfange gelehrt wird.

Das Gebäude ſoll neben den Lehrräumen und etwaigen Wohnungen Raum für Sammlungen von Hölzern, Geſteinen und Tieren des Waldes enthalten. Außerdem iſt in der Nähe ein Forſtgarten anzulegen zu Verſuchen über Anzucht und Kultur von Waldbäumen u. ſ. w. *Weinbrenner.*

Forſtaufnahme (Forſtvermeſſung), ſ. Waldvermeſſung.

Forſthaus (Förſterei), Dienſtgebäude von Forſtbeamten höheren oder niederen Ranges mit vollſtändiger Familienwohnung nebſt Zimmern für Forſtgehilfen u. dergl.

In manchen Gegenden oder Ländern ſind die Forſthäuſer einſam und in der Nähe oder in Mitte des Waldgebiets oder -bezirks erbaut, wodurch außer der Wohnung noch Gebäude zu landwirtſchaftlichem Betrieb erforderlich werden. Auch ſind eventuell Räume zur Beherbergung und Bewirtung von Gäſten, Jägern u. ſ. w. und zur Unterbringung einer größeren Zahl von Hunden (Hundezwinger) zu beſchaffen. *Weinbrenner.*

Forſtſchutzſtreifen (Feuerſchutzſtreifen, Sicherheitsſtreifen), d. h. Geländeſtreifen beiderſeits der Eiſenbahn, die durch ihren Zuſtand verhindern, daß in Wäldern, Heiden und trockenen Mooren Brände durch Flugfeuer entſtehen oder ſich fortpflanzen.

Während nach der älteren Auffaſſung ſolche Geländeſtreifen von Waldbeſtänden vollſtändig zu befreien und wund zu halten oder nur in beſtimmter Weiſe wirtſchaftlich zu benutzen

waren, ſieht man jetzt (Kienitzſches Verfahren) als beſte Schutzanlagen mit Holz beſtandene Streifen von ſolcher Breite (etwa 12—15 m) an, daß die glühenden Kohlenſtückchen nicht hindurch oder über ſie hinwegfliegen können. Da Waldbrände immer im Bodenüberzug entſtehen, empfiehlt es ſich, den Bodenüberzug der Schutzſtreifen von brennbaren Stoffen wie Heidekraut, Wacholder, hohes, trockenes Gras, abgefallene trockene Zweige u. ſ. w., freizuhalten, auch die Bäume auf dem Schutzſtreifen bis 1,5 m Höhe von allen trockenen Aeſten zu befreien. Gegen das Ueberlaufen entſtandener Brände ſind zwiſchen der Bahnböſchung und dem Schutzſtreifen und zwiſchen dieſem und der dahinterliegenden zu ſchützenden Forſt u. ſ. w. Gräben oder Wundſtreifen von 1—1,5 m Breite erforderlich, die in gewiſſen Abſtänden (20—40 m) durch ebenſolche Quergräben oder Querſtreifen verbunden werden. *Cauer.*

Forſtziegel, ſ. v. w. Firſtziegel (ſ. d.).

Fort, ſ. Feſtungsbau.

Fortführung, Fortſchreibung, ſ. Kataſter.

Fortifikation, ſ. Feſtungsbau.

Fortſchaufelungsofen, ſ. Blei, Bd. 2, S. 62.

Fortſchellwecker, ſ. Alarmvorrichtungen, Bd. 1, S. 123.

Forum, ein Platz der römiſchen Städteanlagen, zum Teile gleichbedeutend mit unſern Marktplätzen; ſo gab es in Rom ein Forum boarium (Rindermarkt), ein Forum olitorium (Gemüſemarkt), ein Forum cupedinis (Naſchmarkt) u. ſ. w.; dann hatte aber auch jede größere Stadt mindeſtens ein Forum, das zu Beratungen und Verſammlungen des Volkes diente und den Mittelpunkt des öffentlichen Lebens bildete. Dasſelbe zeigt im Prinzip die gleiche Anlage wie die Agora (ſ. d.) der Griechen.

In Rom war die Ausſtattung der Fora eine glänzende; ſie waren mit Marmorplatten gepflaſtert, mit Triumphbogen, Ehrenſäulen und Bildwerken geſchmückt, von ſchattigen Säulenhallen zum Teile umzogen, und der Ort, wo außer mehreren Tempeln namentlich die glanzvollen Baſilikaanlagen und andre Bauten für den öffentlichen Verkehr ihren Platz fanden. Auf dieſen Plätzen wurden große Volksverſammlungen einberufen und von einer mächtigen Rednerbühne herab die einflußreichſten Reden gehalten. Das älteſte große Forum in Rom iſt das Forum Romanum [1], das insbeſondere durch Cäſar und Auguſtus durch glanzvolle Bauten verſchönert wurde, zu welchem namentlich die Baſiliken Julia, Fulvia und Aemilia gehörten. Vielleicht noch koloſſaler und prachtvoller in der Ausſtattung war das Forum Trajanum, das als ein Weltwunder angeſtaunt wurde und die Basilica Ulpia zu ſeinen Prachtbauten zählte. Nur ein kleiner Teil dieſer Anlage iſt heute ausgegraben. Das beſte Bild eines römiſchen Forums gibt uns das Forum von Pompeji; wenn dieſes auch nur für eine Provinzſtadt beſtimmt war, ſo iſt es anderſeits ſo wohl erhalten, daß ſich hier die Anlage am beſten feſtſtellen läßt. Pompeji beſitzt noch ein zweites Forum, das älter, aber auch kleiner iſt und nach ſeiner Geſtalt das Forum triangulare genannt wird.

Literatur: [1] Hülſen, Ch., Forum Romanum, Rom 1892.

Foſſil, wörtlich „gegraben", bedeutet in der Geologie „verſteinert", und man bezeichnet damit alle durch mineraliſche Prozeſſe in Geſtein übergeführte Reſte von tieriſchen oder pflanzlichen Lebeweſen (Foſſilien). Vgl. Verſteinerung.

Foſſile Brennſtoffe, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 284.

Foſter, engliſches Gewicht für Blei = 28 Ztr. = 1422,5 kg.

Foucaultſcher Pendelverſuch. Der Pendelverſuch Foucaults dient als experimenteller Beweis für die Achſendrehung der Erde. Ein ſchwingendes Pendel behauptet zufolge des Beharrungsvermögens möglichſt ſeine Schwingungsebene. Ein am Pol der Erde aufgehängtes Pendel müßte im Laufe eines Sterntags ſeine Richtung in bezug auf die Erdoberfläche, der Bewegung des Fixſternhimmels folgend, um 360° verändern, ein am Aequator aufgehängtes Pendel ändert dagegen ſeine Richtung im Horizont nicht.

Ein in der geographiſchen Breite φ ſchwingendes Pendel zeigt eine tägliche Aenderung des Azimuts ſeiner Schwingungsebene um $360° \sin \varphi$. Es läßt ſich nämlich die Rotation der Erde um ihre Achſe mit der Winkelgeſchwindigkeit ω in zwei Komponenten zerlegen, in eine Rotation um einen durch den Aufhängeort des Pendels gehenden Erddurchmeſſer mit der Winkelgeſchwindigkeit $\omega \sin \varphi$ und in eine Rotation um einen zu dieſem ſenkrechten Durchmeſſer mit der Winkelgeſchwindigkeit $\omega \cos \varphi$. Gegenüber dieſer letzteren verhält ſich das am Orte von der geographiſchen Breite φ aufgehängte Pendel wie ein Aequatorpendel, gegenüber jener wie ein Polpendel. Die Winkelgeſchwindigkeit des Pendels in Beziehung auf den Horizont iſt alſo $\omega \sin \varphi$ und erzeugt die tägliche Drehung vom Betrage $360° \sin \varphi$. — Foucault [1] hat den Verſuch im Jahre 1852 im Pantheon zu Paris mittels eines 67 m langen und 28 kg ſchweren Pendels ausgeführt. Für kürzere Beobachtungszeiten genügen Pendel von wenig Meter Länge, für die ſich die im Art. Aufhängung beſchriebene Cardaniſche Aufhängung empfiehlt. Die mathematiſche Theorie des Foucaultſchen Pendelverſuchs bietet ihre beſonderen Schwierigkeiten; die obige nach [2] gegebene einfache Theorie iſt für ſehr kurze Pendel im luftleeren Raum unanfechtbar, wohl auch für längere Pendel, wenn man vorausſetzt, daß ſie nicht infolge

Loslaſſens aus der abgelenkten Lage, ſondern infolge eines in der Gleichgewichtslage erhaltenen Stoßes ſchwingen. Zur weiteren Orientierung ſei verwieſen auf [3] und auf die in [4] zuſammengeſtellten Literaturangaben.

Literatur: [1] Foucault, Compt. rend., 1851, 32, S. 135. — [2] Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Leipzig 1870, S. 59. — [3] Weihrauch, Ueber Pendelbewegungen bei ablenkenden Kräften, 1886, Exners Repertorium, 22, S. 480 und 643. — [4] Auerbach, Winkelmanns Handbuch der Phyſik, Breslau 1891, 1, S. 181. *Aug. Schmidt.*

Foulard, ſ. Weberei.

Fourdrinierma ſchine, die zur Erzeugung ſogenannten endloſen Papieres dienende Langformmaſchine; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Fourierſche Integrale ſind Doppelintegrale von der Form:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} d\alpha \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\lambda)\cos\alpha(\lambda - x)\, d\lambda \right\},$$

welche die Funktion $\varphi(x)$ für $-\infty < x < +\infty$ darſtellen. Sie entſtehen durch Erweiterung des Gültigkeitsintervalls der Fourierſchen Reihe (ſ. d.).

Fourierſche Näherungsmethode, ſ. Gleichungen.

Fourierſche Reihen, trigonometriſche Reihen, die nach Sinus und Coſinus der vielfachen Argumente fortſchreiten.

Iſt $\varphi(x)$ eine Funktion von x, ſo kann man ſie nur auf eine Weiſe in eine Fourierſche Reihe entwickeln: $\varphi(x) = \frac{1}{2}b_0 + b_1\cos x + b_2\cos 2x + \ldots + a_1\sin x + a_2\sin 2x + \ldots$, wo $b_m = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\varphi(\alpha)\cos m\alpha\, d\alpha$; $a_m = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\varphi(\alpha)\sin m\alpha\, d\alpha$. Dieſe Reihe konvergiert für $-\pi < x < \pi$ und ſtellt in dieſem Intervall die Funktion dar, ſoweit ſie ſtetig iſt. Für $x = \pm\pi$ nimmt die Reihe den Wert $\frac{\varphi(\pi) + \varphi(-\pi)}{2}$ an; für Werte von x, an welchen die Funktion einen Sprung von a nach b ausführt, liefert die Reihe den Wert $\frac{a+b}{2}$.

Die Fourierſche Reihe kann auch zur Darſtellung von ſolchen Funktionen dienen, welche innerhalb des gegebenen Intervalls in einzelnen Teilen ihres Verlaufs verſchiedene Geſetze befolgen. Jedoch darf die Funktion weder unendlich werden noch unendlich viele Unſtetigkeitspunkte noch unendlich viele Maxima und Minima zwiſchen $-\pi$ und $+\pi$ beſitzen. Die Fourierſchen Reihen ſpielen in der mathematiſchen Phyſik, insbeſondere in der Theorie der Saitenſchwingungen und in der Wärmetheorie eine Rolle.

Literatur: [1] Riemann, Partielle Differentialgleichungen, Braunſchweig 1876, 2. Aufl., 2. Abſchn. — [2] Serret, Lehrbuch der Integralrechnung, deutſch von Harnack, Leipzig 1885, 1. Hälfte, Anhang. — [3] Meyer, G. F., Vorleſungen über die Theorie der beſtimmten Integrale, Leipzig 1871, 1. Buch, 2. Abt., Kap. 4. — [4] Beau, O., Analytiſche Unterſuchungen im Gebiet der trigonometriſchen Reihen und der Fourierſchen Integrale, 2. Aufl., Halle 1885. — [5] Friſchauf, J., Vorleſungen über Kreis- und Kugelfunktionenreihen, Leipzig 1897. — [6] Byerly, An elementary treatise on Fourier's series and spherical cylindrical and ellipsoidical harmonics, Boſton 1893. — [7] Neumann, C., Ueber die nach Kreis-, Kugel- und Zylinderfunktionen fortſchreitenden Entwicklungen, Leipzig 1881. — [8] Rübenſtein, Ueber Darſtellung von Funktionen durch periodiſche Reihen, Mähriſch-Oſtrau 1903. — [9] Blaſel, Beitrag zur Theorie periodiſcher Reihen, Leobſchütz 1903. — [10] Sachſe, Verſuch einer Geſchichte der Darſtellung willkürlicher Funktionen einer Variabeln durch trigonometriſche Reihen, Göttingen 1879. *Wölffing.*

Fourniere, Fourniermaſchinen u. ſ. w., ſ. Furniere.

Foyer (Foier), urſprünglich ſ. v. w. Feuerherd, ein Raum mit einem Ofen zum Wärmen in ungeheizten Theatern; heute ſind es Räume der neuen Theateranlagen, beſtimmt zur Erholung des Publikums in den Zwiſchenpauſen. Es iſt zumeiſt der am prachtvollſten ausgeſtattete Raum der ganzen Anlage, der ſich am häufigſten über dem Veſtibüle befindet und oft mehrere Nebenräume mit Büfett und Café beſitzt. *Weinbrenner.*

Frachtdampfer, ſ. Dampfertypen.

Frachtgut, -karte, -vertrag, ſ. Eiſenbahnverkehr III.

Frachtmagazin, ſ. Güterbahnhöfe.

Frachtſchiffe auf Flüſſen und Kanälen, ſ. Flußſchiffahrt und Kanalſchiffahrt.

Fräsbohrer, ein dem Schneidzirkel (ſ. d.) ähnlich gebautes Werkzeug zum Einſchneiden kreisförmiger ſchmaler Furchen.

Fräſe, ſ. Fräfer.

Fräfer, Schneidwerkzeug für Metalle und Holz, das aus mehreren miteinander vereinigten, um eine gemeinſame Achſe ſich drehenden Schneidezähnen beſteht.

Seine Vorteile beruhen auf der Vielfeitigkeit der Verwendung zur Erzeugung der verfchiedenften Formen, in der größeren Leiftungsfähigkeit und Wirtfchaftlichkeit gegenüber andern Arbeitsftählen mit nur einem Schneidzahn, der wie beim Drehen und Hobeln unausgefetzt oder mit geringen Paufen arbeitet. Beim Fräfer greifen, wie Fig. 1 zeigt, gleichzeitig mehrere Schneiden an. Dabei arbeiten die Zähne nur auf einem geringen Teil des Fräferumfanges von *a* nach *b*, fo daß fie auf dem längeren Wege von *b* nach *a* Zeit zur Abkühlung haben. Hierin ift die höhere Schnittgefchwindigkeit des Fräfers mitbegründet. Die einzelnen Fräferzähne find als Arbeitsftähle aufzufaffen und müffen daher wie diefe entfprechenden Anftellungs-, Zufchärfungs- und Schneidwinkel haben. Die größere Leiftungsfähigkeit des Fräfers gegenüber dem Hobelftahl ift ferner darin begründet, daß die einzelnen Fräferzähne in fchneller Folge aufeinander kleinere Späne abnehmen, während der Hobelftahl bei jedem Arbeitsgange mit heftigem Stoß anfetzt und einen möglichft ftarken Span nimmt. Der Vorfchub des Arbeitsftückes erfolgt entgegen der Umlaufrichtung des Fräfers und entgegen den Bruftflächen der Zähne. Es entftehen kommaartige Späne *c*, Fig. 1, in dem Sinne, daß die Stärke der Späne auf dem Arbeitswege der Zähne von *a* nach *b* allmählich zunimmt. Hierin ift der ruhige, gleichmäßige Arbeitsgang der Fräfer begründet und damit eine weitere Steigerung der Leiftungsfähigkeit gegeben. Der Fehler, daß das Werkftück dem Fräfer in entgegengefetzter Richtung zugeführt wird, kommt bei ungeübten Arbeitern zum Schaden des Fräfers und der Fräsmafchine nicht felten vor. Die Vorteile für die Profilfräferei ergeben fich hauptfächlich bei den hinterdrehten Fräfern.

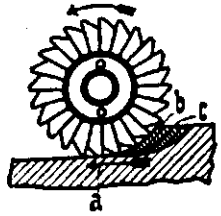


Fig. 1.

Arbeitsverhältniffe. Die Arbeit des Fräfers erfordert zwei verfchiedene Bewegungen: 1. Umdrehung des Fräfers (Schnittgefchwindigkeit *c*), 2. Vorrücken des Werkftückes zum Fräfer oder des Fräfers zum Werkftück (Schalt- oder Transportgefchwindigkeit *p*).

Nach Reinecker-Chemnitz ift die Schnittgefchwindigkeit $c = \frac{\pi n D}{60}$ in mm/sec,

wenn n = Umdrehungszahl des Fräfers in der Minute, D = Durchmeffer des Fräfers in Millimetern ($n = 5000 : D$ für Gußftahl und Gußeifen, $n = 6000 : D$ für Schmiedeeifen und Martinftahl, $n = 8000$—$10000 : D$ für Meffing, Rotguß, Bronze und Kupfer). Folglich für Gußftahl und Gußeifen $c = 261$ mm/sec, für Schmiedeeifen und Martinftahl $c = 314$ mm/sec, für Meffing und weichere Metalle $c = 419$—523 mm/sec.

Die Schaltgefchwindigkeit *p* ift abhängig von der Schneidfähigkeit des Fräfers, von der Fräsmafchine und von der Härte des Werkftückes. Nach Reinecker ift $p = 15$ bis 30 mm/min für Gußftahl, Gußeifen und Schmiedeeifen; für weichere Metalle wird *p* max. bis 50 geftattet.

Art der Schaltung: 1. geradlinig und fenkrecht zur Fräferachfe, 2. geradlinig und parallel zur Fräferachfe, 3. kreisförmig, 4. kurvenförmig.

Einteilung der Fräfer nach der mit ihnen zu erzeugenden Form parallel zur Fräferachfe in 1. Fräfer mit geradlinigen Schneidflächen, 2. Fräfer mit krumm- oder kreislinigen Schneidflächen.

Einteilung in bezug auf Oertlichkeit der Verzahnung bezw. der Schneidzähne in 1. Mantelfräfer (Zähne am Umfange des Fräfers), 2. Axialfräfer (Zähne parallel zur Fräferachfe), 3. Stirnfräfer (Zähne fenkrecht zur Fräferachfe), 4. Innere oder Hohlfräfer (Verzahnung an den Bohrungen).

Einteilung nach Form, Angriffsweife und Nachfchärfung der Zähne in Fräfer des alten und des neuen Typus.

a) Fräfer des alten Typus erhalten möglichft wenig Zähne, um ftarke Späne abheben zu können; eignen fich befonders für Planarbeiten zur Erzielung großer Leiftungen. Bei weichem Material wählt man Zähne mit großer, bei hartem mit kleiner Teilung. Für amerikanifche Fräfer gilt Teilung $t = 1{,}2\sqrt{D}$, Zähnezahl $Z = \frac{\pi D}{t}$, wobei D = äußerer Fräferdurchmeffer in Millimetern. Reinecker benutzt für Schlichtzähne und Fräfer ohne Spiralzähne $t = 1{,}6\sqrt{D}$.

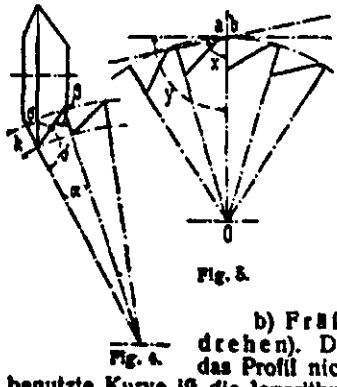


Fig. 3. Fig. 4.

Bei Fräfern nach Fig. 2 ift der Winkel, den die Leitlinie mit der Bafis bildet, 60—75°. Für europäifche Fräfer werden die Winkel 20 und 40°, für amerikanifche 12 und 40° nach Fig. 3 gewählt. Es läßt fich fomit der Schneidwinkel β (Fig. 4), der Einftellungswinkel $90° - \beta$, die Höhe des Zahnes *h* und die Dicke desfelben beftimmen. Da $\sphericalangle \alpha = 360 : Z$, $\beta = 180° - (\alpha + \delta)$, $\delta = 180° - \varepsilon$, folglich $\beta = \varepsilon - \alpha$, Zahnhöhe $h = 0{,}62$—$0{,}75\,t$ bei europäifchem Typus, Zahnhöhe $h = 0{,}87$—$1{,}0\,t$ bei amerikanifchem Typus.

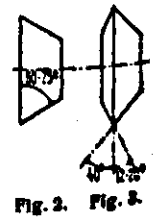


Fig. 2. Fig. 3.

Das Schleifen gefchieht durch Anfchleifen der Facette *ab* (Fig. 5), fo daß $\sphericalangle abO$ Schneidwinkel *x* des Zahnes ift. $y - x$ heißt Anftellwinkel; Abfchleifung $ab = 0{,}5$—$1{,}0$ mm.

b) Fräfer des neuen Typus, hinterdrehte Fräfer (f. Hinterdrehen). Die Eigenart diefer ift darin begründet, daß fie beim Nachfchleifen das Profil nicht verändern. Die bei diefen Fräfern für die Rückfeite der Zähne benutzte Kurve ift die logarithmifche Spirale, welche die Eigenfchaft befitzt, in jedem Punkte mit dem Radius einen konftanten Winkel zu bilden. Die Linie *bc* des Vierecks *abcd* (Fig. 6)

iſt nach der logarithmiſchen Spirale gekrümmt, ſo daß jeder ihrer Punkte mit dem Durchmeſſer konſtante Winkel bildet. Infolgedeſſen iſt das Nachſchleifen einfacher, da nur dafür geſorgt zu werden braucht, daß die Fläche *a b* ihre radiale Stellung behält. Bei hinterdrehten Fräſern beſteht keine beſtimmte Abhängigkeit zwiſchen Zähnen und Durchmeſſer. Die Zahnhöhe iſt abhängig von der Tiefe der einzuſchneidenden Profile. Die Teilung richtet ſich nach der Zahnhöhe und der Tiefe des ein-

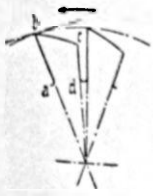


Fig. 6.

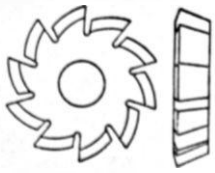


Fig. 7.

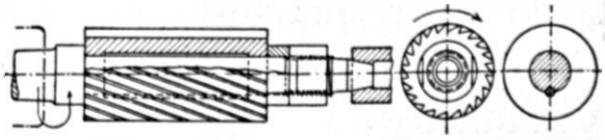


Fig. 8.

zuſchneidenden Profiles. Die Zähne der hinterdrehten Fräſer ſind kräftiger als die des alten Typus, zittern daher weniger und brechen ſeltener aus. Sie können rechtwinklig hinterdreht ſein (Fig. 7) oder unter einem ſchiefen Winkel (D.R.P. Nr. 52042 Reinecker, Chemnitz). Letztere Anordnung mit etwas ſeitlich verſchobenem Profil ergibt einen für die Schneiden an allen Stellen günſtigeren Schneidwinkel.

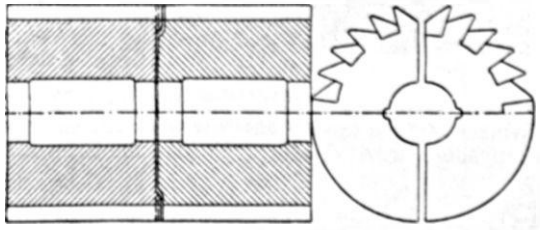


Fig. 9.

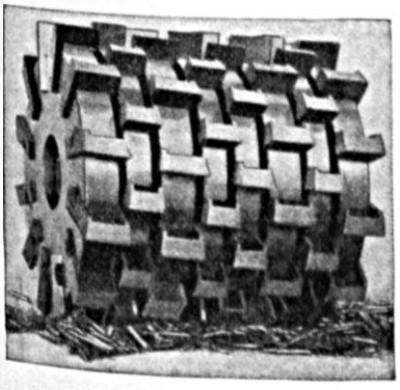


Fig. 11.

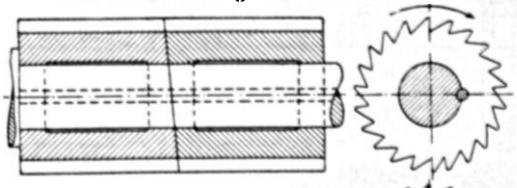


Fig. 10.

Nach Form und Verwendungszweck unterſcheidet man folgende Fräſerarten: Plan- oder Walzenfräſer (Fig. 8—16), Stirn- oder Scheibenfräſer (Fig. 17—25), Nutenfräſer (Fig. 26—28), Winkelfräſer (Fig. 29—32), Profilfräſer (Fig. 33—35), Schaftfräſer (Fig. 36 und 37), Rohrfräſer (Fig. 38 und 39), Fräſer mit eingeſetzten Zähnen oder Fräſer- oder Meſſerköpfe (Fig. 11, 25, 40—47), Stirn-, Schnecken-, Kegelradfräſer (ſ. Zahnräderfabrikation).

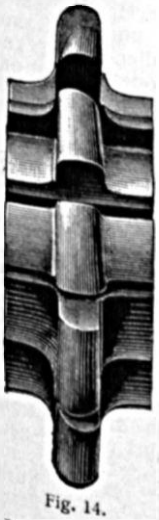


Fig. 14.

Der Walzenfräſer dient zum Fräſen ebener Flächen und erhält bei großer Länge Spiralzähne (Fig. 8). Oft werden zwei oder mehrere Walzenfräſer nebeneinander geſetzt. Sie ſind entweder durch Zähne (Fig. 9) oder durch ſchräge Flächen (Fig. 10) aneinander angeſchloſſen. Eine beſtimmte Breite wird durch Zwiſchenlegen von Papier u. dergl. geſichert. Fig. 11 zeigt einen Walzenfräſer

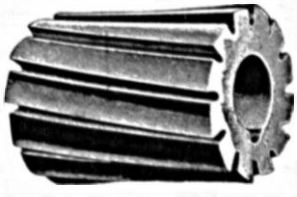


Fig. 12.

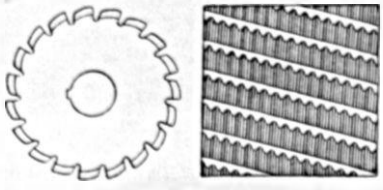


Fig. 13.

aus einzelnen Scheibenfräſern zuſammengeſetzt. Schneiden aus Schnelldrehſtahl ſind in Haltekörpern aus zähem Gußſtahl befeſtigt. Die Schneiden der einzelnen Fräſer verlaufen ſpiralförmig und bilden nach dem Zuſammenſetzen der einzelnen Scheiben eine durchbrochene Schraubenlinie von großer Steigung. Es kommt immer nur ein einzelner Zahn zum Anſchnitt, wodurch ruhiges Arbeiten auch bei ſehr ſtarken Spänen erzielt wird. Einen hinterdrehten Walzenfräſer einfachſter Art zeigt Fig. 12. Der hinterdrehte Walzenfräſer Fig. 13 von Krupp, Eſſen, iſt durch D.R.P. Nr. 139449 geſchützt. Bei ihm beſteht jeder der hinterdrehten, durch ſchräg zur Fräſerachſe verlaufende Nuten voneinander getrennten Fräſerbalken aus einer großen Anzahl von Fräszähnen, die gegen die Fräszähne der benachbarten Fräſerbalken verſetzt liegen und deren Profil demjenigen der

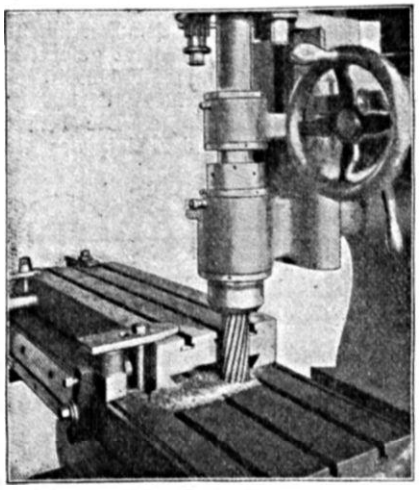


Fig. 16.

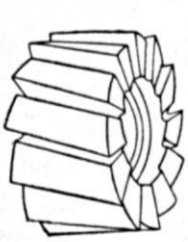


Fig. 17.

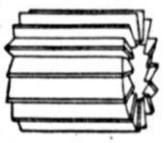


Fig. 18.

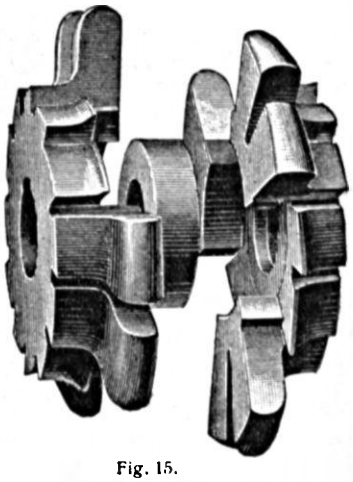


Fig. 15.

Schneide eines Drehfchruppftahles entfpricht. Ein feitlich hinterdrehter Walzenfräfer von Reinecker, Chemnitz, ift in Fig. 14 dargeftellt. Durch das Hinterdrehen unter einem geeigneten fchiefen Winkel wird ein Profil erzielt, das durch Nachfchleifen unverändert bleibt, allerdings etwas feitlich verfchoben wird. Dadurch erhalten die Schneiden überall einen faft gleichen Schneidwinkel. Bei fehr fchwierigen Profilen teilt man oft den Fräfer in zwei Teile (Fig. 15). Einen Walzenfräfer bei der Arbeit zeigt Fig. 16; er ift von der amerikanifchen Firma Becker-Brainard und foll dreimal fo fparfam arbeiten wie ein Hobelftahl.

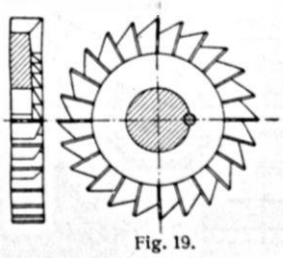


Fig. 19.

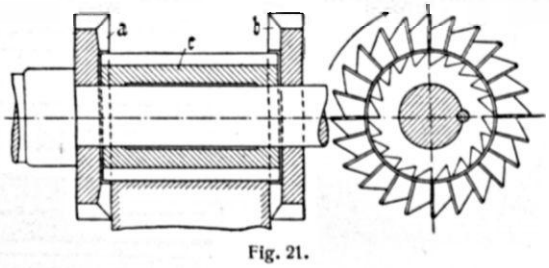


Fig. 21.

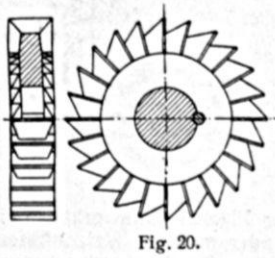


Fig. 20.

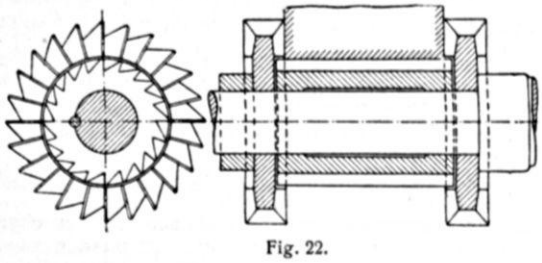


Fig. 22.

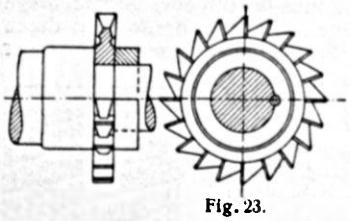


Fig. 23.

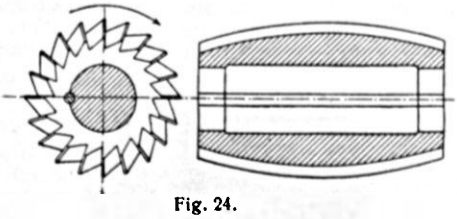


Fig. 24.

Zum Bearbeiten von Stirnflächen oder zum Fräfen von Nuten und Schlitzen dienen Stirn- oder Scheibenfräfer. Die Stirnfräfer Fig. 17—19 fchneiden an zwei Seiten, Fig. 20 an drei Seiten. Stirnfräfer werden meift mit einem Walzenfräfer zufammengefetzt benutzt. Mit dem Fräfer Fig. 21 werden drei Seiten des Arbeitsftückes gleichzeitig bearbeitet. Der Abftand der beiden Stirnfräfer *a* und *b* wird durch die Zwifchenlager *c* eingeftellt. Will man die Stirnfräfer noch beffer ausnutzen, fo führt man fie nach Fig. 22 aus, wo beide Seiten des Fräfers mit Schneidzähnen verfehen find. Ift der Stirnfräfer fehr dünn und will man den mittleren Teil nicht noch fchwächer machen, fo wählt man Ausführung Fig. 23. Einen Stirnfräfer mit gewölbter Mantelfläche von großem Radius zeigt Fig. 24. Der Stirnfräfer Fig. 25 mit Schnelldrehftählen dient zur Bearbeitung ebener

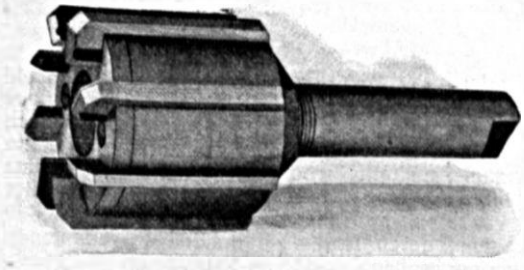


Fig. 25.

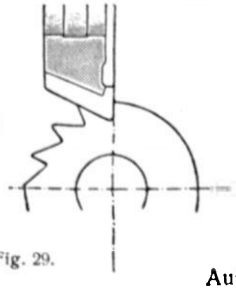
Fig. 27.

Flächen, zum Beſtoßen von Blechkanten, Panzerplatten, zum Fräſen von Muttern, Auffräſen von Lokomotivtreibſtangen (D.R.P. Nr. 132984).

Nutenfräſer ſind in Fig. 26—28 dargeſtellt. Fig. 28 (D.R.P. Nr. 154242) zeigt einen Nutenfräſer mit nach der Seelenachſe zu laufenden Schneidkanten. Ein um ſeinen halben Durchmeſſer exzentriſch zur Seelenachſe gebohrtes Loch ſchneidet die Schneidkanten mit

Fig. 26.

Fig. 29.



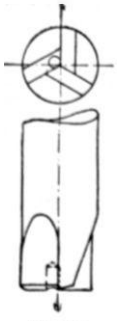


Fig. 28.

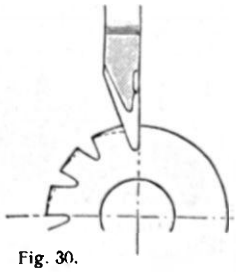


Fig. 30.

Ausnahme einer einzigen, ſo daß nur die geſchnittenen Schneidkanten nicht bis zur Seelenachſe durchgehen.

Die Winkelfräſer Fig. 29—31 werden von der Firma Ludwig Löwe & Co., A.-G., Berlin, hergeſtellt. Fig. 29 zeigt einen rechtsſchneidenden Fräſer des alten Typus; die beiden andern ſind hinterdreht und haben entweder (Fig. 30) gerade Zähne oder (Fig. 31) Spiralzähne. Einen Winkelfräſer bei der Bearbeitung eines Gleitkopfes in der Fabrik von Becker-Brainard (Amerika) zeigt Fig. 32. Einſpannen und Fertigfräſen des betreffenden Werkſtückes erfordert nach Angabe der Firma einen Zeitaufwand von 50 Minuten, während ein Hobel zum Fertigbearbeiten 3 Stunden braucht.

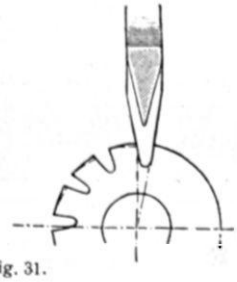


Fig. 31.

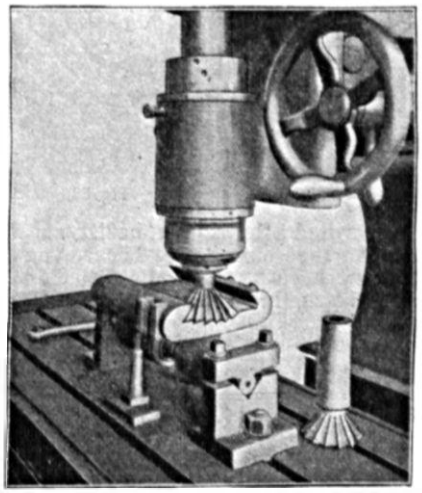


Fig. 32.

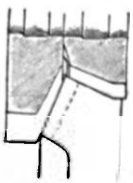
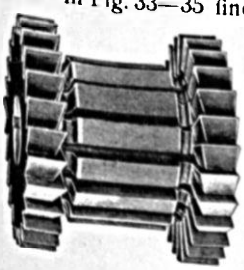


Fig. 35.

In Fig. 33—35 ſind drei Profilfräſer aus der Fabrik von Ludwig Löwe & Co., A.-G.,



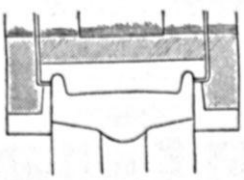


Fig. 33.

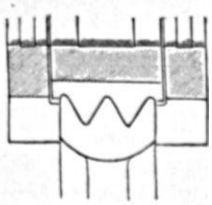


Fig. 34.

Berlin, dargeſtellt. Sie dienen (Fig. 33) zum Rundfräſen einer Riemenſcheibe, zum Rundfräſen einer Seilſcheibe (Fig. 34) ſowie zum Fräſen eines Kegelrades (Fig. 35).

Ein links- oder rechtsſchneidender Schaftfräſer für Nuten iſt in Fig. 36 dargeſtellt. Von den beiden Schaftfräſern in Fig. 37 iſt der kleinere ebenfalls rechts- oder linksſchneidend, der größere nur rechtsſchneidend.

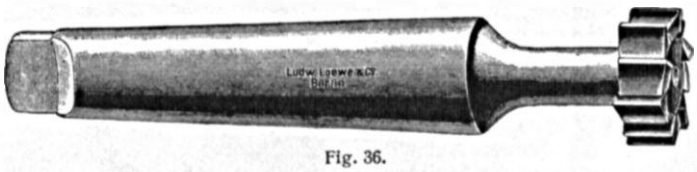


Fig. 36.

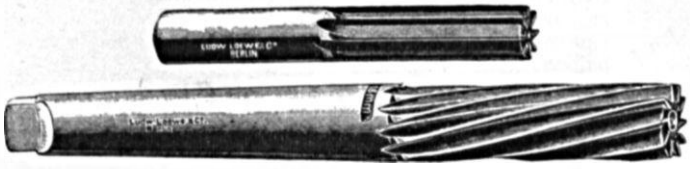


Fig. 37.

Die Rohrfräſer Fig. 38 dienen zum Außenfräſen, die in Fig. 39 dargeſtellten zum Innenfräſen von Rohren. Letztere eignen ſich beſonders zum Abfräſen des Grates an Gasröhren, der ſich beim Durchſchneiden der Röhren bildet.

Fräſer mit eingeſetzten Zähnen, Fräs- oder Meſſerköpfe genannt, ſind gegenüber den Fräſern aus einem Stück in der Herſtellung billiger und ermöglichen eine beſſere Ausnutzung des Materials. Die Zahl der eingeſetzten Stähle beträgt acht oder mehr. Die Schneiden müſſen gleichmäßig ſtehen. Zwecks Nachſchleifens müſſen die Stähle einzeln herausgenommen werden. Sie ſind gut zur Abnahme ſtarker Späne. Fig. 40 zeigt einige Typen ſolcher Fräſer, Fig. 41 die einfachſte Art der Meſſerbefeſtigung. Der Fräſer Fig. 42 dient für ſchwere und tiefe Schnitte bei einfachen Arbeitsflächen.

Fig. 41.

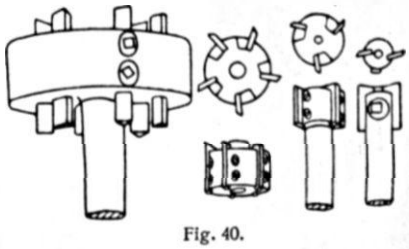


Fig. 40.

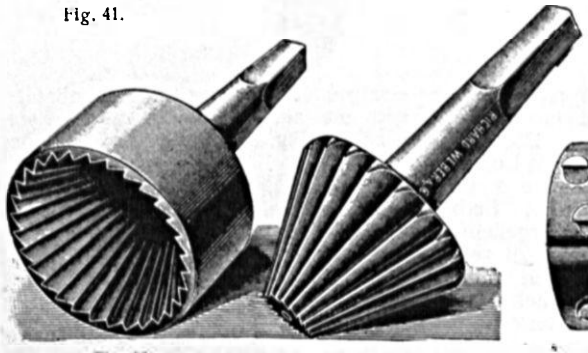


Fig. 38.

Fig. 39.

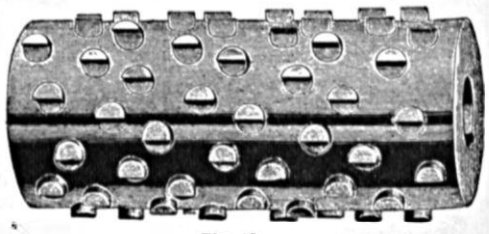


Fig. 42.

Der zylindriſche Körper beſitzt auf der ganzen Mantelfläche entſprechend verſetzte, auf etwa 50 mm Tiefe eingebohrte Löcher von 12 mm Durchmeſſer im gegenſeitigen Abſtand von 22 mm. In jene Löcher werden die Schneidſtähle von etwa 12 mm Durchmeſſer und 60 mm Länge eingeſchlagen. In Amerika werden die Stähle in gebohrte Löcher eingegoſſen; dies iſt eine billigere Herſtellungsart. Fig. 43 zeigt einen Fräſer von Brown & Sharp; er beſitzt an ſeinem Umfange halb ſo viele

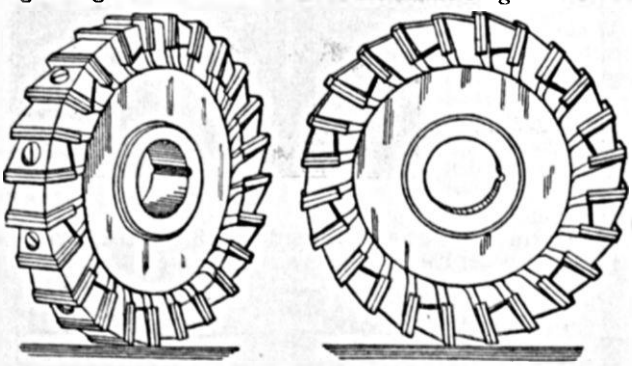


Fig. 43.

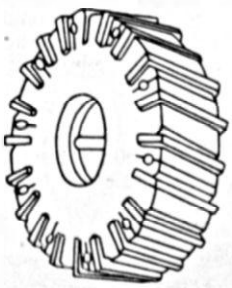


Fig. 45.

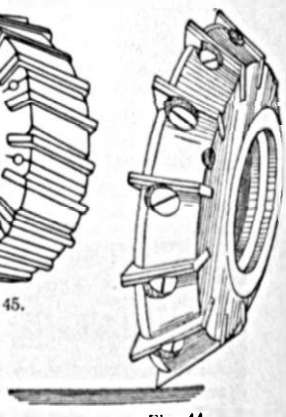


Fig. 44.

nach innen radial gehende Schlitze, als Zähne eingeſetzt ſind. Bei dem Fräſer Fig. 44 wird in jeder Ausſparung nur ein Zahn gehalten und durch radial angeordnete Schrauben, die in koniſchen Büchſen ſitzen, gegen den Hauptkörper feſtgezogen. In Fig. 45 ſind die Meſſer

fchräg in den Fräferkörper eingelaffen. Zwifchen je zwei Einfchnitten für die Meffer befindet fich eine konifche Bohrung, in die ein Stift eingefchlagen wird, um die Meffer feftzuhalten. Fig. 46 zeigt einen Scheibenfräfer mit eingefetzten, fpiralförmig verlaufenden Schneiden aus Schnelldrehftahl. Die Stähle können leicht und fchnell ausgewechfelt werden; unbeabfichtigtes Verftellen oder Löfen derfelben ift ausgefchloffen. Fräferdurchmeffer mindeftens 80 mm, Breite 10–20 mm; an jeder Seite ftehen die Stähle 2 oder 2,5 mm vor. In Fig. 47 ift ein dem letzteren fehr ähnlicher Fräfer beim Arbeiten dargeftellt. Seine Leiftungsfähigkeit bezüglich der Bearbeitung der gewünfchten Fläche ift dreimal fo groß wie die eines Hobelftahles. An Patenten über Fräfer mit eingefetzten Zähnen (Fräsköpfe) find zu nennen: D.R.P. Nr. 109687, 112533, 114788, 115768, 118629, 126334, 127387, 143784, 152694. — In Fig. 48 ift ein Fräfer aus Stahlblech (D.R.P. Nr. 123803) dargeftellt. Die Zähne find nach Art der Sägezähne derartig gefchränkt, daß die Schneidkanten, jedoch nicht auch die Zahnflanken, parallel zur Fräferfcheibe ftehen und abwechfelnd nach der einen und andern Seite aus der Ebene der letzteren heraustreten, während die hinteren Kanten fich noch in der Ebene der Fräferkanten befinden. Sonft find noch u. a. als Patente über Fräfer für Metallbearbeitung zu nennen: D.R.P. Nr. 126910, 133070, 144451, 144652, 146933, 148968.

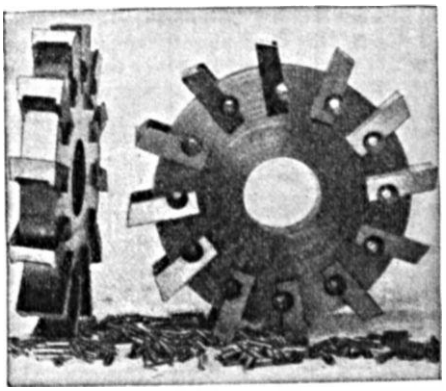


Fig. 46.

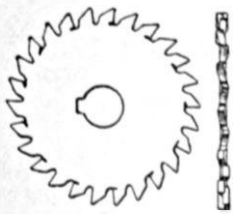


Fig. 48.

Fig. 49.

Fig. 50.

Fig. 51.

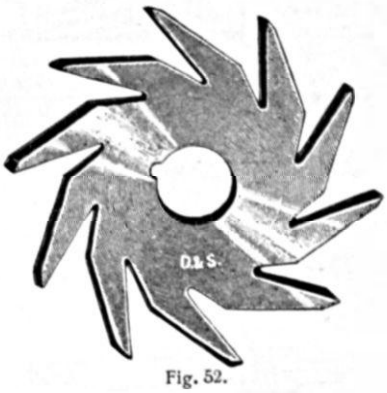


Fig. 52.

Fig. 54.

Fig. 53.

Fräfer für Holzbearbeitung. Der Fräfer Fig. 49 hat vier Zähne *a*, die abwechfelnd rechts und links angefchliffen find, fo daß die in einem Körper gefchnittene Nut auf beiden Seiten gleiche Schräge hat. Die Schneidflächen *c* verlaufen bei *b* in eine etwas abgerundete Spitze. Bei Anordnung Fig. 50 hat der Fräskörper zwei winklige Fortfätze, deren äußere Kanten *a* mit den inneren *b* zufammen die Schneiden bilden. Um ausgekehlte Nuten fräfen zu können, ift jede Schneide der Länge nach mit einer Vertiefung *c* verfehen. Fig. 51 und 52 zeigen gewöhnliche Holznutenfräfer. In Fig. 53 ift ein Holzprofilfräfer dargeftellt. Fräsmefferköpfe für Holzbearbeitung geben Fig. 54 und 55 wieder. In Fig. 54 befteht der Mefferkopf aus Rotguß. Er dient zum Abplatten von Füllungen, hat zwei Schlicht- und zwei Vorfchneidemeffer und wird bis 75 mm Breite hergeftellt. In Fig. 55 ift ein Nutfederfräskopf D.R.G.M. Nr. 162771 dargeftellt. Er befteht aus zwei gegeneinander ver-

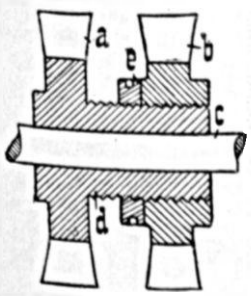


Fig. 55.

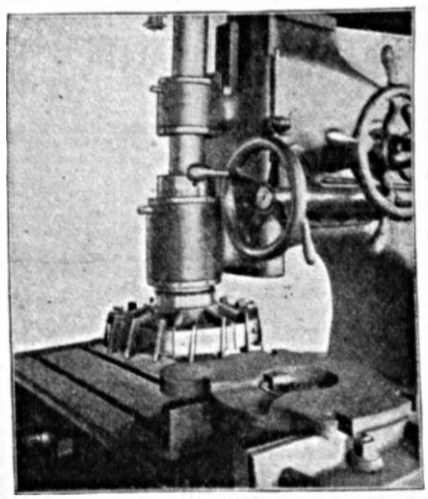


Fig. 47.

ſtellbaren Fräſern *a* und *b*; der auf der Fräſerwelle *c* angebrachte Fräſer *a* beſitzt eine lange, mit Gewinde verſehene Nabe *d*, auf die der Fräſer *b* geſchraubt wird. Nachdem der Fräſer *b* in beliebiger Entfernung von dem Fräſer *a* eingeſtellt worden iſt, wird er mittels Gegenmutter *e* in ſeiner Lage geſichert. Der Fräskopf dient hauptſächlich zum Einfräſen der Feder an Tiſchplatten u. ſ. w. mit einem Schnitt. Von Patenten über Fräsmeſſerköpfe iſt D.R.P. Nr. 102555, über Holznutenfräſer D.R.P. Nr. 127574 und 134667 zu nennen.

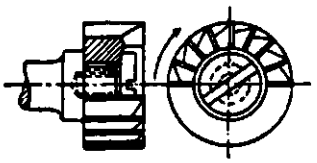


Fig. 59.

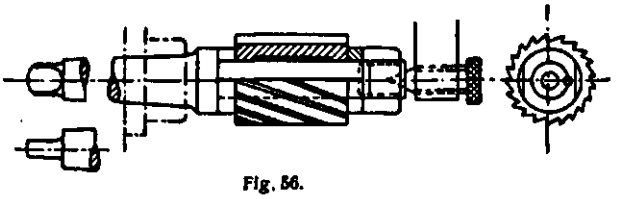


Fig. 56.

Befeſtigungsarten der Fräſer. Wie in Fig. 56 gezeigt, erhält der Fräsdorn meiſt eine Gegenſtütze an einer Spitze, wie an der Drehbank. Beſſer ſind die Anordnungen Fig. 57 und 58. Bei Anordnung Fig. 58 iſt die Druckfläche vergrößert, bei den beiden letzteren läuft ein gehärteter eingeſetzter Stehbolzen in einer Rotgußbüchſe. Fräſer mit Stirnzähnen werden auch wie Fig. 59 zeigt gehalten. Andre Feſtſpannungen ſind in den Fig. 60—62 wiedergegeben. Kleinere Fräſer werden vielfach in der Weiſe ausgeführt, daß ſie mit dem Konus aus einem Stück beſtehen (Fig. 63 und 64, ſ. a. Fig. 36 und 37). Der Konus verteuert aber ſolche Fräſer, man führt ſie billiger mit zylindriſchen Normalzapfen aus und wendet dann für ihre Befeſtigung beſondere Futter an, die an dem Normalkegel (Fig. 65) angeordnet werden. Dieſe Futter haben noch den Vorteil, daß die zylindriſchen Fräſer doppelſeitig ausgeführt werden können (Fig. 66 und 67).

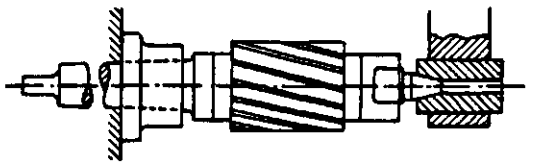


Fig. 57 und 58.

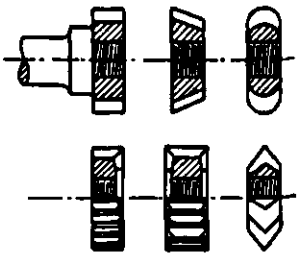


Fig. 60. Fig. 61. Fig. 62.

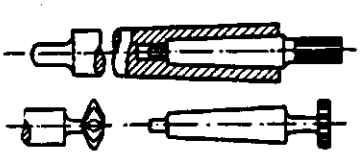


Fig. 63 und 64.

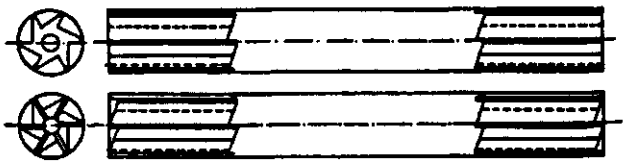


Fig. 66 und 67.

Herſtellung der Fräſer. Die Fräſer wurden früher mit der Feile, heute werden ſie durch Einfräſen keilförmiger Nuten nach Fig. 68—70 hergeſtellt. Bei Fig. 68 und 69 kommt ein Winkelfräſer zur Anwendung, deſſen einer Schenkel rechtwinklig zur Fräſerachſe ſteht. Beſſer iſt die Fräsart nach Fig. 69, bei der die Fräsriſſe an der Zahnbruſt parallel zur Schneidkante laufen. Am günſtigſten wird mit einem Fräſer Fig. 70 gearbeitet, wo beide Schenkel des Fräſerwinkels zur Fräſerachſe geneigt ſind. Das Einſtellen kann durch eine Lehre erleichtert werden, indem eine Blech-

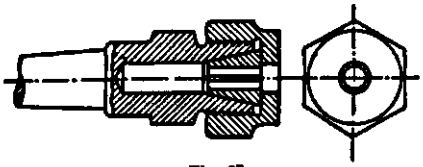


Fig. 65.

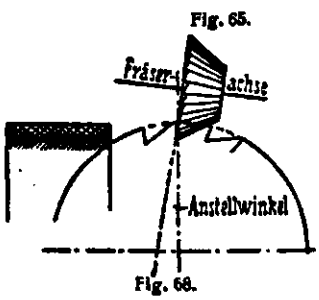


Fig. 68.

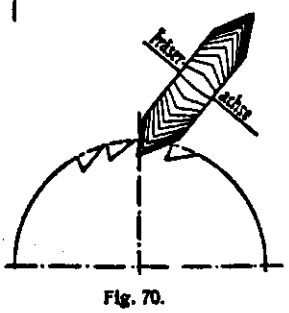


Fig. 70.

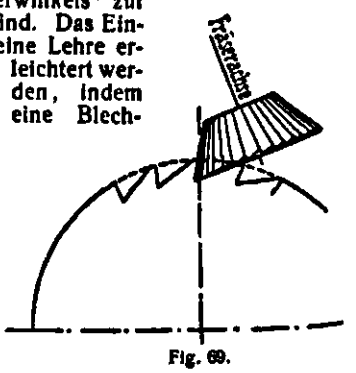


Fig. 69.

ſcheibe *B* nach Fig. 71 ausgeſchnitten und mit einer Nabe *N* verſchraubt wird, deren Loch auf den Anſpanndorn oder einen beſonderen, nur zum Einſtellen verwendeten Dorn paßt. Den eigentlichen Schnitt (Hinterſchliff) erhält der Zahn durch Schleifen (ſ. Schleifmaſchinen). Man unterſcheidet drei Schleifmethoden: 1. Die Schneidkante wird am Rücken mit dem Umfange

einer ſchmalen Schleifſcheibe von möglichſt großem Durchmeſſer bearbeitet, damit der Zahn nicht zu ſtark hohl wird (Fig. 72); die Schleifſcheibenachſe ſteht in der wagerechten Ebene nicht parallel, ſondern etwas rechtwinklig zur Fräſerachſe. 2. Reinecker-Chemnitz, verwendet zum Schleifen eine Tellerſcheibe (Fig. 73), mit deren Stirnfläche der Zahn bearbeitet und dadurch eine gerade Fläche erzielt wird. 3. Die Zähne werden an Bruſt und Rücken gleichzeitig geſchliffen (Fig. 74).

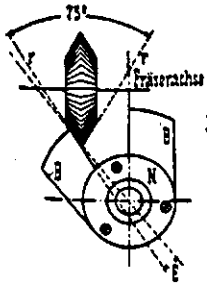


Fig. 71.

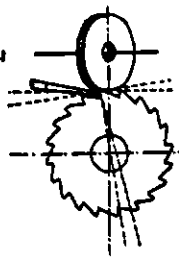


Fig. 72.

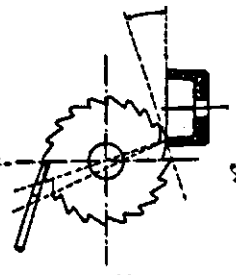


Fig. 73.

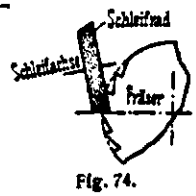


Fig. 74.

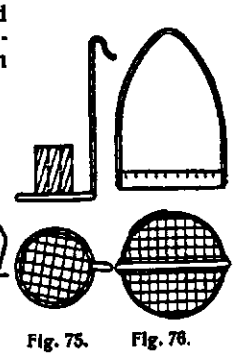


Fig. 75.

Fig. 76.

Als **Fräſermaterial** dient beſter Stahl mit 1—1½% mittlerem Kohlenſtoffgehalt und ohne ſchädliche Beimiſchungen, wie Phosphor, Schwefel, Kupfer, Arſen u. ſ. w. Zuſätze von insgeſamt etwa 3—5% Chrom, Wolfram und Mangan erhöhen die Härte bedeutend: ſogenannter Schnelldreh- oder Rapidſtahl. Der Fräſer muß nach der Bearbeitung und vor dem Härten noch einmal im Glühofen in einem Blechkaſten oder Rohrſtück, von Holzkohlen umgeben, luftdicht abgeſchloſſen, auf 900—1050° C. Härtetemperatur ausgeglüht werden und muß dann wieder langſam im Ofen oder Kaſten erkalten. Zur möglichſten Verhinderung von Oxydation wird der Fräſer vor dem Erwärmen mit einer etwa 2 mm dicken Schicht Schmierſeife eingeſchmiert; die Temperatur des Härtewaſſers beträgt mindeſtens 20° C. Auf je 100 l iſt ein Zuſatz von 1,5 kg Schmierſeife und 1 l Salzſäure zur Verzögerung der Abkühlung und Verminderung der Spannung nötig. Fig. 75 und 76 ſind Vorrichtungen zum Eintauchen der Fräſer in das Härtebad; erſtere Darſtellung iſt für kleinere, letztere für große ſchwere Fräſer.

Literatur: Fiſcher, H., Die Werkzeugmaſchinen, Berlin 1905; Weiß, H., Die Werkzeugmaſchinen, Wien, Peſt, Leipzig 1897; Pechan, J., Leitfaden des Maſchinenbaues, 3. Abteilung: Werkzeugmaſchinen, Reichenberg 1889; Hoyer, E. v., Die Verarbeitung des Metalles und des Holzes, Wiesbaden 1897; Ledebur, A., Mechaniſche Technologie, Braunſchweig 1897; Kick, F., Mechaniſche Technologie, Leipzig, Wien 1898, Pregél, Th., Fräſer und Schleifmaſchinen, Stuttgart 1892; Jurthe Mietſchke, Handbuch der Fräſerei, Frankfurt a. M. 1900; Knabbe, W. v., Fräſer und deren Rolle bei dem derzeitigen Stande des Maſchinenbaues, Berlin 1892; Weisbach-Herrmann, Ing.- u. Maſchinenmech., Braunſchweig 1897; Zeitſchr. für Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge, Berlin, Jahrg. I—IX; Kataloge der Werkzeugmaſchinenfabriken. *Dolchow.*

Fräsmaſchinen dienen zur Bearbeitung von Metall und Holz mittels des mehrſchneidigen Fräſers (ſ. d.). Die Fräsmaſchine hat ſich aus den Drehbänken und Bohrmaſchinen entwickelt. Ebenſo wie bei jenen Maſchinen kann die Spindel, die das umlaufende Werkzeug trägt, wagerecht oder ſenkrecht ſein. Ferner werden Fräsmaſchinen in ähnlicher Geſamtanordnung wie Hobelmaſchinen ausgeführt. Es beſtehen zahlreiche Bauarten, je nachdem die Fräsmaſchinen für Einzelarbeiten (allgemeine Fräsmaſchinen), für maſſenweiſe Herſtellung beſtimmter Gegenſtände oder für die Nachformung von Gegenſtänden nach Schablonen dienen. Folgende Hauptbeſtandteile ſind zu unterſcheiden: 1. das Geſtell, 2. der Spindelſtock mit dem Antrieb, 3. der Arbeitstiſch mit den Aufſpannvorrichtungen, 4. Einrichtungen zur Regelung des Vorſchubes von Hand oder durch ſelbſttätige Schaltung. An dieſe verſchiedenen Teile werden die verſchiedenartigſten Anforderungen geſtellt, die für die Ausbildung der einzelnen Bauarten maßgebend ſind. — Für den Aufbau der Fräsmaſchinen kommen ferner außer der Größe und Art der Arbeitsleiſtung der Genauigkeitsgrad der Arbeit und die Mannigfaltigkeit der Arbeitsvorgänge in Betracht. Die Arbeitsverluſte in der Maſchine ſind von der Leergangsarbeit, von der Kraftverteilung in der Maſchine und von der Zuſammenſchaltung der die Kräfte aufnehmenden, fortleitenden und umgeſtaltenden Maſchinenteile abhängig, wovon übrigens auch der Genauigkeitsgrad der Arbeit abhängt.

Durch den Antrieb wird die Arbeits- oder Schnittbewegung in verſchiedenartigſter Weiſe durchgeführt, ſo daß das Arbeitsſtück oder das Werkſtück oder beide bewegt werden. Riemenantrieb und Stufenſcheibenantrieb kommt am häufigſten vor; ferner iſt Schneckenantrieb gebräuchlich. Beſonderen Einfluß auf die Entwicklung der Fräsmaſchine hat die Anwendung des unmittelbaren elektriſchen Antriebes gehabt. Bei Anwendung von Riemen iſt auf genügend kräftigen Antrieb zu achten, damit nicht durch Schleifen des Riemens ein unregelmäßiger Antrieb des Fräſers und Erſchütterungen desſelben vorkommen.

Der Vorſchub, der durch die Schaltungsvorrichtungen bewirkt wird und gewöhnlich ſenkrecht zur Drehachſe des Werkzeuges erfolgt, geſchieht von Hand oder ſelbſttätig, ſtetig oder ruckweiſe. Die Einrichtungen zur ſelbſttätigen Ausrückung des Vorſchubes und zur Abſtellung des Betriebes nach Beendigung eines Arbeitsvorganges ſtellen beſondere Aufgaben an die Maſchine. Für gewöhnliche Fräsarbeiten geſchieht der Antrieb der Schaltvorrichtungen mittels Riemens, der eine gewiſſe Sicherung gegen Ueberanſtrengung des Werkzeuges bietet, namentlich wenn die Maſchine, wie z. B. bei Planarbeiten, für größte Leiſtungen eingeſtellt iſt. Für manche Arbeiten iſt der Riemenantrieb nicht geeignet; vielmehr muß eine zwangläufige Uebertragung des Vorſchubs in Abhängigkeit von der Spindeldrehung erfolgen, und zwar durch Räderüberſetzung, Schneckenübertragung u. ſ. w. In vielen Fällen iſt auch der Antrieb der Schaltvorrichtungen vom Deckenvorgelege aus zweckmäßig. Die Herſtellung des Selbſtganges und der Ausrückung bietet beſondere konſtruktive Schwierigkeiten bei den Fräsmaſchinen mit um die Achſe drehbarem Aufſpanntiſch (Univerſalfräsmaſchine). Bei den neueren Fräsmaſchinen iſt auch für beſchleunigten Rücklauf des Aufſpanntiſches geſorgt.

Um die Arbeits- oder Schnittgeſchwindigkeiten zwecks Erzielung höchſter Leiſtungen den verſchiedenen zu bearbeitenden Stoffen anpaſſen zu können, auch mit Rückſicht auf den Wechſel im Durchmeſſer der Fräſer, iſt es notwendig, verſchiedene Umlaufgeſchwindigkeiten für die Spindel anwenden zu können. Die ſchnelle und den Betrieb möglichſt wenig ſtörende Aus- und Einrückung der verſchiedenen Schnittgeſchwindigkeiten (bei Univerſalfräsmaſchinen findet man bis zu 36 Schnittgeſchwindigkeiten) haben ſehr verſchiedene konſtruktive Löſungen gefunden durch Wechſelräder, Deckenvorgelege, Reibungsgetriebe u. ſ. w. Mit der Schnittgeſchwindigkeit darf die Vorſchubgeſchwindigkeit nicht verwechſelt werden, da beide voneinander unabhängig ſind. Nach Reineckers Angaben [18] ſoll der Vorſchub gewöhnlich 0,25—2 mm in der Sekunde betragen, je nach der angewendeten Schnitt- oder Umfangsgeſchwindigkeit des Fräſers. Reinecker nimmt an, daß der Vorſchub für jede Fräſerdrehung für Eiſen 0,4—8 mm, höchſtens 13 mm ſein ſoll, für das Fräſen von Zahnradlücken (volle Tiefen in einem Schnitt) 0,3—1 mm. Das Verhältnis der Schnittgeſchwindigkeit zur Vorſchubgeſchwindigkeit liegt nach praktiſchen Erfahrungen in den Grenzen zwiſchen 150—1000. Die Rücklaufgeſchwindigkeit wird gewöhnlich bis 50 mm in der Sekunde geſteigert. Bei den Langlochfräsmaſchinen wird ein Vorſchub von 0,5—5 mm in der Sekunde angewendet.

Die Arbeitsleiſtung der Fräsmaſchine iſt abhängig von der Umdrehungszahl des Fräſers in jeder Minute, von dem Schlittenvorſchub auf jede Umlaufzahl des Fräſers und von der Breite und Stärke des Schnittes. Der Arbeitsverbrauch der Fräsmaſchine iſt (nach Hartig [13]) in Pferdeſtärken: $N = N_0 + \varepsilon G$ (ſ. Fräſer), worin N_0 den Arbeitsverbrauch für den Leergang, G die ſtündlich abgefräſte Metallmenge (Spangewicht), ε den Arbeitsverbrauch für 1 kg Spangewicht ſtündlich bezeichnet. — Für Gußeiſen iſt zu ſetzen: $\varepsilon = 0{,}07$ im Mittel, $\varepsilon = 0{,}24$ bei Abfräſung der Gußhaut; $N_0 = 0{,}55$—$0{,}1$ PS.; G iſt durch Beobachtung zu beſtimmen.

Der Arbeitsverbrauch nach Hartig [13] in Pferdeſtärken iſt: $N = \frac{(1+m)\,\alpha\, k\, b\, \delta\, v}{75}$ PS.,

wobei b = Spanbreite in Millimetern, δ = Spandicke in Millimetern, v = Spanlänge in Millimetern in der Sekunde, k = Reißfeſtigkeit des zu bearbeitenden Materiales in Kilogramm, m = Verhältnis des Reibungswiderſtandes der Maſchinenteile zum Werkzeugwiderſtand, α = Wertziffer, die angibt, um wieviel mal der Schnittwiderſtand größer iſt als die Reißfeſtigkeit; αK iſt der ſogenannte Schneidkoeffizient. Beſtimmung des Schnittwiderſtandes W: Bezeichnet b die Spanbreite in Millimetern, δ die Spandicke in Millimetern, K den Widerſtand für 1 qmm Spanquerſchnitt, je nach Härte des Metalles und Zuſtand der Schneide, und beträgt $K = 70$—120 kg für Gußeiſen, $K = 110$—170 kg für Schmiedeeiſen, $K = 160$—240 kg für Stahl, ſo iſt der Schnittwiderſtand $W = K \delta b$; K iſt für größere Werte von δ kleiner, für kleinere Werte größer. Iſt R der quer zur Fräſerachſe gerichtete Druck (Mittelkraft) in Kilogramm, M das widerſtehende Moment in Kilogramm-Millimetern, ſo iſt für Fräſer mit wenigen Zähnen und kleiner Spandicke:

$$R \leqq \frac{8{,}85 \cdot b\, v\, K}{z\, u} \sqrt{\delta D - \delta^2}, \qquad M \leqq \frac{3{,}2 \cdot b\, v\, K D}{z\, u} \sqrt{\delta D - \delta^2};$$

für Fräſer mit zahlreichen Zähnen:

$$R = \frac{1{,}4 \cdot b\, v\, K \delta}{u}, \qquad M = \frac{0{,}5 \cdot b\, v\, K \delta D}{u};$$

für Langlochfräsmaſchinen:

$$R = \frac{1{,}1 \cdot b\, v\, K D}{u}, \qquad M = \frac{0{,}5 \cdot b\, v\, D^2}{u},$$

wobei D den Fräſerdurchmeſſer, u die Schnittgeſchwindigkeit in Millimeterſekunden, v die Vorſchubgeſchwindigkeit in Millimeterſekunden, z die Zähnezahl bedeuten. Eine erſchöpfende Einteilung der verſchiedenen Fräsmaſchinen läßt ſich nicht geben, weil in der Praxis die verſchiedenen Bauarten einerſeits nach ihrem Verwendungszweck, anderſeits nach ihrer Konſtruktion benannt werden und die verſchiedenen Benennungen begrifflich einander übergreifen.

Wohl am meiſten verbreitet ſind die Fräsmaſchinen mit wagerechter Spindel (einfache, horizontale Fräsmaſchinen). Der Tiſch iſt meiſtens mit Höhen- und Kreuzverſchiebung verſehen, bei den Univerſalmaſchinen mit Verdrehung um die ſenkrechte Achſe. Die wagerechte Spindel iſt bei einer beſonderen Bauart ſamt dem Gegenſpitzenhalter in der Höhe verſtellbar (Lincoln-Fräsmaſchine). Für Fräsmaſchinen mit wagerechter Spindel ſind ferner die Benennungen Hand-, Horizontal-, Plan- und Langlochfräsmaſchinen üblich.

Die Fräsmaſchinen mit ſenkrechter Spindel haben entweder feſtgelagerte Spindel und Tiſch mit Höhenverſtellung nach Art der Bohrmaſchinen oder mittels eines Lagerſchlittens verſtellbare Spindel und wagerecht gleitenden Tiſch wie bei Stoßmaſchinen. Hierher gehören auch Langlochfräsmaſchinen, Nutenfräsmaſchinen, Keilnutenfräsmaſchinen.

Eine Zwiſchenform iſt zu erwähnen, bei der die Spindel ſowohl in die wagerechte als auch in die ſenkrechte Lage und in beliebige Schrägſtellung gebracht werden kann.

Doppelfräsmaſchinen dienen zum Fräſen gegenüberſtehender paralleler Flächen, z. B. bei Schraubenmuttern. Es gibt ferner doppelte Fräsmaſchinen, bei denen an demſelben Geſtell zwei Spindeln angeordnet ſind. Bei einer beſonderen Bauart liegen die beiden Spindeln in rechtem Winkel zueinander, um die ſenkrecht zueinander ſtehenden Flächen gleichzeitig zu bearbeiten.

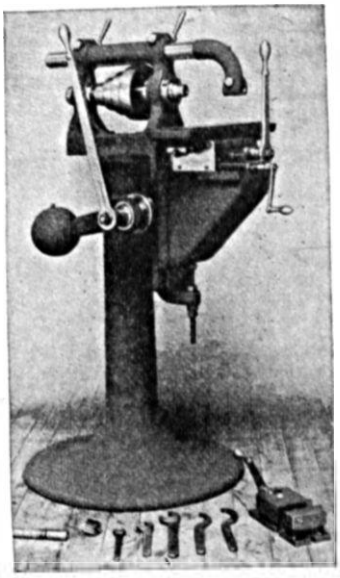


Fig. 1.

Die Bezeichnung Tiſchfräsmaſchine iſt üblich für Maſchinen mit wagerechter und ſenkrechter Spindel, verſtellbarem Fräswerk und großer, tiſchartiger Werkſtückauflage, ähnlich wie bei Hobelmaſchinen, Drehbohrwerken u. ſ. w.

Kopierfräsmaſchinen dienen zur Bearbeitung von Flächen nach Schablonen.

In neuerer Zeit haben die Rundfräsmaſchinen große Bedeutung, namentlich in der Maſſenerzeugung, erlangt.

Bei den Kreisfräsmaſchinen dreht ſich der Aufſpanntiſch ähnlich wie bei den Drehbohrwerken um ſeine Achſe.

Häufig werden Bohr- und Fräsmaſchinen vereinigt. Dienen die Fräsmaſchinen für einzelne beſondere Arbeiten, ſo werden ſie meiſtens nach ihrem Verwendungszweck benannt. Dies gilt z. B. von den Räderfräsmaſchinen (ſ. Räderherſtellung), die zur Herſtellung von Stirn-, Winkel- und Schneckenrädern dienen. Ueber Spiralbohrerfräsmaſchinen vgl. Bohrer, Bd. 2, S. 186. Eine wichtige Verwendung für alle Maſchinenfabriken findet die Fräsmaſchine zur Herſtellung von Werkzeugen, insbeſondere der Fräſer. Durch entſprechende Zubehörteile, vertikale Fräsapparate, Teilkopf u. ſ. w. kann dieſe Art von Fräsmaſchinen vielfach für verſchiedene Sonderarbeiten benutzt werden.

Handfräsmaſchinen kommen hauptſächlich bei der Maſſenerzeugung von Waren zur Anwendung, wenn die zu fräſenden Stücke kurz ſind und aus dieſem Grunde der ſelbſttätige Betrieb ſich nicht lohnt, und ſofern nur einfache beſtimmte Hebelbewegungen nötig ſind.

Bei der Säulenhandfräsmaſchine Fig. 1 (Ludwig Löwe & Co., A.-G., Berlin) erfolgt die Bewegung des Schlittens quer und ſenkrecht mittels Zahnrad, Zahnſtange und Stellhebel, in der Richtung parallel zur Fräſerachſe mittels einer Schraubenſpindel. Eine andre kleine Handfräsmaſchine Fig. 2 (Berliner Werkzeugmaſchinenfabrik, A.-G., vorm. Sentker) iſt erwähnenswert, indem der Spindelſtock *a* auf einem Zwiſchenkonſol *c* ruht, an dem der Arbeitstiſch mittels des Tragſtückes *d* geführt und mittels der beiden Hebel in der Höhe und wagerecht verſtellbar iſt.

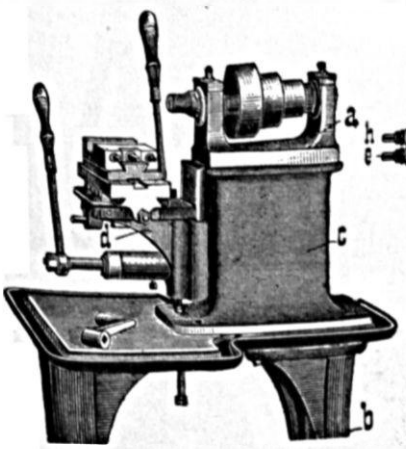


Fig. 2.

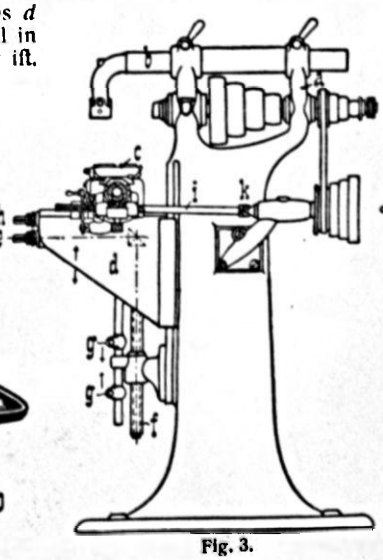


Fig. 3.

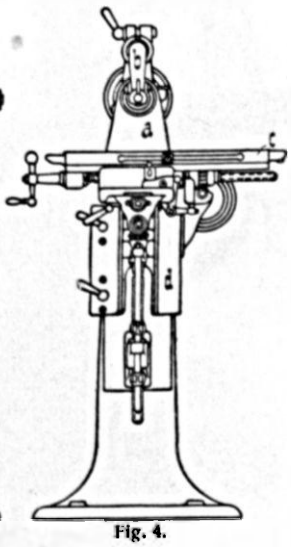


Fig. 4.

Die ſogenannte einfache Horizontalfräsmaſchine Fig. 3 und 4 (Ludwig Löwe & Co., A.-G., Berlin) dient zum Planfräſen kleiner oder mittelgroßer Arbeitsſtücke. Bei dieſer Maſchine iſt zur Vermeidung des Federns des Fräſers für dieſen ein Gegenhalter *b* mit einer Gegenſpitze (Reitnagel) angebracht. Ein ſolcher Gegenhalter iſt hauptſächlich für ſchwerere Arbeiten wichtig. Er wird in Verlängerungen des Spindelſtockes oberhalb der Fräsſpindel in Klemmlagern gehalten und läßt ſich mit ſeinem vorderen nach abwärts gebogenen Ende empordrehen, wenn für leichtere Arbeiten die Gegenlagerung nicht erforderlich iſt. Der Aufſpanntiſch *c* iſt über dem Winkelträger *d* angeordnet, der an dem Geſtell in der Höhenrichtung von Hand verſtellbar iſt, und zwar durch Aufſetzen einer Kurbel auf das Vierkant *e* und dadurch

bewirkte Drehung der Spindel *f*. Die beiden verſtellbaren Anſchläge *g*, *g* können hierbei zur Begrenzung der höchſten und tiefſten Lage des Schlittens dienen. Die Längsverſtellung des Arbeitstiſches *c* erfolgt mittels einer auf den Vierkant *h* aufgeſetzten Kurbel, die Querverſtellung ſelbſttätig mittels der Welle *i*, deren Bewegung in dieſem Falle mittels Riemenübertragung von der Fräſerſpindel bewirkt wird. Das Univerſalgelenk *k* geſtattet der Welle *i*, verſchiedene Schräglagen, entſprechend der Höhenverſtellung des Tiſches *g*, einzunehmen. Die Welle *i* iſt mittels Nut und Feder an dem in dem Aufſpanntiſch vorgeſehenen Lager längsverſchiebbar. Die Ausführung Fig. 5 (Malick & Walkows, Berlin) unterſcheidet ſich von der vorbeſchriebenen Ausführung durch eine Abänderung des Antriebs für den Vorſchub. Während bei der vorigen Ausführung das Univerſalgelenk bei den verſchiedenen Schräglagen der Welle *i* eine Ungleichmäßigkeit im Vorſchub veranlaßt, iſt dies hier dadurch vermieden, daß die Antriebwelle *i* zwei Univerſalgelenke *k* und *l* hat, um jenen Fehler auszugleichen. Die Verſtellung des Tiſches in der Richtung parallel zur Fräſerachſe iſt dadurch ermöglicht, daß die Welle *i* teleſkopartig zuſammenſchiebbar iſt.

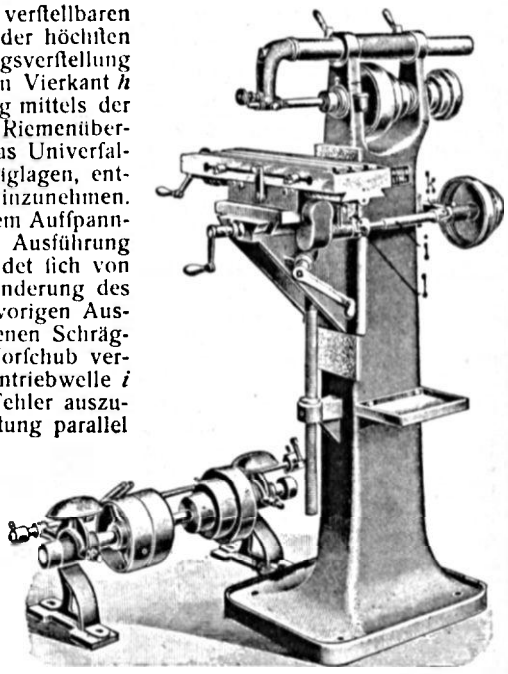


Fig. 5.

Größere Ausführungen der letztbeſchriebenen Fräsmaſchinen, die gewöhnlich als Planfräsmaſchinen bezeichnet werden, erhalten außer dem beſchriebenen Gegenhalter zur Erzielung noch größerer Widerſtandsfähigkeit eine Verſteifung des Gegenhalters mit dem Arbeitstiſch. Ein Beiſpiel hierfür bietet Fig. 6 (Ludwig Löwe & Co., A.-G., Berlin). Der Gegenhalter wird in dieſem Falle durch zwei ſcharnierartig an dem Tiſch befeſtigte Arme geſtützt. Ein Beiſpiel einer beſonders großen Planfräsmaſchine bietet Fig. 7 (Brown & Sharpe Mfg. Co., Providence, Vereinigte Staaten von Amerika). An dieſer Maſchine iſt im Oberteil des Kaſtengeſtells ein doppeltes Rädervorgelege eingebaut. Mit dieſem und der dreiſtufigen Riemenrolle

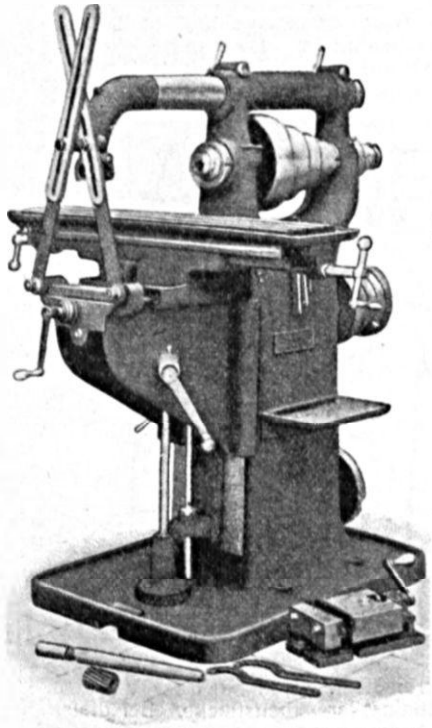


Fig. 6.

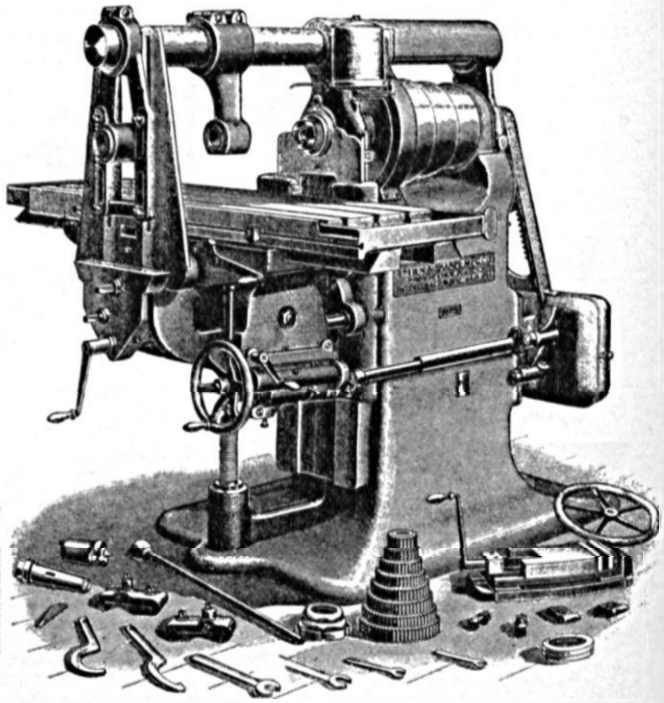


Fig. 7.

ſowie mit zwei verſchiedenen Drehgeſchwindigkeiten des Deckenvorgeleges ſind für den Fräſer 18 verſchiedene Umdrehungszahlen in der Minute von 10 bis 104 möglich. Die vorerwähnte Schere zur Verſteifung des Gegenhalters iſt durch einen ſtarken Schlittenbock erſetzt, deſſen Unterteil auf den Führungen des den Tiſch tragenden Kniekonſols feſtſitzt, während der Oberteil

an dem Gegenhalterſchafte hängt und die Führungsbüchſe für den Fräſerdorn trägt. Außerdem iſt eine zweite Verbindung des Schaftes mit dem Fräſerdorn etwa in der Mitte des letzteren vorgeſehen. So iſt ein Zittern des Werkzeuges beim Arbeiten ausgeſchloſſen. Die Uebertragung des Vorſchubes von der Fräſerſpindel auf den Tiſch geſchieht mittels einer Reynoldſchen Kette und Kettenrädern. Durch dieſe Bewegungsübertragung laſſen ſich günſtigere Vorſchubgeſchwindigkeiten erreichen als bei der Anwendung von Riemenübertragung oder von Reibſcheiben. Der Vorſchub iſt in zwangläufiger Abhängigkeit von der Umdrehungszahl der Fräſſpindel.

Bei den neueren Fräsmaſchinen erfolgt der ſelbſttätige Gang des Arbeitsſchlittens vielfach nicht von der Fräſſpindel aus, ſondern unmittelbar vom Deckenvorgelege. Hierin liegt der Vorteil, daß die Schaltgeſchwindigkeit beſſer geregelt werden kann und unabhängig von der Drehungszahl der Fräſſpindel iſt. Infolgedeſſen braucht beim Wechſeln der Fräsgeſchwindigkeit nicht jedesmal die Schaftgeſchwindigkeit beſonders ermittelt und eingeſtellt zu werden.

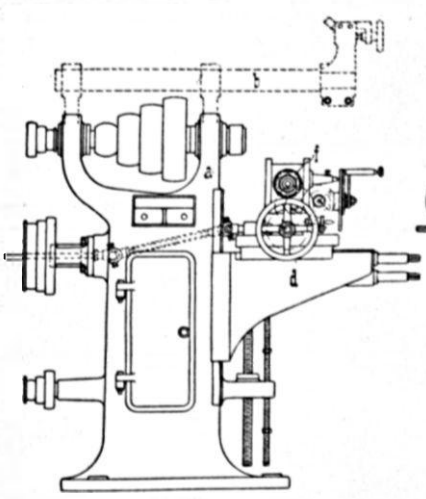


Fig. 8.

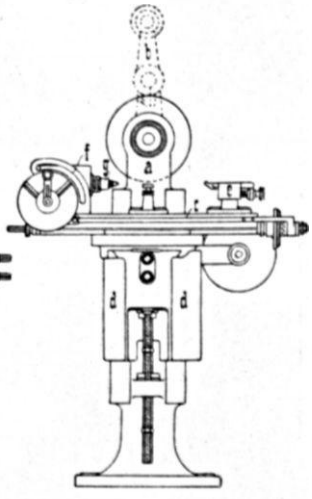


Fig. 9.

J. E. Reinecker, Chemnitz-Gablenz, führt viele Fräsmaſchinen derart aus, daß ſie ſowohl vom Deckenvorgelege als auch von der Fräſſpindel aus angetrieben werden können, weil von manchen Praktikern das Bedenken geltend gemacht wird, daß beim Antrieb vom Deckenvorgelege aus bei einem Verſagen des Fräſerantriebes durch Rutſchen oder Abfallen des Arbeitsriemens eine Zerſtörung des Fräſers oder gar des Schaftwerkes eintreten kann. Dieſe Bedenken dürften aber bei regelrechtem Betrieb hinfällig ſein.

Die vielſeitigſte Verwendung in der Maſſenfabrikation findet die Univerſalfräsmaſchine. Sie unterſcheidet ſich von den vorbeſchriebenen Arten dadurch, daß der Aufſpanntiſch drehbar iſt. Ein Beiſpiel der einfachſten und urſprünglichſten Ausführung einer ſolchen Maſchine bieten Fig. 8 und 9. Hier iſt der Aufſpanntiſch *c* über dem in der Höhe verſtellbaren Bocke *d* drehbar angeordnet. Der Tiſch trägt den Teilkopf *f* und den Reitſtock *e*. Zwiſchen beiden können Arbeitsſtücke angeſpannt werden, um beſtimmte Arbeiten auszuführen (z. B. das Fräſen von Schneidwerkzeugen, Vielkanten, Zahnrädern, Spiralbohrern u. ſ. w.), die auf den früher beſchriebenen Maſchinen nicht ausführbar ſind. Daneben kann die Maſchine in gleicher Weiſe wie jene benutzt werden. Zum Fräſen koniſcher Zahnräder wird die Teilkopfſpindel *g* in eine ſchräg nach oben gerichtete Lage gebracht, um in dieſer Stellung, nach Herausnahme der Spitze, das zu fräſende Kegelrad zu befeſtigen.

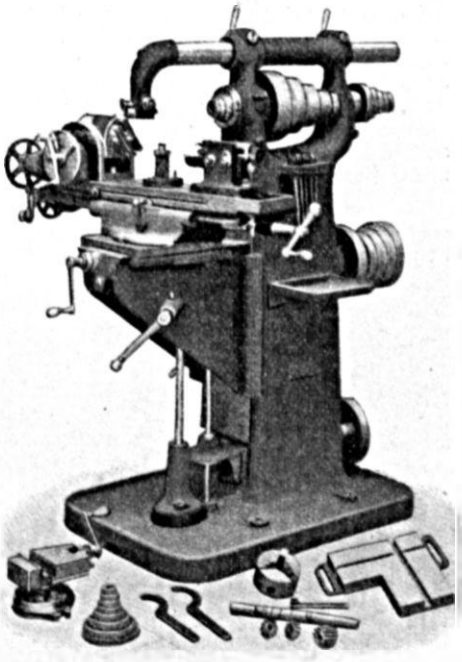


Fig. 10.

Eine neue Ausführung einer kleineren Univerſalfräsmaſchine bietet Fig. 10 (Ludwig Löwe & Co., A.-G., Berlin). Der Spitzenhalter, der nicht mehr, wie bei älteren Konſtruktionen, nur in zwei Lagern eines offenen Spindelſtockes, ſondern feſt in ſeiner ganzen Länge in der Lagerhülſe eines geſchloſſenen Spindelſtockes geführt wird, kann leicht wagerecht gedreht und nach Bedarf entfernt werden. Der Aufſpannſchlitten, der den Univerſalkopf und Reitſtock trägt, läßt ſich auf einer drehbaren, mit Gradeinteilung verſehenen Schlittenführung nach jeder Seite bis zu 45° gegen die Spindelachſe verſtellen. An der Längs- und Höhenrichtung geſtatten Gradeinteilungen eine Schlittenverſtellung bis zu $^1/_{1000}$ Zoll engl. Sollen mit der Maſchine Spiralarbeiten ausgeführt werden, ſo wird die Teilvorrichtung mit der Schraubenſpindel des Aufſpannſchlittens durch Rädergetriebe verbunden. Infolgedeſſen wird bei jeder Schlittenbewegung gleichzeitig die Teilkopfſpindel weiter gedreht. Die Mannigfaltigkeit der Spiralen wird durch Verwendung paſſender Wechſelräder erreicht.

Eine vielſeitige Ausbildung hat die Firma J. E. Reinecker, Chemnitz-Gablenz, der Univerſalfräsmaſchine gegeben. Die neueſten Einrichtungen zeigen die Univerſalmaſchinen

Fig. 11 und 12 dieſer Firma. Der Antrieb des Tiſches liegt zentral in der Drehſcheibe. Der Antrieb erfolgt von innen aus, ſo daß die Schlitten dieſer Maſchine in jedem beliebigen Winkel ſelbſtgängig benutzt werden können. Die Selbſtgänge arbeiten in beiden Richtungen und löſen

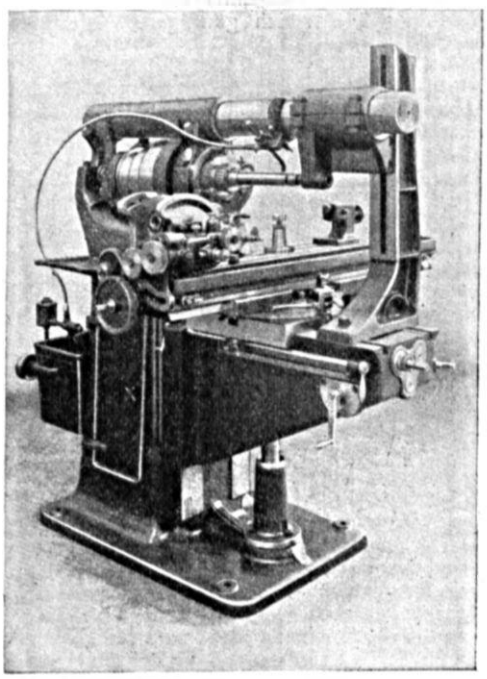


Fig. 11.

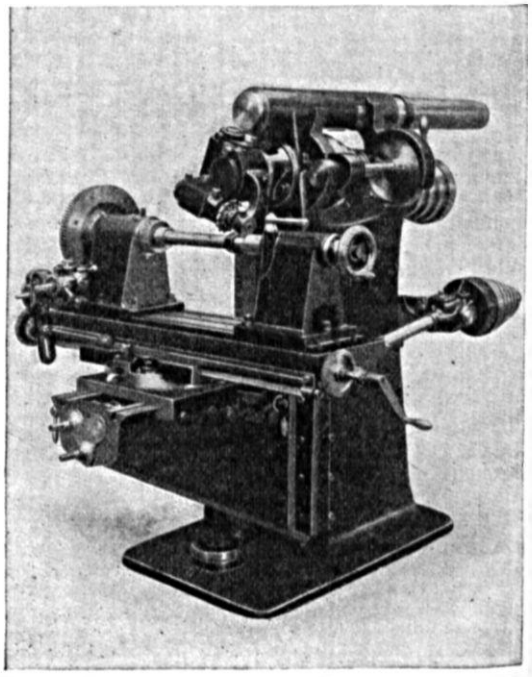


Fig. 12.

bei beiden Bewegungsvorrichtungen in beliebigen Punkten ſelbſttätig aus. Die Umſchaltung der Bewegungsrichtung wird durch einen Umſtellhebel bewirkt. Die Längstiſche haben ſelbſttätigen ſchnellen Rücklauf mit ſelbſttätiger Auslöſung. An allen Schlittenſpindeln ſind Teilſcheiben angebracht. Die Längsſchlitten ſind mit geräumigen Waſſerrinnen verſehen zum Auffangen des Schmiermittels und zum Schutze der Maſchine. Das verbrauchte Schmiermittel wird in einen Waſſerkaſten geleitet, der mit Scheidewänden ausgeſtattet iſt, durch welche ſowohl ſchwere als auch ſchwimmende Verunreinigungen des Schmiermittels zurückgehalten werden. Eine Pumpe mit Ueberdruckventil fördert durch Metallſchlauch das Schmiermittel in regulierbarer Menge zum Fräſer. Der Univerſalteilkopf (D.R.P. Nr. 73332) iſt weiter unten beſchrieben, ebenſo der ſogenannte Treiber für Fräsdornantrieb (D.R.P. Nr. 125026). Die Ausführung Fig. 12 hat eine ſogenannte Univerſalſpindel. Dieſe beſitzt zwei ſenkrecht zueinander angeordnete Spindeln, deren eine ſchnell, die andre langſam umläuft. Beide Spindeln haben ein freies Ende mit koniſchem Loch zur Aufnahme von Fräſern oder Fräsbolzen; außerdem aber kann man bei der langſam laufenden Spindel den Fräſer zwiſchen zwei Lagern befeſtigen. Durch die Univerſalſpindel wird die Fräsmaſchine ſowohl als Vertikalfräsmaſchine wie auch als Zahnſtangenfräsmaſchine brauchbar; die Einſtellbarkeit der Fräsſpindel in beliebige Winkelſtellung geſtattet das Fräſen von Gewinden aller Art, von der eingängigen Schnecke bis zum Schneckenrad. Bei dieſer Maſchine iſt ferner eine Einrichtung zum Fräſen von Stirn- und Schraubenrädern mit Reitſtock von größerer Höhe vorgeſehen.

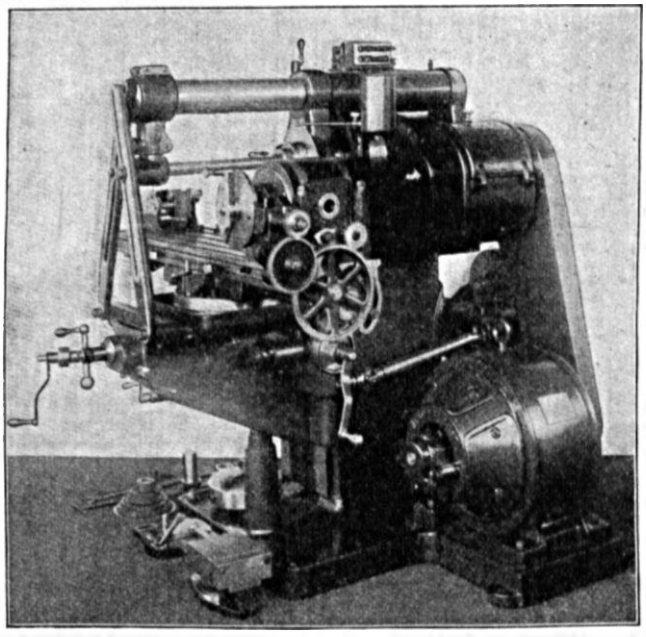


Fig. 13.

Fig. 13 und 14 zeigen eine Univerſalfräsmaſchine der Cincinnati Milling Machine Company (Weltausſtellung Lüttich 1905); ſie iſt mit allen erdenklichen Einrichtungen für ihre vielſeitige Verwendbarkeit verſehen. Zu beſonderer Vollendung durchgeführt iſt der elektriſche Antrieb. Ein Nebenſchlußmotor mit veränderlicher Tourenzahl, auf der erweiterten Fußplatte des Maſchinengeſtells aufgeſchraubt, treibt unmittelbar mittels Kette eine der Fräsſpindel vorgelegte Antriebswelle. Die der Antriebswelle gegenüberliegende Seite der Maſchine wird als Bedienungsſeite angenommen (Fig. 13). Dort befinden ſich die Schalttafeln für den Motor ſowie ein Abſtellhebel, der eine Reibungskupplung auf der Antriebswelle auslöſt. Dieſe bildet einen wichtigen Beſtandteil der Maſchine, denn durch ſie werden zwei Bedenken beſeitigt, die früher gegen den Stufenmotorantrieb erhoben wurden: 1. kann die Maſchine ſtillgeſetzt werden, ohne daß der Motor abgeſtellt zu werden braucht, 2. geſtattet die Reibungskupplung ein allmähliches Anlaſſen der Maſchine, wenn z. B. während einer Arbeitspauſe der Fräſer mitten im Schnitt ſtillgeſetzt werden muß. Unter dieſen Umſtänden würde das Anlaſſen des Motors mit der daran hängenden Belaſtung den letzteren zu ſtark beanſpruchen, während er beim vollen Gange den beim Einrücken der Kupplung allmählich wachſenden Widerſtand leicht zu überwinden vermag. Zur Ingangſetzung dient ein Doppelhebelanlaſſer mit geſchloſſenem Flüſſigkeitswiderſtand, ſelbſttätiger Auslöſung und Stromunterbrechung bei Ueberlaſtung. Die Geſchwindigkeitsregelung geſchieht durch einen Felderreger, deſſen Schaltgriff über der Tür an der Bedienungsſeite der Maſchine ſichtbar iſt (Fig. 13). Es findet ſomit keine Droſſelung des Stromes ſtatt, ſondern die Leiſtung des Motors bleibt bei jeder Umlaufzahl die gleiche, denn mit der Abnahme der Umlaufzahl nimmt die Umfangskraft zu, was ganz den Arbeitsanforderungen der Werkzeugmaſchinen entſpricht. Die Drehgeſchwindigkeit der Arbeitsſpindel kann mit dieſen Mitteln genau dem Fräſerdurchmeſſer angepaßt werden. Durch ein doppeltes Rädervorgelege auf der Arbeitsſpindel kann jede Umlaufzahl des Motors noch verdreifacht werden. Die Anordnung des Antriebes wird weiterhin erwähnt. Der vorhin erwähnte Nachteil, der daraus entſteht, daß die Größe des Vorſchubes von der Drehgeſchwindigkeit der Fräsſpindel abhängt, wird durch die große Anzahl von Ueberſetzungen im unteren Vorſchubkaſten (Fig. 15 und 16) abgeſchwächt. Den oberen Vorſchubkaſten mit dem verſtellbaren Doppelrade zeigen Fig. 17 und 18 in Anſicht und Schnitt. Von dieſem geht eine ſchräge Welle nach dem unteren Kaſten (Fig. 14). Dort befinden ſich auf gemeinſchaftlicher Welle zwei Radkegel, von denen jeder ſich frei drehen kann. Die einzelnen Räder eines jeden Radkegels aber ſind miteinander feſt verbunden; jeder wird von einem der beiden Räder 1 und 2 (Fig. 16) angetrieben, und zwar treibt das größere Rad 1 auf das kleinſte Rad des äußeren und

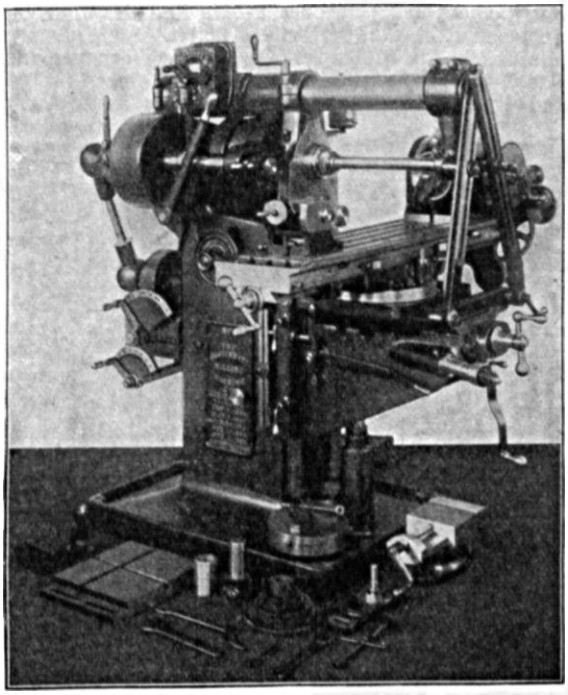


Fig. 14.

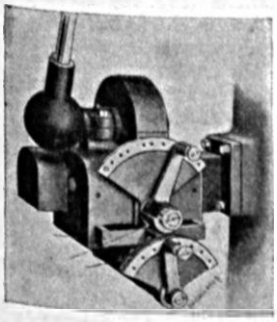


Fig. 15.

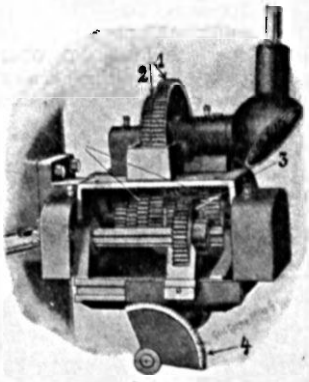


Fig. 16.

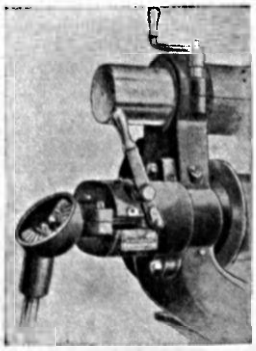


Fig. 17.

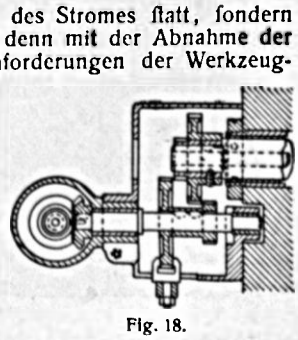


Fig. 18.

das kleinere Rad 2 auf das größte Rad des inneren Räderkonus. Auf einem plattenförmigen Schieber iſt eine dritte Welle gelagert. Dieſe iſt mit der Univerſalgelenkwelle verkuppelt, die, wie üblich, die Vorſchubbewegung nach den verſchiedenen Schlittenſpindeln hinüberleitet. Das Rad 3 auf dieſer dritten Welle iſt in einer Gabel ſeitlich geführt und kann durch das

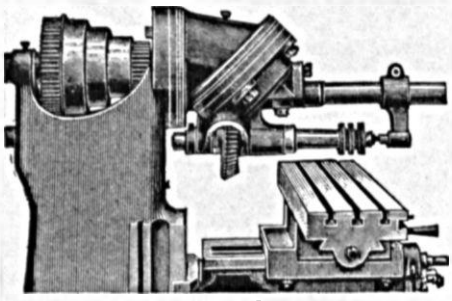


Fig. 19.

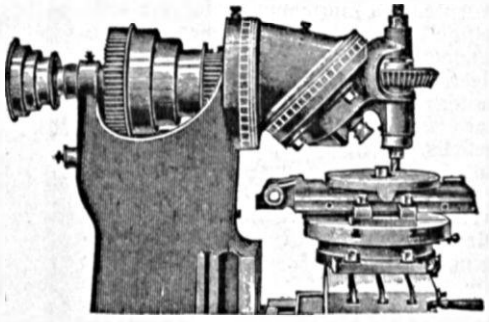


Fig. 20.

Segment 4 jedem einzelnen Rad der beiden Konuſſe gegenübergeſtellt und durch Bewegen der Schieberplatte in der Richtung ſenkrecht zur Konuswelle mit dieſen in Eingriff gebracht werden, gleichviel, ob die Maſchine im Gange iſt oder nicht. Der obere Hebel (Fig. 15) dient zum Zurückſtellen des Schiebers, um die Räder außer Eingriff zu bringen. Dies geſchieht, indem man ihn in die linksſeitige Endſtellung bringt, worauf erſt die ſeitliche Verſchiebung des Zwiſchenrades 3 zwecks Vorſchubänderung ſtattfinden kann. Der untere Hebel verſchiebt das Rad 3 ſeitlich; bei jedem Ruhepunkt desſelben kann am zugehörigen Segment die Größe des Vorſchubes in der Minute für beide Ueberſetzungen des oberen Radkaſtens (Fig. 18) abgeleſen werden; es ſind dies 16 Vorſchübe für jede Spindelgeſchwindigkeit. Um die Leiſtungsfähigkeit der Maſchine namentlich bei Verwendung von Schnellarbeitsſtahl voll auszunutzen, wird zuerſt die Umlaufzahl der Fräsſpindel geregelt, wobei nach Angabe der Cincinnati Milling Machine Company eine Schnittgeſchwindigkeit von etwa 450 mm in der Sekunde für Schnellſtahl zugrunde zu legen iſt; dann wird der Vorſchub allmählich ſo weit geſteigert, wie die Bauart der Maſchine es zuläßt. Ein ſolches Vorgehen iſt allerdings nur möglich an einer Maſchine, bei der, wie bei dieſer, ſämtliche Teile ſtark genug ſind, um die Höchſtleiſtung des Antriebsriemens oder des Motors auszuhalten.

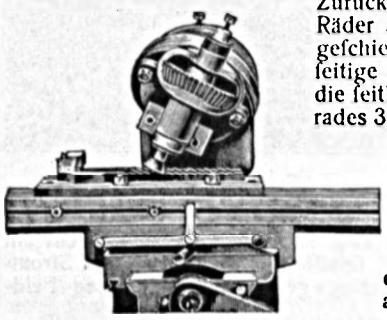


Fig. 21.

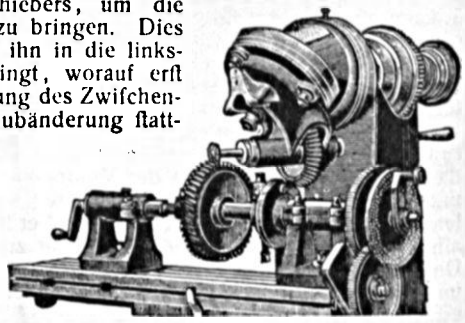


Fig. 22.

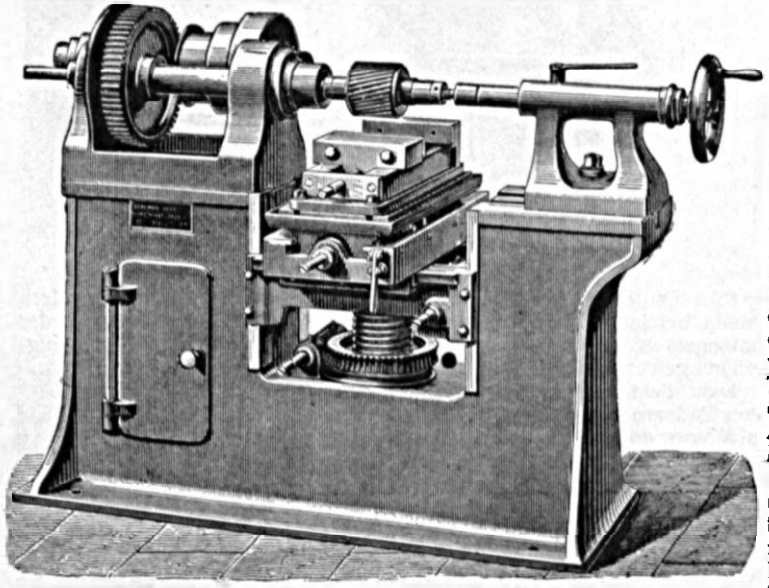


Fig. 23.

Erwähnenswert iſt noch der Spindelkopf für Univerſalfräsmaſchinen von Huré, Paris. Bei dieſer Einrichtung läßt die Fräsſpindel ſich in beliebige Lage zum Arbeitsſtück bringen, wie die Fig. 19—22 zeigen. Die von der Antriebsſpindel angetriebenen, die Bewegung auf die Fräsſpindel übertragenden Räder liegen in einem zweiteiligen, ſchräg geteilten Gehäuſe. Durch Verdrehung der beiden Teile gegeneinander und um die Stufenrollenachſe ſind

die verſchiedenen Lagen der Fräsſpindel erreichbar, wobei an dem äußeren Stellteil verſchiedene Fräseinrichtungen befeſtigt werden können, z. B. ein Gegenhalter (Fig. 19) u. ſ. w. Die Triebräder müſſen in dem Gehäuſe ſo gelagert ſein, daß ihr Eingriff bei der gegenſeitigen Verſtellung der Gehäuſeteile beſtehen bleibt. Die genaue Einſtellung der Fräsſpindel läßt ſich durch an dem Umfang der verſtellbaren Teile angebrachte Einteilungen ableſen. — Weiter ſind verſchiedene Bauarten von Fräsmaſchinen mit wagerechter und in der Höhenrichtung nicht verſtellbarer Fräsſpindel in einfacher oder doppelter Anordnung zu erwähnen, wobei der Arbeitstiſch nicht ſeitlich am Geſtell, ſondern auf einem Mitteltiſch angeordnet iſt. Die horizontale Fräsmaſchine (Berliner Werkzeugmaſchinenfabrik A.-G., vorm. L. Sentker) mit beſonders gelagertem Reitſtock hat ſelbſttätige Tiſchbewegung in vier Geſchwindigkeiten und Selbſtauslöſung in jedem Punkte. Beachtenswert iſt, daß der Tiſch auf einer ſtarken Schraubenſpindel ruht, die mittels Schneckengetriebe in ſenkrechter Richtung verſtellt werden kann (Fig. 23).

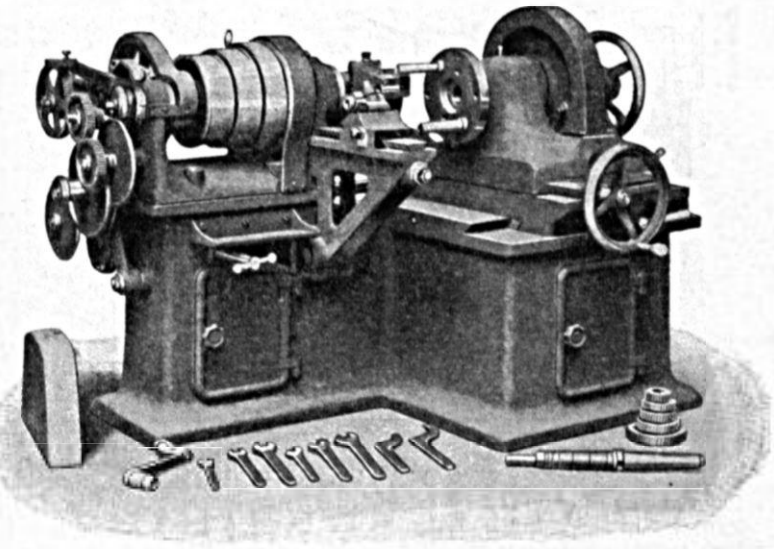


Fig. 24.

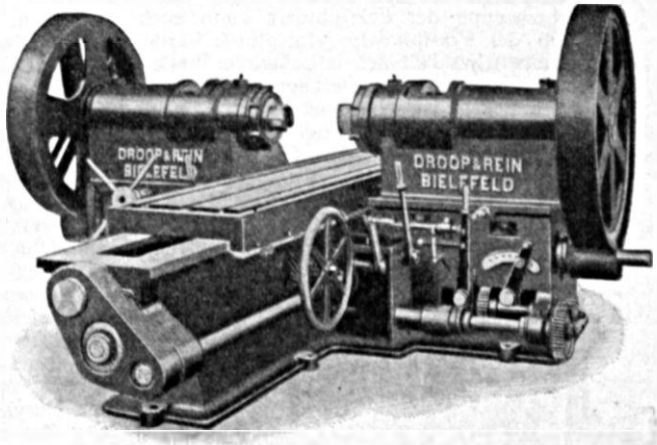


Fig. 25.

Eine beſondere Abart der Fräsmaſchinen mit in der Höhe unverſtellbarer wagerechter Spindel hat in neuerer Zeit unter der Bezeichnung Rundfräsmaſchine vielfach Verbreitung für das Fräſen äußerer oder innerer Kreisflächen gefunden, z. B. für Zahnradkränze, Schnurſcheiben, gerade und ballige Riemenſcheiben, Walzen u. ſ. w. Die Arbeit ſoll ſich halb ſo billig ſtellen als auf der Drehbank, da ein Arbeiter ſechs ſolcher Maſchinen bedienen kann (Fig. 24, Ludwig Löwe & Co., A.-G., Berlin). Die Fräsſpindel läuft in langen zylindriſchen Lagern und kann durch einen Gegenhalter geſtützt werden, der aber beim Innenfräſen nicht anwendbar iſt. Der Aufſpannkopf iſt in langen Prismenführungen parallel und rechtwinklig zur Fräsſpindel verſchiebbar. In beiden Richtungen geſtatten die an den Stellſpindeln angebrachten Gradeinteilungen das Verſtellen des Aufſpannkopfes um $^1/_{20}$ mm. Der ſelbſttätige Vorſchub, d. h. die Umdrehung des Arbeitsſtückes, wird durch Wurmgetriebe bewirkt. Eine ſelbſttätige Auslöſung führt nach vollendeter Umdrehung des Arbeitsſtückes den gleichzeitigen Stillſtand des Arbeitsſtückes und des Fräſers herbei, letzteres, um zu verhindern, daß der Fräſer durch „Mahlen" das Arbeitsſtück an der Endſtelle unrund werden läßt. Der Vorſchub, der mittels Wechſelrad und Friktionsſcheiben geregelt wird, beträgt 15—90 mm minutlich. Die Reibungsſcheiben werden durch eine Steuerkurve ſo verſchoben, daß der für ein beſtimmtes Material als günſtig befundene Vorſchub bei allen Durchmeſſern der Arbeitsſtücke annähernd gleichbleibt, ſolange der Durchmeſſer der Fräſer derſelbe iſt.

Fräsmaſchinen mit zwei feſten wagerechten Spindeln haben vielfache Ausgeſtaltung erfahren. Fig. 25 und 25a veranſchaulichen eine Doppelfräsmaſchine von Droop & Rein für die Herſtellung durchgehender Keillöcher. Insbeſondere eignet ſich die Maſchine zum Ausfräſen ſolcher Schlitze an Zughaken, Kuppelmuffen u. dergl. für Eiſenbahnfahrzeuge. Die Werkſtücke werden auf dem mit Waſſerrinnen umgebenen Aufſpanntiſch 1 befeſtigt und mit dieſem hin und her bewegt. Auf den Fräsſpindeln 2 und 3 ſitzen die Antriebsriemenſcheiben 4 und 5. Von der Fräsſpindel 3 aus wird durch Riementrieb und das unten am Rahmen angeordnete Vorgelege 6 die Welle 7 angetrieben. Von der Welle 7 aus wird durch Schneckengetriebe 8, Hubſcheibe 9 und Zugſtange 10 der Arbeitstiſch hin und her bewegt. Der Vorſchub der Fräsſpindeln wird ebenfalls von der Welle 7 abgeleitet. Durch koniſche Räder 11, Welle 12,

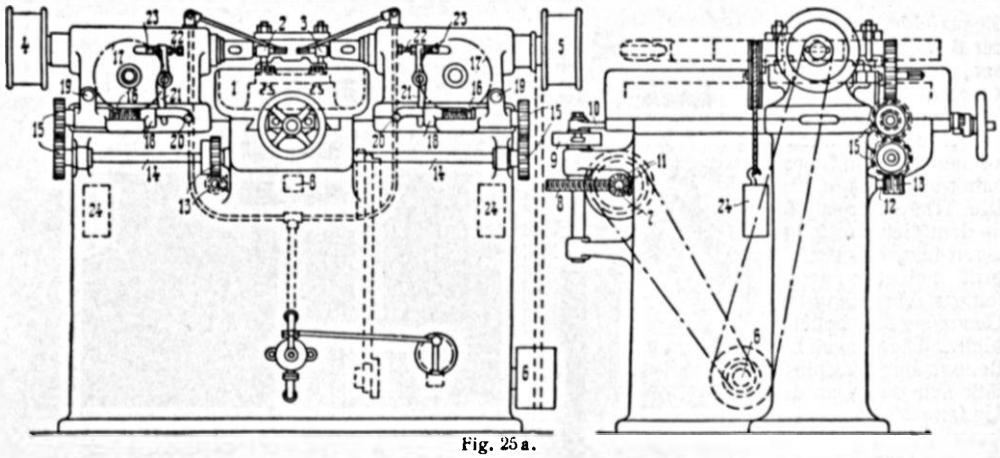


Fig. 25a.

Schneckengetriebe 13, Welle 14, Stirnräder 15, Wellen 16, Schneckengetriebe 17 ſowie Zahnſtangengetriebe erfolgt der Vorſchub der Fräsſpindeln. Jede der Wellen 16 iſt in einer Lagerhülſe 18 gelagert, die um den Zapfen 19 drehbar und mit einem Handgriff 20 verſehen iſt. Durch einen doppelarmigen Hebel 21, der unten eine Naſe beſitzt und oben eine Stiftſchraube 22 trägt, wird jede der Lagerhülſen 18 geſtützt. Drücken am Ende des Fräſervorſchubs die an der Bewegung der Spindeln teilnehmenden Anſchlagſtifte 23 gegen die Stiftſchrauben 22, ſo ſchnappen die Lagerhülſen 18 aus den Naſen der Hebel 21 aus und ſchwingen derartig um die Zapfen 19, daß die Schneckengetriebe 17 und die Stirnradgetriebe 15 außer Eingriff kommen. Die Fräsſpindeln werden alsdann durch die Gewichte 24 ſelbſttätig zurückgezogen. Die Hinundherbewegung der Fräsſpindeln kann auch durch die Handkurbeln bewirkt werden. Der Vorſchub der Fräsſpindeln wird durch Verſtellung der Stiftſchrauben 22 geregelt. Der Hub des Arbeitstiſches läßt ſich in bekannter Weiſe durch Verſtellen der Hubſcheibenſchraube ändern. Durch ein Handrad kann die Lage des Tiſches 1 zur Zugſtange 10 geregelt werden, ſo daß man das Werkſtück genau einſtellen kann. Von der Vorgelegewelle 6 aus wird durch Schneckengetriebe, Hubſcheibe und Zugſtange eine Flügelpumpe betätigt, die durch eine Rohrleitung den Werkzeugen das Seifenwaſſer zuführt. Die Maſchine arbeitet in der Weiſe, daß beide Spindeln gleichzeitig bis auf ungefähr $^1/_2$ mm vorgeſchaltet werden. Dann wird die eine Spindel ſelbſttätig zurückgezogen und das Keilloch von der weiterarbeitenden zweiten Spindel vollendet. Nach erfolgtem Durchgang wird auch dieſe ſelbſttätig zurückgezogen.

Eine Fräsmaſchine mit zwei wagerechten Spindeln, bei der eine Fräsſpindel feſt, die andre in Höhenrichtung etwas verſtellbar iſt, zeigt Fig. 26 (Moßdorf & Mehnert, Chemnitz). Die Höhenverſtellung der einen Fräsſpindel wird durch Verſchieben des Spindelſtockes auf einer Schrägfläche erzielt. Dadurch iſt es möglich, Fräſer mit geringen Abweichungen im Durchmeſſer gleichzeitig zu verwenden, indem der Unterſchied in den Durchmeſſern durch entſprechende Einſtellung des verſchiebbaren Spindelſtockes ausgeglichen wird.

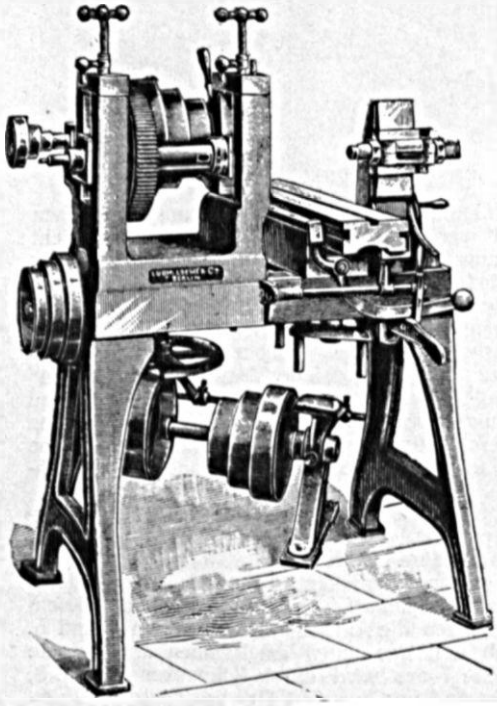


Fig. 27.

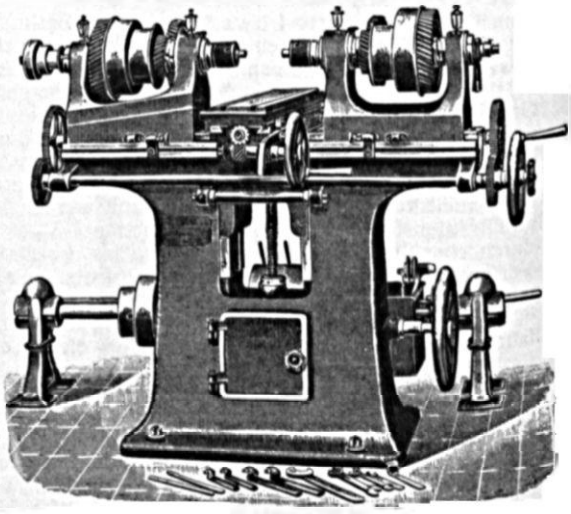


Fig. 26.

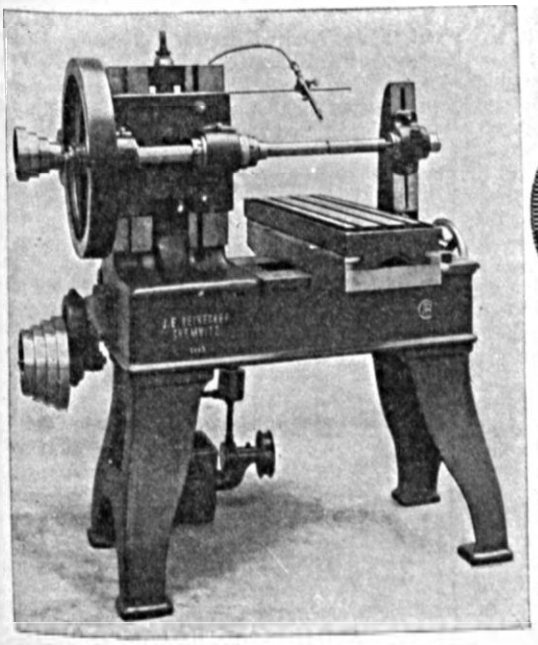


Fig. 28.

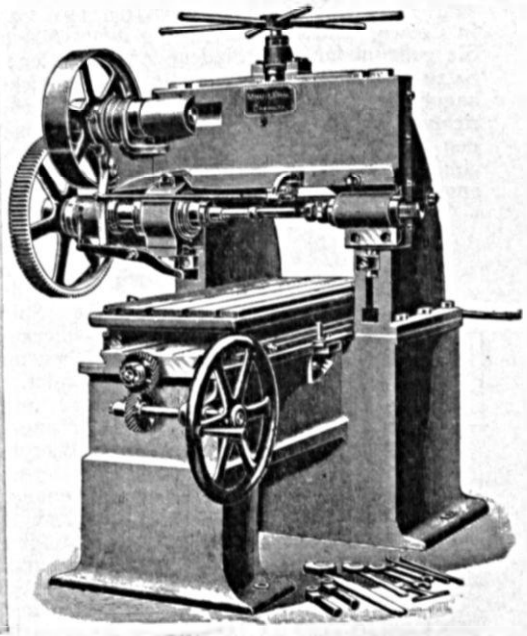


Fig. 29.

Während alle bisher beſchriebenen Fräsmaſchinen eine feſte Arbeitsſpindel und ſenkrecht verſtellbaren Tiſch haben, zeigt die Lincoln-Fräsmaſchine eine ſolche Anordnung, bei welcher der Arbeitstiſch feſt, die wagerechte Spindel ſenkrecht verſtellbar iſt. Dieſe Art Maſchinen werden überall da vorteilhaft angewandt, wo eine größere Anzahl gleichartiger Werkſtücke ohne Aenderung der Höhenlage der Spindel bearbeitet werden ſoll, alſo bei der Maſſenfabrikation. Die Lincoln-Maſchinen gehören zu den wichtigſten Arbeitsmaſchinen für die maſſenweiſe Erzeugung gleichartiger Teile. Bei der in Fig. 27 dargeſtellten Lincoln-Maſchine (Ludwig Löwe & Co., A.-G., Berlin), iſt die Arbeitsſpindel in zwei Gleitſtücken gelagert, die ſich zwiſchen Gleitſtändern des Spindelſtockes durch Zahnräder und Schraubenſpindeln einerſeits und durch zwei obere Druckſpindeln anderſeits verſchieben laſſen. Der Vorſchub des Schlittens iſt für veränderliche Geſchwindigkeiten eingerichtet. Außerdem iſt eine ſelbſttätige Auslöſung vorgeſehen, ſo daß, wenn das Arbeitsſtück fertig gefräſt iſt, der Schlitten ſtillſteht. An der Maſchine iſt eine Vorrichtung, durch die der Arbeiter verhindert iſt, bei Unaufmerkſamkeit mit dem Schlitten ſich dem Fräſer zu ſchnell und plötzlich zu nähern.

Die Arbeitsſpindel beſitzt einen inneren Konus, in dem der Fräsdorn gehalten wird. Bei langen Fräsdornen iſt zur Erzielung größerer Steifheit eine Gegenſpitze angebracht.

Während bei dieſer Fräsmaſchine am Spindelkaſten getrennte Lager für die Fräsſpindel vorhanden ſind, bildet bei der Reineckerſchen Fräsmaſchine (Fig. 28) der Spindelkaſten ein feſtes Ganzes und iſt an einer Schlittenführung ſenkrecht verſtellbar, an der er mit Schrauben feſtgeklemmt werden kann.

Die Langfräsmaſchine Fig. 29 (Moßdorf & Mehnert, Chemnitz) hat zur Höhenverſtellung der Spindelplatte eine Schraubenſpindel mit Millimetergewinde; die Spindel iſt mit einer Skala verſehen, mit deren Hilfe es möglich iſt, das Werkzeug auf $^1/_{10}$ mm genau einzuſtellen. Hat die Spindelplatte die richtige Höhenſtellung, ſo kann ſie mit zwei Bremsſchrauben feſtgemacht werden. Es iſt auch ein einſtellbarer Anſchlag vorhanden, mittels deſſen die Spindelplatte immer wieder in eine beſtimmte Höhenſtellung zurückgebracht werden kann.

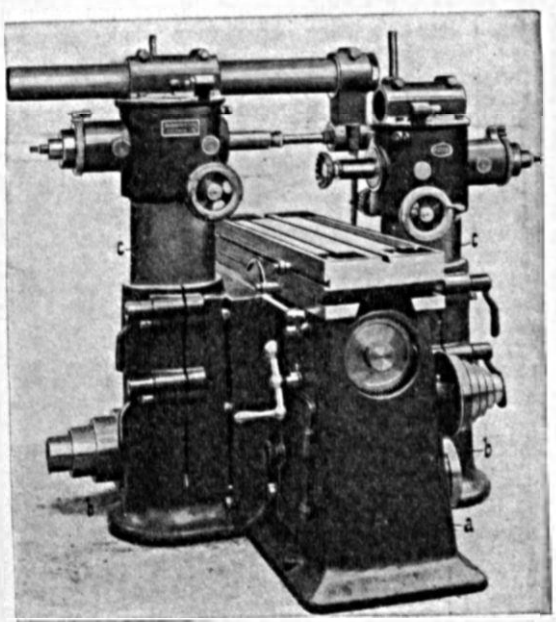


Fig. 30.

Eine Fräsmaſchine mit zwei in der Höhenrichtung verſchiebbaren Spindeln

zeigt Fig. 30, die eine zweiſpindlige Langfräsmaſchine der Maſchinenfabrik Pekrun in Coswig darſtellt. Ein Vorzug dieſer Maſchine beſteht in der Vielſeitigkeit ihrer Anwendung. Sie geſtattet fünf verſchiedene Arbeitsweiſen: Parallelfräſen, Planfräſen mit Walzenfräſern oder Satzfräſern, gleichzeitiges Fräſen zweier verſchiedener Werkſtücke mittels unabhängig voneinander angetriebener Stirn- oder Walzenfräſer, Bearbeitung von Flächen, die eine ſenkrechte Vorſchubrichtung des Werkzeuges erfordern, und Ausbohren von zylindriſchen Löchern rechtwinklig zu den ſeitlich gefräſten Flächen. Fig. 30 zeigt die Maſchine beim Arbeiten beider Spindeln unabhängig voneinander. An dem Geſtell *a* ſind zu beiden Seiten zylinderförmige Sockel *b, b* angeſchraubt, in denen ſich ſäulenförmige Ständer *c*, *c* teleſkopartig auf und nieder ſchieben laſſen. Die Oberteile der Ständer ſind als Spindelſtücke ausgebildet und bergen den Antrieb für die Spindeln, ferner Schneckengetriebe zum Heben und Senken der Ständer. Jede Spindel wird unabhängig von der andern durch eine Stufenrolle angetrieben, der zwei verſchiedene Drehgeſchwindigkeiten erteilt werden können. Als Antrieb iſt Globoidſchneckenantrieb gewählt. Für den Tiſchantrieb ſind 80 verſchiedene Arbeitsunterſchiede minutlich verfügbar; für den Tiſchrücklauf iſt eine 25fache Beſchleunigung angeordnet. Faſt alle beweglichen Teile der Maſchine ſind im Geſtell eingeſchloſſen und dadurch vor Staub und Spänen geſchützt. Die Maſchine wird von derſelben Firma auch als Einſtänderfräsmaſchine ausgeführt.

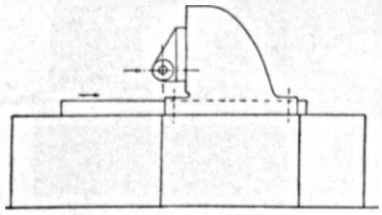


Fig. 31.

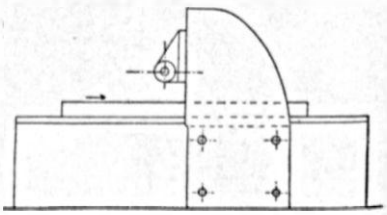


Fig. 32.

Langfräsmaſchinen führt man auch in der Form von Hobelmaſchinen aus, insbeſondere wenn ſie für ſchwere Arbeiten beſtimmt ſind. Bei ſolchen Maſchinen werden die Ständer auf einem am Bett ſeitlich angegoſſenen Sockel von gleicher Höhe wie das Bett angeſchraubt (Fig. 31), oder ſie werden von der Seite mit dem Bett verankert (Fig. 32). Für den wagerechten Arbeitsdruck, der den Ständer nach hinten zu kippen beſtrebt iſt, iſt der Hebelarm bei Ausführung nach Fig. 31 kleiner als bei der andern Ausführung. Infolge der ſchweren Bauart dieſer Fräsmaſchinen in der Form von Hobelmaſchinen iſt das Feineinſtellen des Fräſers in der Höhenlage ſchwierig und es erfolgt ungleiche Verſchiebung von Spindelſtock und Gegenbock infolge toten Ganges und infolge der Ungleichheiten der ſenkrechten Spindeln und deren Antriebsteile. Erſt in neuerer Zeit iſt es möglich geweſen, dieſen Maſchinen Eingang zu verſchaffen, indem es erſt neuerdings gelungen iſt, den Uebelſtand, der ſich bei der feinen Höheneinſtellung der Fräſer bemerkbar machte, zu beſeitigen. Früher geſchah dies durch Heben und Senken des Querſteges mittels Schraubenſpindeln, die zu beiden Seiten in den Ständern herabgehen. Allein die Unregelmäßigkeiten und der tote Gang der Schraubenſpindeln und -muttern und das unvermeidliche Spiel in den Antriebsrädern machten es faſt unmöglich, in allen Höhenlagen die genau parallele Lage des Querſteges zum Tiſch zu erhalten. Dazu kommt noch, daß beim Lockern der Befeſtigungsſchrauben des Querſteges an den Ständern der Querſteg ſtets etwas vornüberhängt und nach dem Einſtellen beim Anziehen der Muttern wieder zurückgeht.

Ein Verfahren zum genauen Einſtellen des Fräſers an Fräsmaſchinen ſchlägt die Elfäffiſche Maſchinenbaugeſellſchaft in Grafenſtaden an der von ihr gebauten Langfräsmaſchine (Fig. 33) ein; die Vorrichtung (D.R.P. Nr. 108242) veranſchaulichen Fig. 34 und 35. Iſt das Arbeitsſtück auf dem Tiſch *a* feſtgeſpannt, ſo wird Querſteg *c* an den Ständern *b b* hinunterbewegt, um den Fräſer *s* in die ungefähre Lage über dem Werkſtück zu bringen. Fräsſpindel *p* und der mit ihr verbundene Fräsdorn *q* ſind exzentriſch in Büchſen *n* und *o* gelagert. Letztere ſitzen drehbar in den Schlitten *e* und *d* und laſſen ſich von dem Handrade *f* aus durch die Welle *g*, Kegelräder *h*, *i*, Wellen *k* und die in die Schneckenräder *m* eingreifenden Schnecken *l* gleichzeitig drehen. Auf dem Fräsdorn *q* wird Fräſer *s* mittels der Büchſe *r* feſtgeſpannt. Stirnrad *t* zur Drehung der Fräsſpindel *p* ſamt Fräsdorn *q* und Fräſer *s* ſitzen drehbar

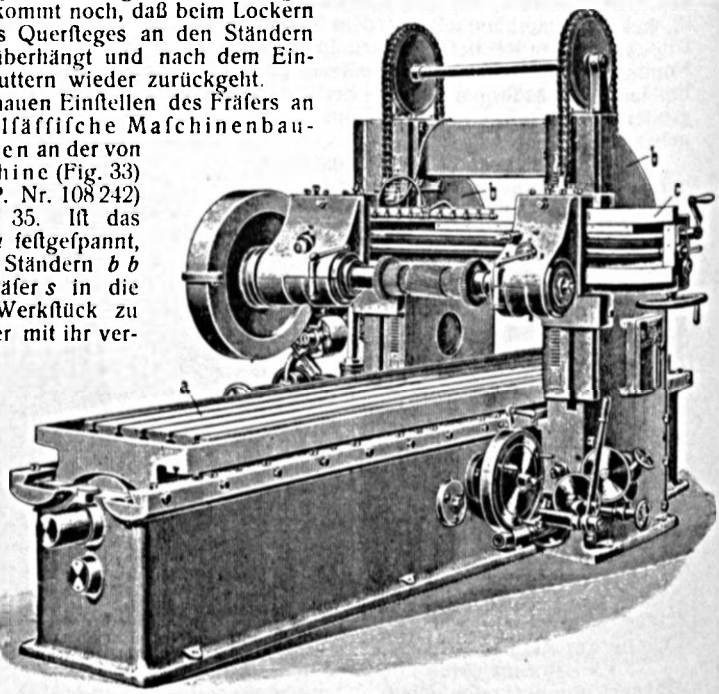


Fig. 33.

auf einem Anſatze der Büchſe *n*, der exzentriſch in bezug auf die Fräſſpindel, aber zentriſch in bezug auf die Außenfläche der Büchſe *n* iſt. Zur Kupplung des Stirnrades *t* mit der Fräſſpindel *p* dient die auf letzterer mittels Feder und Muttern geſicherte Scheibe *v*, die am Umfange einen Einſchnitt für die eingreifende, am Stirnrade *t* befeſtigte Schraube *u* hat. Durch Drehen des Handrades *f* kann der Fräſer *s* jederzeit, ſelbſt beim Gange der Maſchine, aufs genaueſte eingeſtellt werden. Zum Antrieb der Maſchine Fig. 33 dient ein Elektromotor, der an einem Ständer der Maſchine angebaut iſt und ſeine Bewegung unmittelbar auf eine Schneckenwelle durch ein paar mehrläufige Keilriemenſcheiben überträgt.

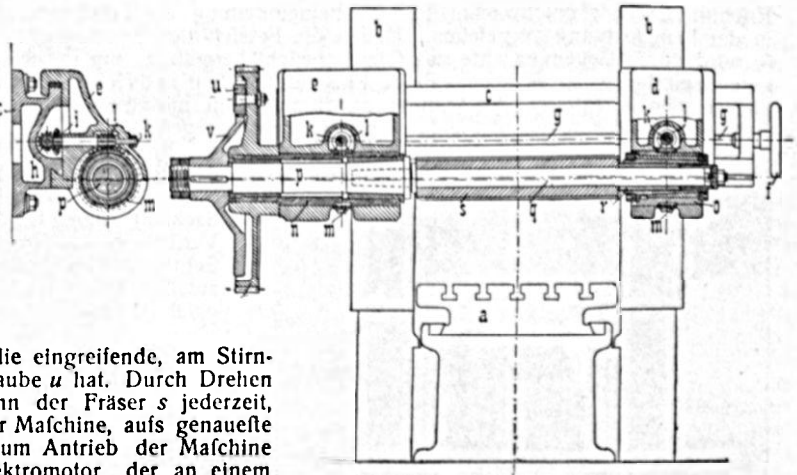
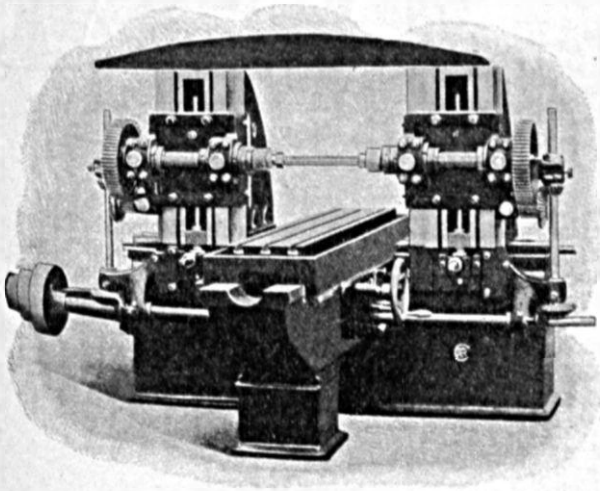


Fig. 34 und 35.

Bei der Langfräsmaſchine Fig. 36 (W. C. Armſtrong, Whitworth & Cie., Mancheſter) iſt der Antriebsmotor unmittelbar mit der wagerechten Antriebswelle gekuppelt, wodurch der Fräſſpindel alle möglichen zwiſchen 33 und 100 liegenden Umdrehungsgeſchwindigkeiten erteilt werden können. Der Ständer der Maſchine iſt auf einem am Bett ſeitlich angegoſſenen Sockel von gleicher Höhe wie das Bett aufgeſchraubt (Fig. 31). Das Bett iſt im Grundriß kreuzförmig; auf den beiden kurzen Kreuzarmen ſitzen die Ständer. Der Fräſerantrieb wird von der Antriebswelle durch Winkelräder auf eine ſenkrechte Welle und von da durch Schneckengetriebe auf die Fräſſpindel geleitet. Der Tiſch wird durch eine feſtſtehende Schraube mit ſich drehender Mutter bewegt; ſein Antrieb wird von der Motorwelle aus durch Stirnräder auf eine wagerechte Welle übertragen. Ein Bewegungsausſchalter, vom Motor unabhängig, ſowie eine Umſchaltvorrichtung vom Langſam- zum Schnellgang des Tiſches ſind vorgeſehen. Die Parallelverſchiebung des Fräſers erfolgt, indem der Fräſſchlitten von einem Ständer zum andern hinüberreicht und an ſeinem rechtsſeitigen Ende mit Führungsbahn für den Gegenbock verſehen iſt, ſo daß dieſer ſich mit dem Spindelhauptlager ſenkrecht verſchiebt und nur in axialer Richtung ſeine Lage der Länge des Fräſers angepaßt wird.



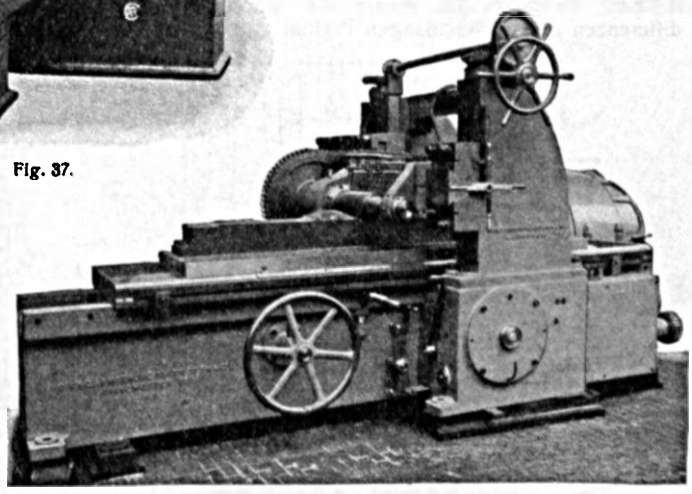


Fig. 37.

Fig. 36.

Bei Langfräsmaſchinen, die in ihrem äußeren Anſehen und ihrer Bauart einer Hobelmaſchine gleichen, werden zuweilen die die Fräſſpindelſchlitten tragenden Ständer quer zur Bewegungsrichtung des Tiſches und in Richtung der Fräſerachſe verſchiebbar angeordnet, wie dies beiſpielsweiſe bei der in Fig. 37 dargeſtellten Langfräsmaſchine (I. E. Reinecker, Chemnitz) der Fall iſt. Bei dieſer Maſchine erhält die Fräſſpindel an beiden Enden getrennten Antrieb. Infolgedeſſen werden die bei einſeitigem Antrieb und breiten Fräſſchnitten eintretenden

Erſchütterungen abgeſchwächt. Für die Feineinſtellung der Fräsſpindel iſt eine Verſtellbarkeit in der Längsrichtung vorgeſehen. Haben die Fräsſchlitten Selbſtgang in ſenkrechter Richtung, ſo wird durch Gegengewichte das Gleichgewicht hergeſtellt, um in beiden Richtungen gleichguten Selbſtgang zu erhalten. Beide Fräsſchlitten ſind mit Höhenſkala und Nonius verſehen, die an den Innenſeiten der Ständer angebracht ſind und die Einſtellung der Schlitten zum Arbeitsſtück oder zueinander auf $^1/_{10}$ mm Genauigkeit geſtatten.

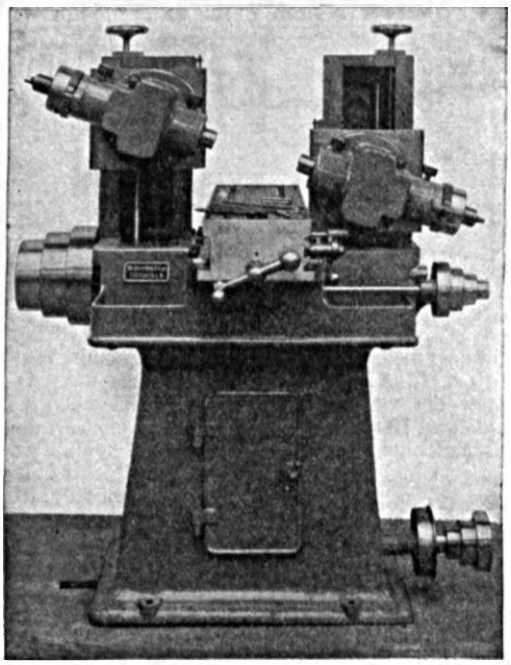


Fig. 38.

Erwähnenswert iſt auch die in Fig. 38 dargeſtellte zweiſpindlige Fräsmaſchine (Maſchinenfabrik Pekrun, Coswig, Sachſen), deren Fräſerſpindeln außer der Verſtellung in ſenkrechter Richtung eine Schrägeinſtellung unabhängig voneinander zulaſſen, indem die Spindelſcheiben um ungefähr 45° nach oben und unten drehbar ſind.

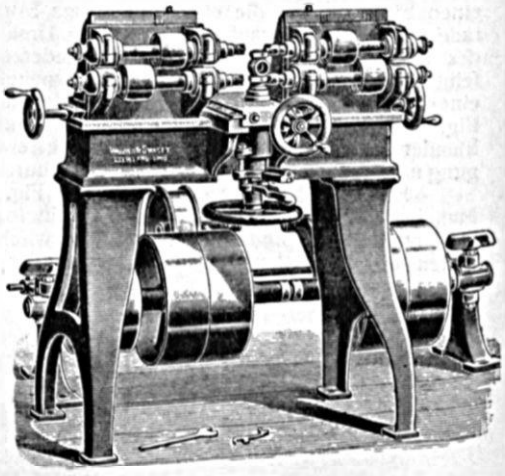


Fig. 39.

Eine Fräsmaſchine mit mehreren Spindeln, die ſich beſonders für Maſſenfabrikation eignet, zeigt Fig. 39 (Warner & Swaſey, Cleveland, Ohio). Dieſe Maſchine beſitzt vier Arbeitsſpindeln, die, je zwei und zwei übereinander gelagert, die gleichzeitige Bearbeitung von vier Flächen ermöglichen. Die beiden Winkelſtänder für die Spindellagerungen ſind unabhängig voneinander auf dem Bette verſchiebbar. Die oberen Spindellagerungen ſind ſenkrecht verſtellbar. Es laſſen ſich ferner die unteren Spindellagerungen zur Ausgleichung von Maßdifferenzen bei ungleichlangen Fräſern wagerecht etwas verſtellen.

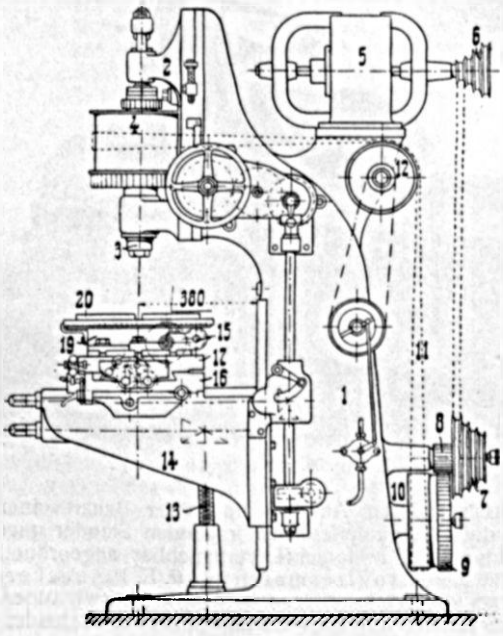


Fig. 40.

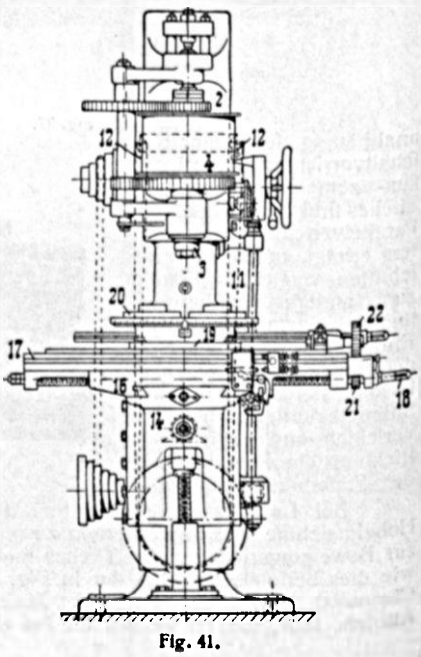


Fig. 41.

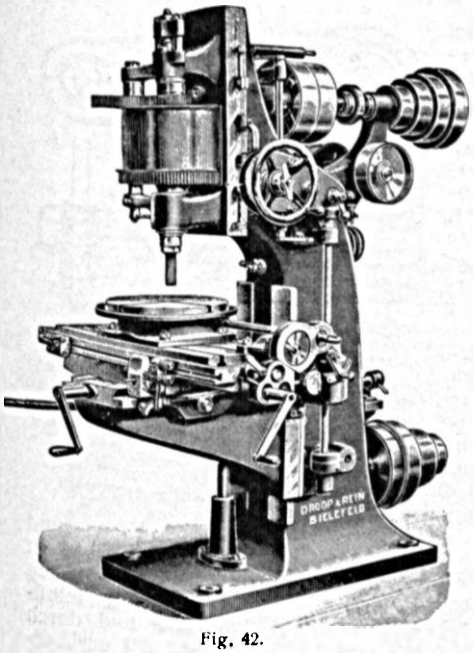


Fig. 42.

Die Vertikalfräsmaſchine mit ſenkrecht angeordneter Fräſerſpindel dient zum Fräſen von flachen ſchwalbenſchwanzförmigen Führungen (Nuten- oder Langlochfräsmaſchinen) u. ſ. w. Sie wird vielfach vorteilhaft ſtatt der Stoß- und Hobelmaſchinen zum Fräſen größerer Maſchinenteile, ſchwerer Hammergeſenke oder dergl. benutzt. Sie kann mit beſonderen Einrichtungen zum Fräſen von Kurven, z. B. mit Schablonenführungen (Kopierfräsmaſchinen) ausgerüſtet ſein. Die ſenkrechte Fräsſpindel kann in einem feſten oder verſtellbaren Spindelſchlitten gelagert ſein. Die Verſtellbarkeit des Spindelſchlittens läßt ſich auf die Höhenrichtung beſchränken. Außerdem kann der Spindelſtock drehbar ſein, um die Fräsſpindel auch in ſchrägen Lagen verwenden zu können. Die erſtere Ausführung mit unbeweglicher Spindel dient hauptſächlich für kleinere Arbeitsſtücke, deren Umſpannung für die verſchiedenen Lagen keine beſonderen Schwierigkeiten bietet, wobei natürlich der Arbeitstiſch in der Höhenlage für den Zweck der Anſtellung verſtellbar ſein muß. Die Maſchinen mit verſtellbarer Spindel werden hauptſächlich für Bearbeitung größerer Maſchinenteile gebraucht, wobei die Arbeitsſtücke auf einem in der Höhe nicht verſtellbaren Arbeitstiſch ruhen, der zur Erhöhung der Feſtigkeit mit dem Maſchinengeſtell aus einem Stück beſtehen kann (Stoßmaſchinenform). Sind Spindel und Arbeitstiſch verſtellbar, ſo kann die Anſtellung des Werkzeuges in der Weiſe erfolgen, daß zunächſt die Spindel mit dem Fräſer in die Nähe des Arbeitsſtückes gebracht wird und daß dann die Genaueinſtellung durch Bewegung des Arbeitstiſches erfolgt.

Die Fig. 40 und 41 zeigen eine Vertikalfräsmaſchine von ſchwererer Bauart mit elektriſchem Antrieb in Seiten- und Vorderanſicht (Droop & Rein, Bielefeld). Der Elektromotor 5 überträgt die Bewegung mittels Rollen 6 und 7, Rädervorgelege 8 und 9 ſowie Riemenrolle 10. Von letzterer leitet ein über Leitrollen 12, 12 gelegter Riemen 11 die Bewegung auf

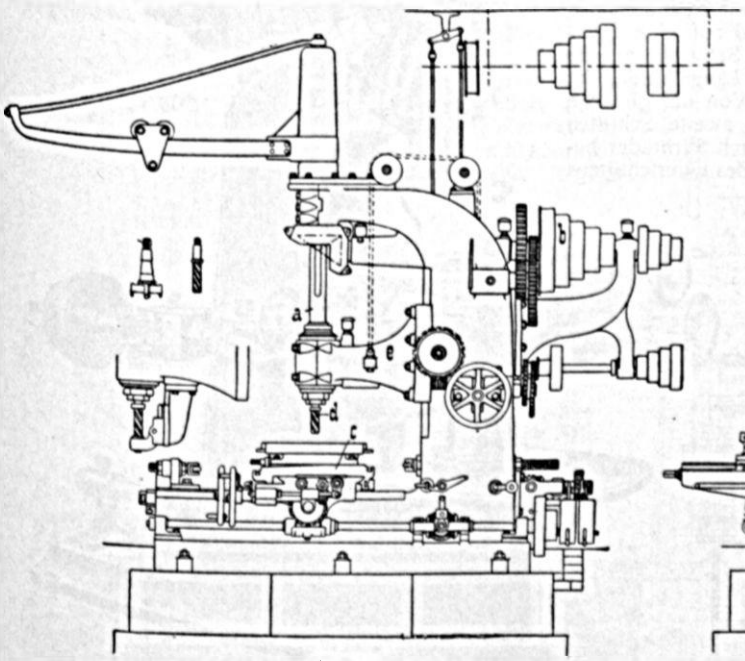


Fig. 43.

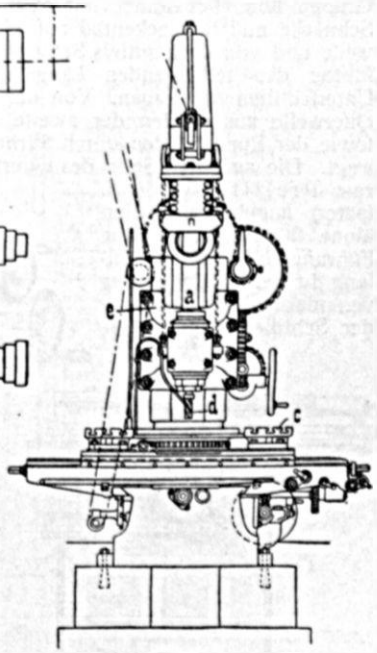


Fig. 44.

eine auf der Fräſerſpindel ſteckende Rolle 4, die entweder mit der Spindel 3 gekuppelt wird oder die Spindel durch ein doppeltes Rädervorgelege betreibt. Schlitten 2 gleitet am oberen Teil des Ständers auf und nieder und wird durch ein in ſeine Zahnſtange eingreifendes Getriebe bewegt. Auf dem am Ständer 1 auf der Schraubenſpindel 13 auf und nieder gleitenden Tiſche 14 wird Querſchlitten 16 durch Spindel 18 verſchoben. Der Antrieb des mittels des Unterſatzes 19 auf die Tiſchplatte 17 geſetzten Drehtiſches 20 erfolgt durch Schneckengetriebe von Schraubenſpindel 18 aus durch Stirnräder 21, 22, Umkehrräder, Getriebe und durch die Welle 15. Fig. 42 veranſchaulicht dieſelbe Maſchine mit Riemenantrieb vom Deckenvorgelege aus.

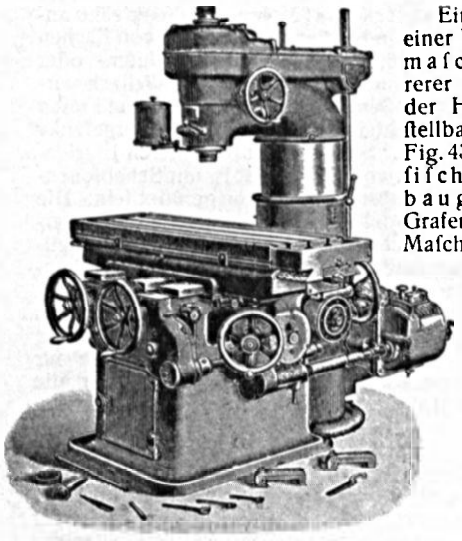


Fig. 45.

Ein andres Beiſpiel einer Vertikalfräsmaſchine ſchwererer Bauart mit in der Höhe nicht verſtellbarem Tiſch zeigen Fig. 43 und 44 (Elſäſſiſche Maſchinenbaugeſellſchaft, Grafenſtaden). Dieſe Maſchine, bei welcher eine Kopiervorrichtung (ſ. ſpäter) vorgeſehen iſt, dient zum Fräſen der verſchiedenſten Stücke von Lokomotiven, Dampfmaſchinen u. ſ. w. Das Geſtell trägt oben die Fräſerſpindel *a* und unten auf dem wagerechten Fußbett eine Gruppe von Kreuz- und Rundſchlitten *c*. Die Fräſerſpindel *a* lagert mit dem unteren Ende in einem verſtellbaren Bock *e* und oben in der Nabe eines koniſchen Rades. Die ſenkrechte Verſchiebung der Fräſerſpindel erfolgt ſelbſttätig für das Bohren und von Hand für das Fräſen; Spindel *a* und Lagerbock *e* ſind durch Gegengewicht ausbalanciert. Die Schlittengruppe beſteht aus einem Längsſchlitten mit darüberliegenden Querſchlitten und darauf der runden Aufſpannſcheibe und zwei zu beiden Seiten derſelben in gleicher Höhe liegenden Platten zum Tragen langer Stücke. Die Bewegung wird mittels Stufenſcheiben in acht verſchiedenen Geſchwindigkeiten durch eine Gruppe koniſcher Räder mit Ausrückmuffe, Schnecke und Schneckenrad auf eine Querwelle und von dort mittels Schnecke auf die Mutter der feſtliegenden Längsſpindel im Unterſchlitten übertragen. Von der gleichen Querwelle aus werden der zweite Schlitten ſowie der Rundſchlitten durch Stirnräder bewegt. Die auf einer Seite des Querſchlittens zum Profilfräſen (vgl. ſpäter) angebrachte Schablone ſtützt ſich auf eine Führungsrolle, deren Stellung in der Längsrichtung veränderlich iſt. Der Anzug der Schlitten gegen dieſe Führungsrolle geſchieht durch die Längsſpindel; dieſe geht am äußeren Ende in eine Zahnſtange über und wird durch koniſche Räder, Sperrad oder Gegengewichte längs verſchoben.

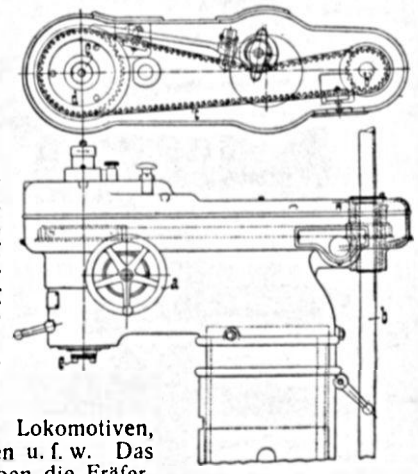


Fig. 46 und 47.

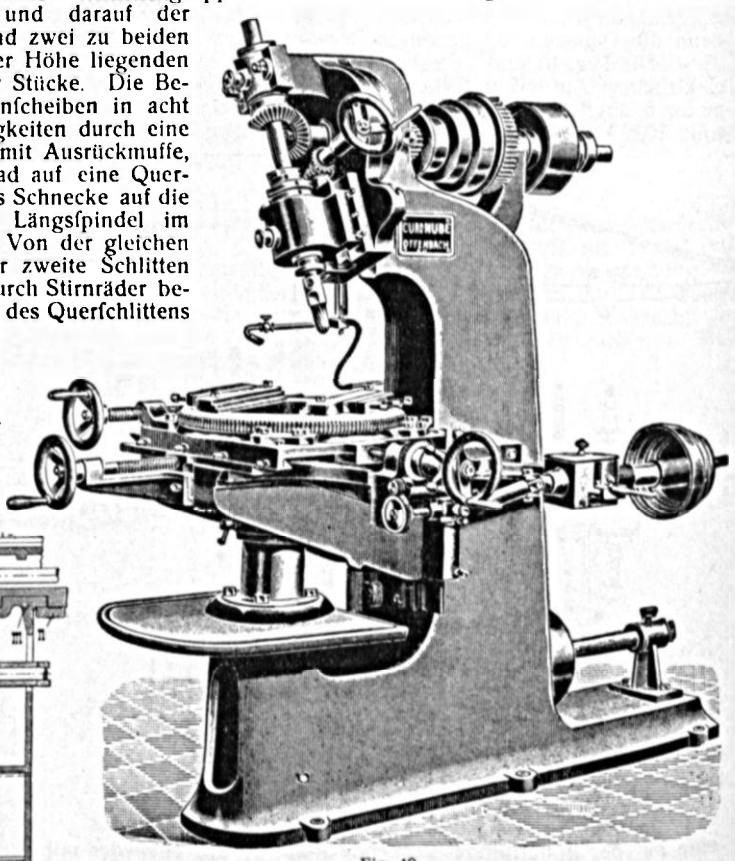


Fig. 49.

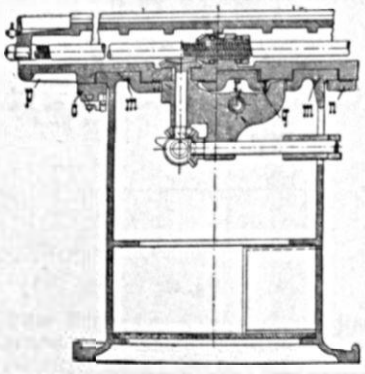


Fig. 48.

In eigenartiger Weiſe geſchieht bei der vertikalen Fräsmaſchine nach Fig. 45–48 (Brown & Sharpe, Providence, Ver. Staaten) die Höheneinſtellung des Fräſers. Der Ständer der Maſchine iſt eine ſtarke runde Säule, die ſich in dem tonnenförmigen Anbau des Kaſtengeſtelles

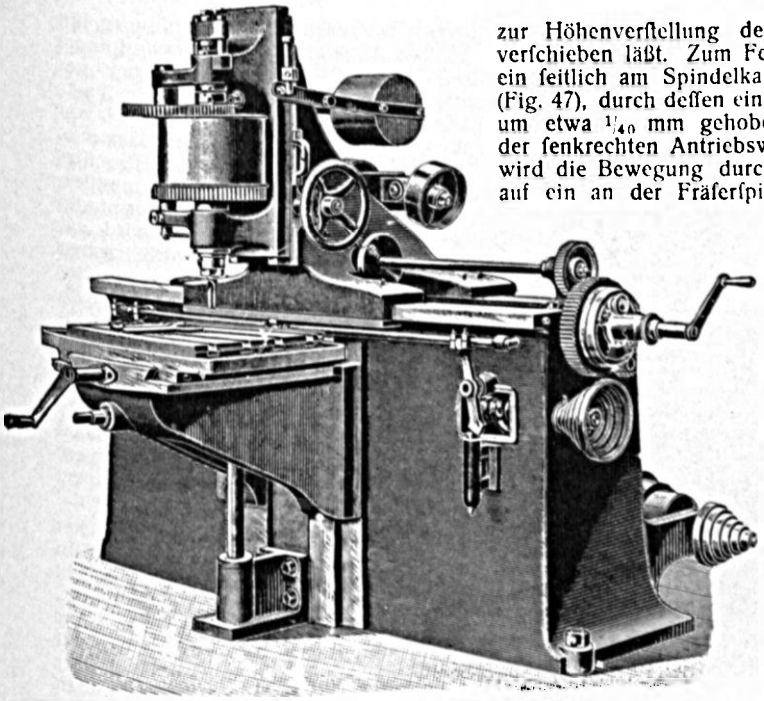


Fig. 50.

zur Höhenverſtellung der Fräſerſpindel teleſkopartig verſchieben läßt. Zum Feineinſtellen des Fräſers dient ein ſeitlich am Spindelkaſten angeordnetes Handrad *a* (Fig. 47), durch deſſen einmalige Umdrehung der Fräſer um etwa $^1/_{40}$ mm gehoben oder geſenkt wird. Von der ſenkrechten Antriebswelle *b* (Fig. 46 und 47) aus wird die Bewegung durch die Reynoldſche Kette *c* auf ein an der Fräſerſpindel *e* ſitzendes Kettenrad *d* übertragen, das entweder unmittelbar oder durch die neben ihm gelagerten Ueberſetzungsräder die Spindel mitnimmt. Fig. 48 iſt ein Schnitt durch Unterkaſten, Querſchlitten und Aufſpanntiſch, woraus die Führung des breiten Querſchlittens auf dem Unterkaſten erſichtlich iſt. Die beiden äußeren Schlittenbahnen *m*, *m* dienen als Auflageflächen und ſind ſeitlich nicht von anliegenden Führungsflächen begrenzt; auf jeder Seite verhindert eine von unten angeſchraubte Platte *n* bezw. *o* ein Abheben des Schlittens *p*. Eine dritte mittlere Führungsleiſte *q* des Bettes dient zur eigentlichen Schlittenführung; ſenkrecht unter ihrer Mitte befindet ſich die Schraubenſpindel *r*.

Eine Vertikalfräsmaſchine mit drehbarem Spindelſtock zeigt Fig. 49 (Curd Nube, Maſchinenbauanſtalt, Offenbach a. M.). Bei dieſer Maſchine liegen zwei Fräſer einander gegenüber, ſo daß eine Bearbeitung des Werkſtückes gleichzeitig von unten und von oben möglich iſt. Der Hauptfräſer iſt ſenkrecht angeordnet und arbeitet von unten; der obere Fräſer ſitzt an einem drehbaren Fräskopf und kann infolgedeſſen für ſchräge

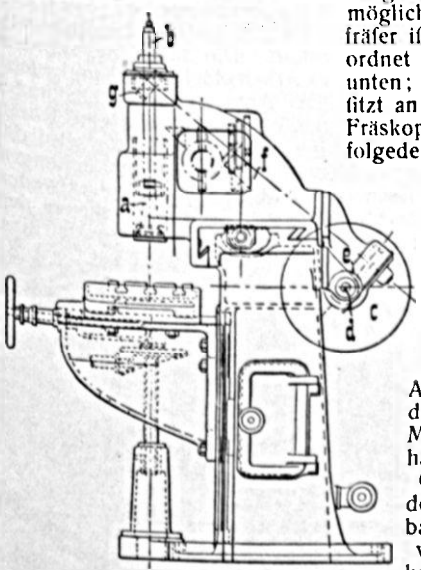


Fig. 52.

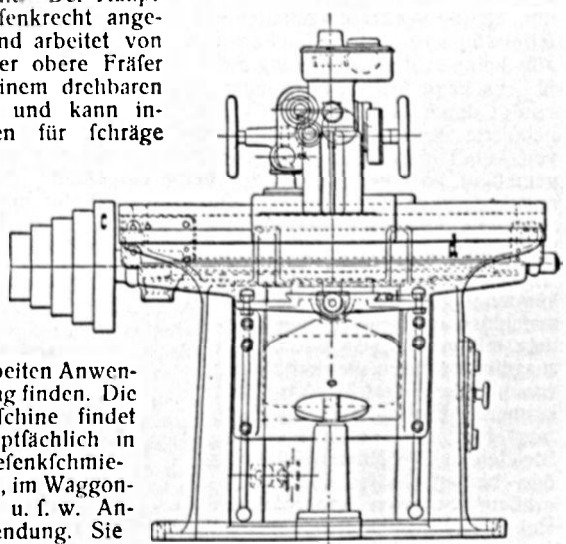


Fig. 51.

Arbeiten Anwendung finden. Die Maſchine findet hauptſächlich in Geſenkſchmieden, im Waggonbau u. ſ. w. Anwendung. Sie kann mit mehreren Selbſtgängen ausgerüſtet werden, und zwar ſo, daß dieſe unmittelbar nacheinander zur Wirkung kommen. Der drehbare Kopf ermöglicht, ſchräg zueinander ſtehende Löcher zu bohren oder ſchräge Flächen ſowie konkave oder konvexe Kegelflächen zu fräſen.

Bei den bisher beſchriebenen Vertikalfräsmaſchinen iſt die Spindel nur in ſenkrechter Richtung verſtellbar. Außer dieſen Verſtellungen kann noch eine Verſchiebung der Vertikalſpindel in wagerechter Richtung vorhanden ſein. Solche Maſchinen werden beſonders zur Herſtellung von Nuten und Langlöchern verwandt (Langloch- oder Nutenfräsmaſchine). Eine Langloch- oder Nutenfräsmaſchine, bei welcher der Ständer für die Spindellagerung wagerecht verſchiebbar iſt, zeigt Fig. 50 (Droop & Rein, Bielefeld). Das Werkſtück liegt beim Arbeiten ſtill und iſt nur in Quer- und Höhenrichtung von Hand verſtellbar. Der Fräsſchlitten wird auf dem Bett ſelbſttätig hin und her geſchaltet, wobei verſtellbare Anſchläge die Bewegung

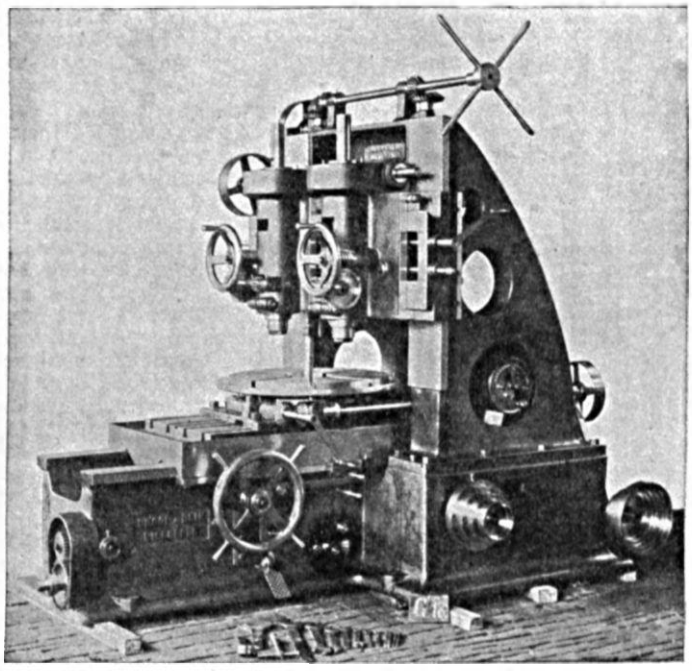


Fig. 53.

nach beiden Richtungen hin begrenzen. Die Fräſerſpindel iſt in einem Schieber gelagert und mit dieſem ſenkrecht ſelbſttätig und auch von Hand zu ſchalten. Das ausrückbare Rädervorgelege ſitzt am Spindelſchlitten, unmittelbar auf die Fräſerſpindel übertragend. Es wird auf dieſe Weiſe der Antriebriemen auch beim Fräſen breiter Nuten nur mäßig beanſprucht. Die Umdrehungsgeſchwindigkeit der Fräſerſpindel kann achtfach, die Schaltung ſechsfach verändert werden. Bei dieſer Maſchine werden die Nuten in Stufen von 1—4 mm Tiefe eingearbeitet; kleinere Nuten können in einem Schnitt hergeſtellt werden.

Eine Maſchine ähnlicher Art iſt in Fig. 51 und 52 in Vorder- und Seitenanſicht dargeſtellt (de Fries & Cie., A.-G., Düſſeldorf). Bei dieſer Nutenfräsmaſchine mit in Höhenrichtung und quer verſchiebbarer Spindel finden Nutenfräſer (ſ. Fräſer) Anwendung, welche die Nut in einem einzigen Schnitt fräſen (D.R.P. Nr. 154242). Der Tiſch der Maſchine iſt quer und ſenkrecht zur Fräſerachſe verſtellbar. Der Fräſer, der ſtets den gleichen Durchmeſſer wie die zu fräſende Nut hat, wird in den Konus *a* der Spindel *b* geſteckt. Letztere dreht ſich in einer Hülſe, auf welche die ſelbſttätige Vorſchubvorrichtung wirkt. Iſt das Loch in ſeiner ganzen Tiefe gebohrt, ſo ſchaltet ſich der Vorſchub ſelbſttätig aus und die Längsbewegung ein. Iſt die vorher einzuſtellende Länge der Nut erreicht, ſo ſchaltet ſich die Längsverſchiebung ſelbſttätig aus, wobei gleichzeitig eine elektriſche Alarmglocke ertönt. Die Maſchine erfordert alſo keine weitere Bedienung mehr, ſobald ſie nach Aufſpannen des Arbeitsſtückes in Gang geſetzt iſt. Es kann ſomit ein Arbeiter mehrere Maſchinen bedienen. Der Antrieb der Arbeitsſpindel erfolgt durch Stufenſcheiben *c* von einer Hauptwelle *d*, die mittels Wurmgetriebe *e* eine ſchräg gelagerte Welle *f* mit Wurmgetriebe *g* treibt. Bevor die Maſchine in Tätigkeit tritt, wird die verlangte Tiefe und Länge der Nut (letztere von Mittelpunkt zu Mittelpunkt der Fräſerendſtellungen gemeſſen) an einer Einteilungsſcheibe eingeſtellt. Der Antrieb der Maſchine erfolgt entweder mittels Deckenvorgelege oder durch einen Motor mit Wechſelgetriebe. Für die Zuführung der Schmierung zu den Fräſern dient eine kleine Pumpe. Der Tiſch und die Grundplatte der Maſchine ſind von Waſſerrinnen umgeben.

Vertikalfräsmaſchinen können in gleicher Weiſe wie Fräsmaſchinen mit wagerechten Spindeln mit mehreren Spindeln ausgeführt werden, die unabhängig voneinander verſchiebbar ſein können. Eine ſolche Maſchine zeigt Fig. 53 (Droop & Rein, Bielefeld). Die Höhenverſtellung der beiden Fräſerſpindeln um größere Strecken erfolgt durch Heben und Senken des Querſteges von Hand durch Drehen der zwei ſenkrechten Schraubenſpindeln in den beiden Seitenſtändern. Das Feineinſtellen geſchieht durch Verſchieben der Lagerbüchſen der Fräſerſpindeln mittels Handrads, Schneckengetriebes und Zahnſtange. Der Tiſch mit rechteckigen Führungen wird von einer auf ſchräger Welle ſitzenden Schnecke, die in ſeine Zahnſtange unmittelbar eingreift, angetrieben; durch ein paar Stufenſcheiben zum Tiſch-

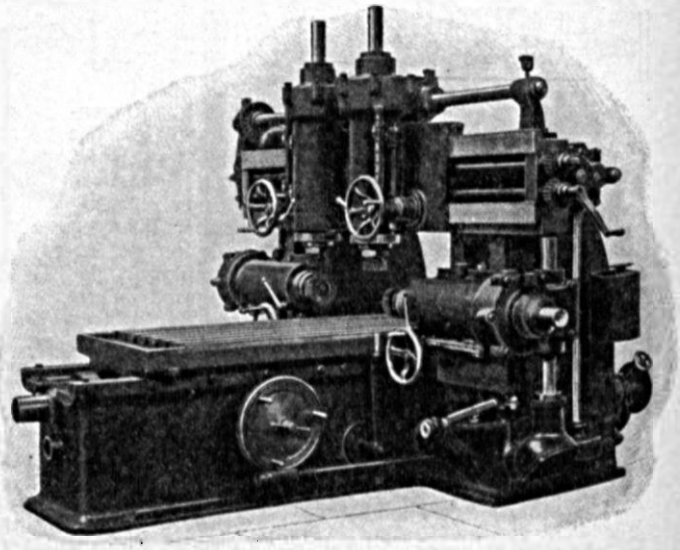


Fig. 54.

antrieb werden verſchiedene Vorſchubgeſchwindigkeiten verfügbar. Zum Rundfräſen wird ein Drehtiſch benutzt, der ſowohl von Hand als auch ſelbſttätig gedreht werden kann. Auf der Maſchine laſſen ſich gerade und zylindriſche Flächen bearbeiten; es können auch mehrere gleichartige Gegenſtände hintereinander geſpannt und paketweiſe bearbeitet werden.

Die Vereinigung einer zweiſpindligen Vertikalfräsmaſchine mit einer zweiſpindligen Horizontalfräsmaſchine veranſchaulicht Fig. 54 (Elſäſſiſche Maſchinenbauanſtalt, Grafenſtaden). Zu den Seiten des Maſchinenbettes ſind zwei oben durch einen Querſchlitten verbundene Ständer befeſtigt. Zwei Arbeitsſchlitten können auf dem Querſchlitten bewegt werden. Der Antrieb der vier nachſtellbaren Fräſerſpindeln erfolgt durch einen Elektromotor, Reduktionsvorgelege ſowie Rädertriebe unmittelbar oder mit Rädervorgelege. Mittels einer Kupplung kann eine der beiden wagerechten Spindeln oder können beide zugleich außer Tätigkeit geſetzt werden. Zu erwähnen iſt noch der ſelbſttätige unabhängige Vorſchub der Fräsſchlitten auf dem Querſchlitten durch die unten befindlichen Sellersſchen Reibſcheiben, die ihre Bewegung mittels Umſteuerungsrädern auf die Querſchlitten übertragen.

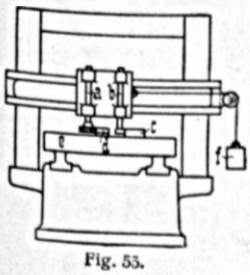


Fig. 55.

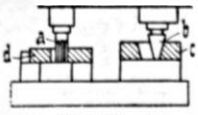


Fig. 57.

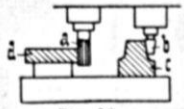


Fig. 56.

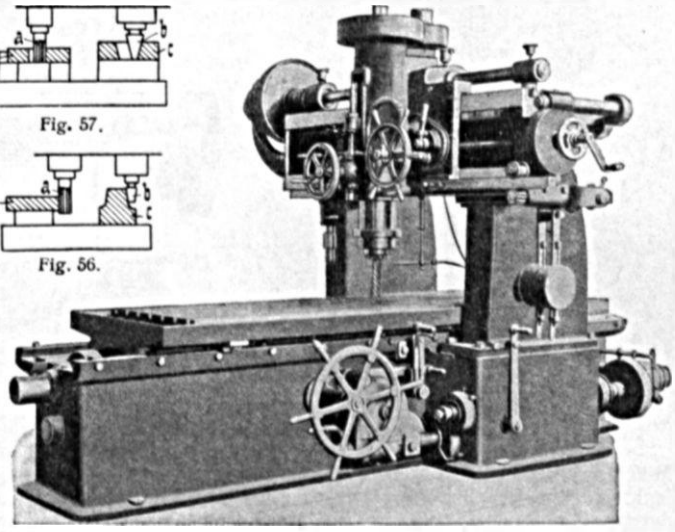


Fig. 59.

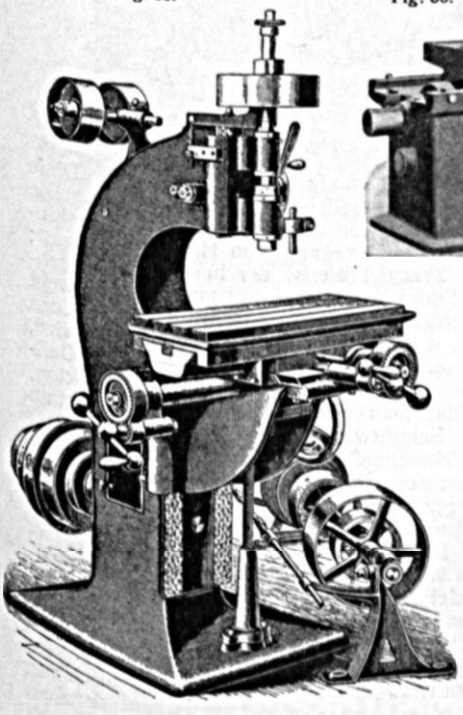


Fig. 58.

Wenn es ſich um das Fräſen gleichartig geformter Werkſtücke handelt, was insbeſondere bei der Maſſenfabrikation unregelmäßig geformter Werkſtücke vorkommt, verwendet man häufig Kopierfräsmaſchinen. Bei dieſen Maſchinen dient zur Formgebung eine Schablone, die den wechſelſeitigen Vorſchub des Werkzeuges hervorbringt. Außer der Fräsſpindel *a* (Fig. 55) iſt dann noch eine Kopierſpindel *b* angeordnet, die der Fräsſpindel *a* entſprechend der Form der Schablone *c* den Quervorſchub erteilt. Die Schablone *c* iſt neben dem Werkſtück *d* auf dem Tiſch *e* feſtgeſpannt. Durch ein Gewicht *f* oder durch Federwirkung wird die Kopierſpindel *b* mit der Schablone *c* in Berührung gehalten. Kopierfräsmaſchinen können ſowohl zur Bearbeitung von Außenflächen (Fig. 56) als auch zur Bearbeitung von Schlitzen, Nuten, unrunden Kurven u. dergl. dienen (Fig. 57). Solche Maſchinen werden mit einer und mit mehreren Fräsſpindeln ausgeführt.

Eine einſpindlige Kopierfräsmaſchine zeigt Fig. 58, bei der neben der Fräsſpindel der Kopierſtift angeordnet iſt. Die ſonſtige Bauart iſt ähnlich wie die gewöhnlicher Vertikalfräsmaſchinen.

Fig. 59 (Elſäſſiſche Maſchinenbauanſtalt, Grafenſtaden) veranſchaulicht eine Kopierfräsmaſchine ſchwerer Bauart zum Bearbeiten größerer Stücke, wie Pleuelſtangen, Kuliſſen, Balanciers u. ſ. w. Der Fräsſchlitten iſt mit Mutterſchloß verſehen. Der Kopierſtift auf der linken Schlittenſeite ſtützt ſich an die Schablone auf dem Tiſche. Durch zwei mit nachſtellbaren Gegengewichten verſehene Hebel, die mittels Getriebes auf die an dem Schlitten befeſtigte Zahnſtange wirken, wird der Stift gegen die Schablone gedrückt. Die Wirkung der Hebel nach der einen oder andern Richtung wird durch Wendegetriebe erzielt.

Bei der in Fig. 60 (Ludwig Löwe & Co., A.-G., Berlin) veranſchaulichten zweiſpindligen Kopierfräsmaſchine dient ebenfalls die eine Arbeitsſpindel zum Vorfräſen, die andre zum Fertigfräſen. Die Spindeln werden gleichzeitig im gemeinſchaftlichen Schlitten durch Trieb- und Zahnſtange mittels Handkurbel in wagerechter Richtung bewegt. Beim Fräſen

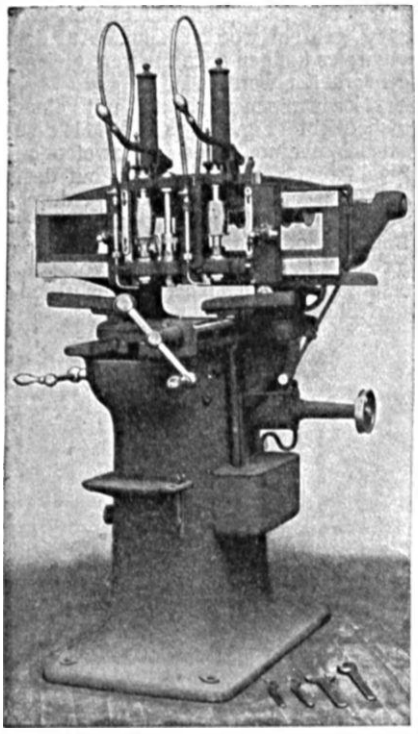


Fig. 60.

geſchloſſener innerer Formen wird der Fräſer durch Herabdrücken des Spindelſchlittens in das Arbeitsſtück eingeführt und durch einen einfallenden Riegel in dieſer Stellung feſtgehalten. Nach vollendeter Arbeit wird der Riegel gelöſt und der Fräſerſchlitten durch eine Spiralfeder in ſeine frühere Stellung zurückgebracht.

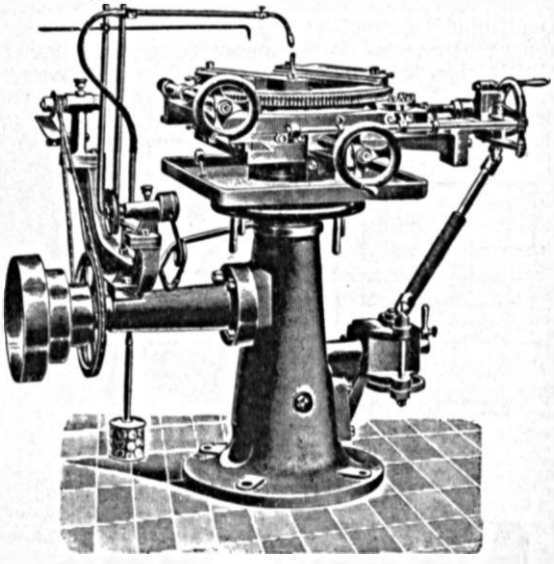


Fig. 61.

Eine eigenartige Bauart weiſt Nubes Univerſalfräsmaſchine (Fig. 61) auf. Dieſe Maſchine iſt beſonders zur Herſtellung von Schnitten aller möglichen Formen geeignet. Die ſenkrechte Fräſerwelle iſt in unveränderlicher Lage und ragt von unten durch den Tiſch hindurch. Das Arbeitsſtück wird auf einen Rundtiſch mit Drehbewegung von Hand aufgeſpannt; dieſer Rundtiſch bildet den Oberteil eines breitbaſigen Kreuzſchlittens, der in der Mitte durchbrochen iſt und an einer Säule, deren Mittelpunkt die Fräſerwelle bildet, auf und nieder bewegt werden kann. In die Schnittplatte, die ausgefräſt werden ſoll, wird zunächſt nur ein Loch gebohrt und dann der Fräſer in dieſem Loch angeſetzt, wobei die Tiſchhöhe ſo eingeſtellt wird, daß der Fräſer oben noch etwas aus der Platte herausſchaut; darauf wird die vorgezeichnete Oeffnung mit einem einzigen Fräſerdurchgang ausgefräſt. Der Fräſer iſt koniſch, nach unten dicker, ſo daß man gleich den nötigen Auszug an den Schnittwandungen erhält. Eine an dem Maſchinengeſtell angebrachte ſtellbare Nadel dient zum Einſtellen des Arbeitsſtückes nach vorgezeichneten Linien parallel zu den Tiſchbahnen.

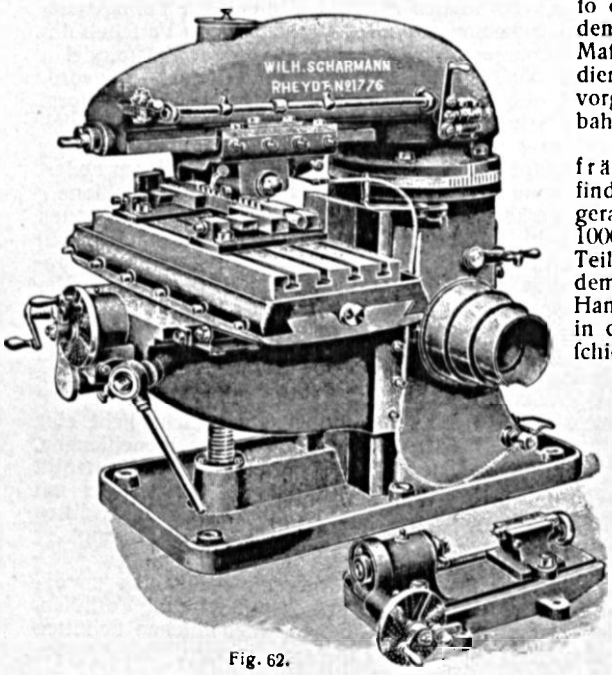


Fig. 62.

Die in Fig. 62 dargeſtellte Zahnſtangenfräsmaſchine (W. Scharmann, Rheydt) findet zum Schneiden von Zahnſtangen mit geraden, ſchrägen oder konkaven Zähnen bis 1000 mm Länge, 260 mm Breite und 40 mm Teilung in einem Schnitt Verwendung. An dem Hohlgußſtänder wird ein Winkeltiſch von Hand auf und nieder bewegt, auf dem ein in der Querrichtung verſtellbarer Zwiſchenſchieber zur Aufnahme des in der Längsrichtung ſelbſttätig vor- und rückwärts beweglichen Aufſpanntiſches angeordnet iſt. An einem durch eine Schnecke drehbaren Auslegerarm verſchiebt ſich der Fräſerſchlitten ſelbſttätig. Die Fräſerſpindel iſt zur Aufnahme des Aufſpanndorns an beiden Seiten durchbohrt. Der Fräſerſchlitten bewegt ſich nach ſeiner ſelbſttätigen Umſteuerung mit erhöhter Geſchwindigkeit zurück und löſt ſich am Ende des Rücklaufes ſelbſttätig aus. Die Teilung der Zahnſtange geſchieht von Hand mittels einer vorn am Winkeltiſch

angebrachten Teilvorrichtung. Für die ſenkrechte Verſtellung des Winkeltiſches iſt eine Feineinſtellung für $^1/_{20}$ mm zum genauen Einſtellen des Fräſers vorhanden. Auf dem Arbeitstiſch kann ein Ränderfräsapparat aufgeſchraubt werden.

Als erwähnenswert mögen hier noch genannt werden die Fräsmaſchine für Keſſelböden von der Elſäſſiſchen Maſchinenbaugeſellſchaft, Grafenſtaden (vgl. deren Katalog Nr. 827), ferner die Zylinderfräsmaſchine derſelben Geſellſchaft (Katalog Nr. 891) ſowie die zum Fräſen von Fenſterwinkeln dienende Fräsmaſchine von Schieß, Düſſeldorf (Katalog Nr. 130, S. 228).

Häufig vereinigt man eine Fräsmaſchine mit einer Bohrmaſchine. Ein ſolches Beiſpiel zeigt Fig. 63 (Droop & Rein, Bielefeld). Dieſe Maſchine dient beſonders zur Herſtellung der Flanſchenlöcher von Schiffswellen. Beide Ständer ſind quer zur Achſenrichtung zur Welle auf beſonderen Unterſätzen ſelbſttätig rück- und vorwärts ſowie von Hand verſchiebbar, ſo daß man mittels der Maſchine in einer Spannung auch die Nuten auf der Flanſchenſtirnſeite ausfräſen kann. Der Antrieb der beiden Ständer erfolgt durch zwei unabhängig voneinander

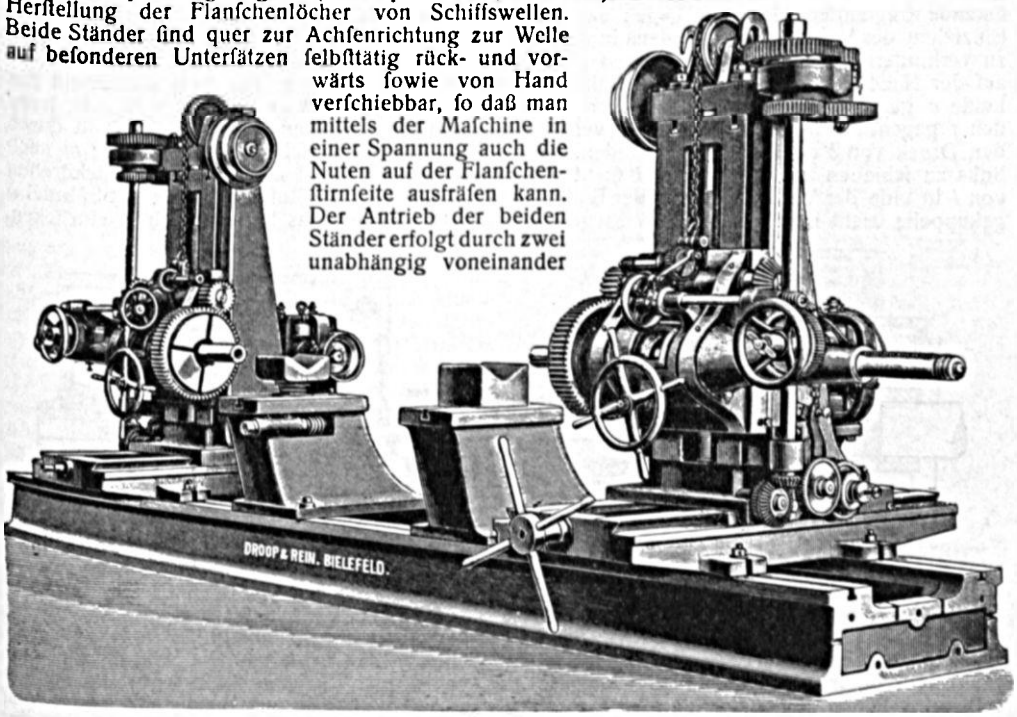


Fig. 63.

arbeitende Elektromotoren, die an der Rückſeite der Ständer befeſtigt ſind und das Triebwerk der Spindelkäſten antreiben. Die Spindelgeſchwindigkeit kann ſechsfach verändert werden. Die Spindelkaſtenſpindel bezw. das auf der Spindelhülſe ſitzende Triebrad jedes Ständers iſt zur Aufnahme einer Vorrichtung zum Koniſchfräſen oder -bohren der Flanſchenlöcher eingerichtet.

Elemente von Fräsmaſchinen.

Ein wichtiges Konſtruktionselement einer Fräsmaſchine bildet die Lagerung für die Fräsſpindel, in welcher der Fräſer befeſtigt wird (ſ. Fräſer). Die Fräsſpindel muß ſo gelagert ſein, daß ſie gegenüber dem Arbeitsdruck nach beiden Richtungen feſtliegt und in ihrer Lage und ihrem Gang genau ausgerichtet iſt.

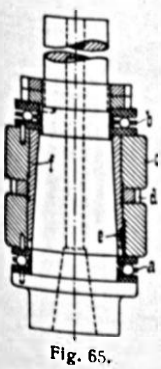


Fig. 65.

Bei der wagerechten Fräſerſpindel (Fig. 64) liegt das Hauptlager *a* feſt im Spindelſtock; das Lager *b* am Schwanzende iſt durch zwei Muttern *c c* verſchiebbar, die den Ring *d* gegen das Ende des Lagers *b* preſſen. Ein durch die Spindel und den Ring *d* ragender Stift bewirkt, daß der Ring ſich gemeinſam mit der Spindel dreht. Am Spindelſtock iſt eine Kappe *e* feſtgeſchraubt, die das Muttergewinde für eine Schraube *f* enthält, deren ſpitzes Ende als Spurzapfen ausgebildet iſt und den Spindeldruck in der Längsrichtung aufnimmt.

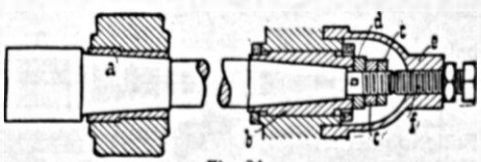


Fig. 64.

In Fig. 65 iſt die Einrichtung des unteren Lagers einer ſenkrechten Fräſerſpindel dargeſtellt (Franz Brzoska, Rath bei Düſſeldorf). Ober- und unterhalb des koniſchen Lagers ſind Kugellager *a b* zur Aufnahme des Axialdruckes zwecks Verringerung der Reibungswiderſtände angeordnet. Das Lager *c* iſt als Doppellager ausgeführt und in dem dadurch erhaltenen Zwiſchenraume eine Mutter *d* angeordnet, mit der die Büchſe verſtellt werden kann. Zur Sicherung gegen ein Zurückdrehen der Mutter und dadurch bedingtes Lockern der Lagerung können in der entſprechend breiter zu haltenden Ausſparung des Lagers

ſtatt der einen Mutter zwei angewendet werden. Ein kleiner Keil verhindert die Büchſe *f* am Drehen. Durch die Konſtruktion iſt ein möglichſt großer Raum geſchaffen, durch den die Teile einer zertrümmerten Kugel nach außen, alſo aus dem Bereich der Kugelbahnen gelangen können. Die Kugeln werden hier in einem Ring von ⊥-förmigem Querſchnitt gehalten und laufen zwiſchen zwei gehärteten Gußſtahlſcheiben. Der Ring iſt aus Rotguß hergeſtellt, um die Kugeln nicht anzugreifen. Die Löcher zur Aufnahme der Kugeln ſind auf drei verſchiedene Weiſen verteilt, ſo daß die Kugeln auf drei verſchiedenen Bahnen der Gußſtahlſcheiben laufen.

Bei der Spindellagerung Fig. 66 (Cincinnati Milling Machine Company) iſt die Spindel am Schwanzende walzenförmig und läuft kegelförmig zu. Die Lagerſchale iſt durch eine Ringmutter im Maſchinengeſtell befeſtigt. Eine zweite auf dem Gewinde der Lagerſchale ſitzende Ringmutter *g* legt ſich gegen das auf der Spindel *d* befeſtigte Zahnrad *f* und dient zum Einziehen des kegelförmigen Zapfens in die Lagerſchale. Um ſelbſttätiges Löſen der Ringmutter *g* zu verhindern, iſt die Mutter geſpalten und wird durch eine Schraube zuſammengedrückt. Die auf der Nabe des Rades *f* ſitzende Hülſe *h* enthält eine Schraube *b*, die zum Andrücken der Leiſte *c* gegen eine gerieſte Fläche der Spindel *d* dient. Iſt *c* feſt gegen *d* gepreßt, ſo kann ſich *f* gegenüber *d* weder nach links verſchieben noch um *d* drehen. Auch Hülſe *h* iſt durch den Druck von *b* mit *d* und *f* verbunden. In *h* iſt ein Riegel *i* verſchiebbar, den Feder *m* nach links zu ſchieben trachtet; Mutter *l* ſucht ihn zurückzuziehen. Läßt man *i* durch Zurückdrehen von *l* in eine der Vertiefungen in der Bodenſcheibe *k* fallen, ſo iſt Stufenſcheibe *e* mit Spindel *d* gekuppelt; zieht man mit Mutter *l* Riegel *i* zurück, ſo läßt ſich das Rädervorgelege einrücken.

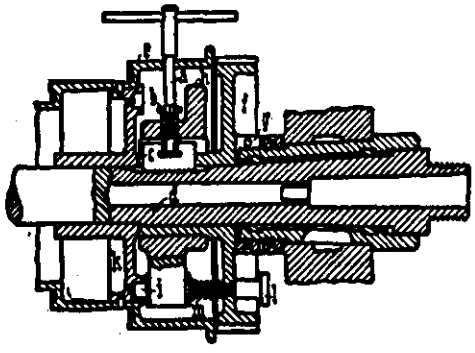


Fig. 66.

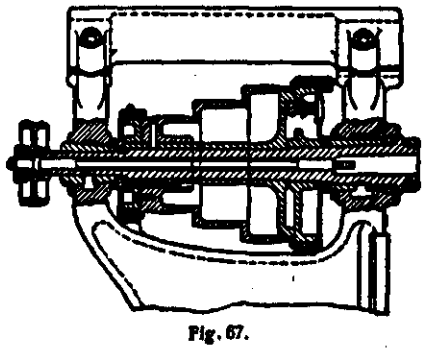


Fig. 67.

Eine Spindellagerung, wie ſie bei Fräsmaſchinen für Maſſenfabrikation gebräuchlich iſt, zeigt Fig. 67 (Wanderer-Fahrradwerke, Schönau bei Chemnitz). Die Hauptſpindel, aus Stahl gedreht, iſt an den Laufſtellen gehärtet und geſchliffen. Sie läuft in Lagern, die an den reibenden Seiten mit gehärteten und geſchliffenen Anlaufſcheiben verſehen ſind. Unter den Lagerbüchſen befinden ſich im Spindelſtock eingegoſſene kleine Oelkammern, aus denen der Spindel mittels eines Dochtes das Oel zugeführt wird. Das Oel wird durch eine auf der linken Seite angebrachte verſchließbare Oeffnung eingefüllt. Durch einen gegenüberliegenden verſchraubten Kanal kann das verbrauchte Oel entleert werden. Die Stufenſcheiben ſind ausbalanciert, wodurch ein gleichmäßiges, ruhiges Laufen der Fräſerſpindel erzielt wird. Das Befeſtigen bezw. Löſen des Fräſerdornes geſchieht mit einer in der hohlen Fräſerſpindel liegenden Zugſchraube.

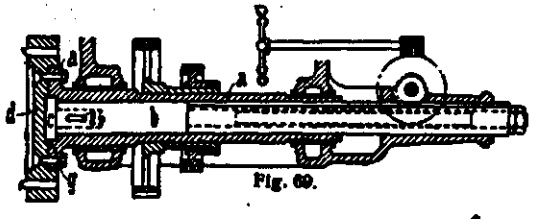


Fig. 69.

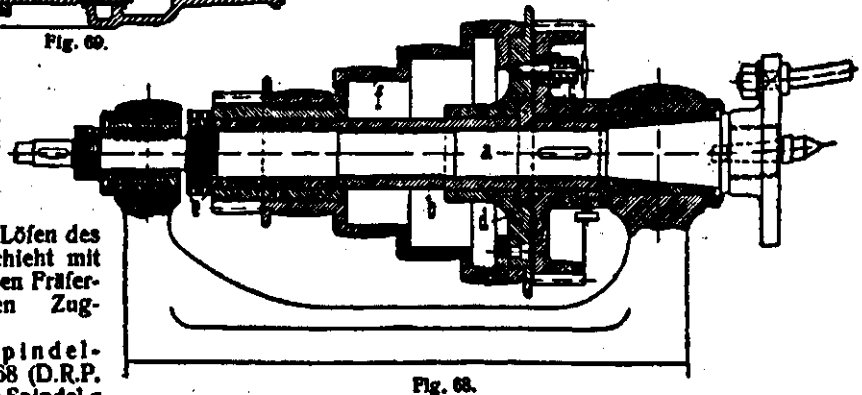


Fig. 68.

Bei der Spindelordnung Fig. 68 (D.R.P. Nr. 122967) iſt die Spindel *a* zwiſchen dem hinteren Ende der Büchſe *b* und dem hinteren Lager mit Gewinde zur Aufnahme der Muttern *e* verſehen. Ein Stirnrad *c* ſitzt auf dem Vorderende durch Feder und Nut feſt gegen den Bund der Büchſe. Die Einlage *d* iſt auf der Büchſe drehbar und mit der Stufenſcheibe *f* durch Schrauben feſt verbunden. Durch Anziehen der Muttern *e* wird die Büchſe *b* mit dem Stirnrad *c* gegen den vorderen Lagerbund des Spindelkaſtens gedrückt und dadurch der Spindelkonus, ſomit die Spindel gegen Verſchiebung geſichert.

Die in D.R.P. Nr. 98528 beſchriebene **Einrichtung zum Verſchieben der Fräſerſpindel** bildet eine Kupplung zwiſchen einer Fräſer- und einer Bohrſpindel von der Art, daß die Fräſerſpindel durch die Bohrſpindel verſchoben werden kann. Ob die Fräſerſpindel dabei in ihren Lagern oder mit ihren Lagern verſchoben wird, iſt für das Kuppeln ſelbſt ohne Einfluß.

In Fig. 69 iſt eine **Verbindung der Fräſerſpindel mit der inneren Spindel** *b* mittels eines beſonderen Kuppelſtückes *c* gezeigt, deſſen Zapfen mit der inneren Spindel *b* durch den Keil *e* feſt verbunden und deſſen Kopf in der Ausdrehung *g* der Fräſerſpindel *a* durch den vorgeſchraubten Fräskopf *d* feſtgehalten wird. Hierdurch wird die Fräſerſpindel *a* mit der inneren Spindel *b* zu einem Ganzen vereinigt und erfolgt deſſen axiale Verſchiebung unmittelbar durch den Vorſchub der Spindel *b*. Die Kupplung der beiden Spindeln *a* und *b* kann auch noch auf verſchiedene andre Weiſe erfolgen.

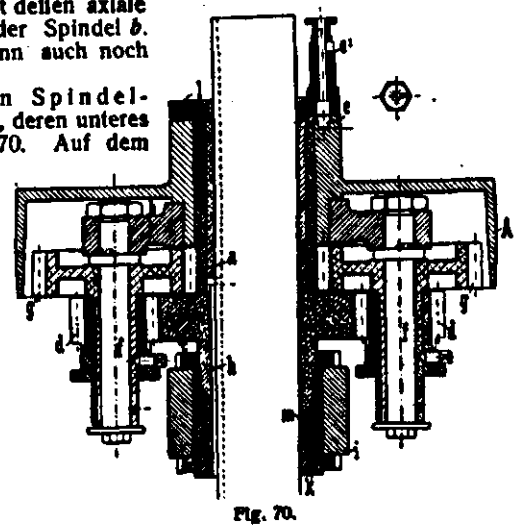


Fig. 70.

Das **obere Spindellager** ſowie den **Spindelantrieb einer ſenkrechten Fräſerſpindel**, deren unteres Lager in Fig. 65 wiedergegeben iſt, zeigt Fig. 70. Auf dem Geſtell *a* iſt eine Riemenſcheibe *A* aufgekeilt, die ihre Lagerung im Lagerbock *b* hat. Der Lagerbock *b* hat zwei Arme, in denen je ein Bolzen *f* befeſtigt iſt. Auf dieſem Bolzen *f* ſind je zwei Zahnräder *d g* drehbar angeordnet, von denen die größeren *g* mit dem Zahnrade *a*, die kleineren *d* mit dem Zahnrade *c* im Eingriff ſtehen. Das Zahnrad *c* iſt mit der Fräſerſpindel durch einen Keil *h* ſo verbunden, daß ſich die Spindel darin verſchieben kann, und läuft mit ſeiner koniſch geformten unteren Nabe in einem am Ständer angegoſſenen Lager *i*, das mit nachſtellbarer koniſcher Büchſe *k* ausgeſtattet iſt, während ſich das Getriebe *a* loſe auf der oberen Nabe des Zahnrades *c* dreht. Am Ende der Nabe iſt eine Scheibe *l* aufgeſchraubt, die einen Kuppelbolzen *e* zur Verbindung des Zahnrades *c* mit der Riemenſcheibe *e* trägt. Durch dieſe Verbindung wird die Riemenſcheibe unmittelbar mit der Fräſerſpindel *m* gekuppelt und hierdurch die Bewegung der erſteren gleich auf die letztere übertragen. In dieſem Falle müſſen die beiden Getriebe *d* heruntergezogen werden, ſo daß ſie mit dem Getriebe *c* außer Eingriff kommen. Bei Arbeiten mit dem Rädervorgelege wird der Kuppelbolzen *e* aus der Riemenſcheibe herausgezogen und durch den Stift *e l* dadurch hochgehalten, daß man dieſen Stift durch Drehen des Kuppelbolzens auf der oberen Fläche der Führungshülſe des Bolzens zur Auflage bringt. Hierauf werden die beiden Getriebe *d* mit dem Getriebe *c* in Eingriff gebracht und in dieſer Lage durch eine Stellſchraube gehalten.

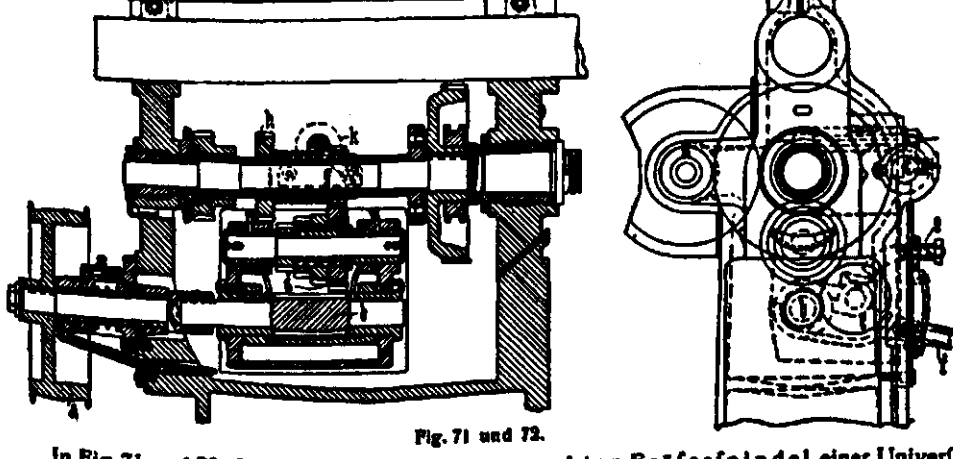


Fig. 71 und 72.

In Fig. 71 und 72 iſt der **Antrieb der wagerechten Fräſerſpindel** einer Univerſalfräsmaſchine von **Brown & Sharpe** dargeſtellt. *a* iſt die Hauptantriebsſcheibe, um die drei Hebel angeordnet ſind, von denen der mittlere *e* die Räderverbindung zwiſchen Spindel und Scheibe, der untere *f* deren Eingreifen bewirkt. Der obere Hebel *g* geſtattet eine ſchnelle oder langſame Bewegung und verdoppelt die Anzahl der vom mittleren Hebel gewährten Geſchwindigkeiten. Dieſe werden durch Rädertberſetzung wieder verdoppelt. Der die Geſchwindigkeit beſtimmende Hebel hat vier Einſtellungen, wodurch die Maſchine im ganzen 16 Geſchwindigkeiten erhält. Dieſe liegen in geometriſcher Progreſſion zwiſchen 15 und 376 Umdrehungen in der Minute. Die Hauptſcheibe treibt das lange Stirnrad *b*, das durch das Rad *c* entweder das Rad *d* oder die kleinen danebenliegenden Räder treibt. Die Räder *k* und *h* gleiten auf der Welle *i*, welche die Spindel entweder unmittelbar oder durch Rädertberſetzung treibt.

In Fig. 73 ist ein wagerechter Schnitt durch Antriebswelle, Antriebsspindel und Vorgelegewelle einer schweren Universalfräsmaschine veranschaulicht. *a* ist die Fräserwelle, *b* das vom Motor angetriebene Kettenrad der Antriebswelle und *c* die auf letzterer festsitzende Scheibe der Reibungskupplung. Durch Kettenräder *d* und *f* findet Bewegungsübertragung auf die Fräserwelle statt. *e* ist der Hebel zur Betätigung der Kupplung und *l* derjenige zum Einrücken der Vorgelegewelle mit dem verschiebbaren Doppelrad *g h*; zur Verschiebung dient die als Griffscheibe geformte verlängerte Nabe *k* des Rades *h*. Am Schwanzende der Fräserspindel sitzen zwei ungleiche Räder, die durch Verschieben des Doppelrades *l* die Vorschubbewegung mit zwei Geschwindigkeiten einleiten.

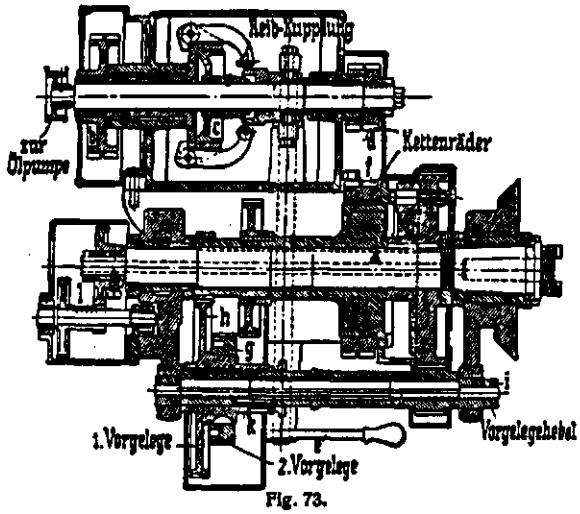


Fig. 73.

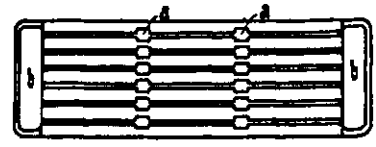


Fig. 76.

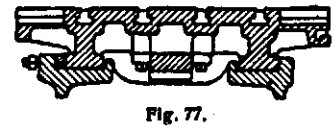


Fig. 77.

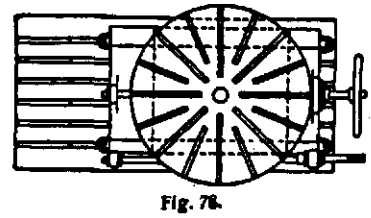


Fig. 78.

Fig. 74 zeigt die Lagerung der Fräserspindel *a* einer Langfräsmaschine (Reinecker, Chemnitz). Das linksseitige Spindelende ist in der Nabe *b* des Rades frei verschiebbar; das andre, kegelförmige Ende wird durch Lagerbüchse *c* und Kugellager *d* an der Verschiebung gehindert. Um dem Fräser die richtige Lage zum Arbeitsstück zu geben, läßt sich Büchse *c* durch die Muttern *e* etwas verschieben. Die Fräserspindel *f* wird noch einmal gestützt, wenn der Fräser lang ist oder wenn er sich in einiger Entfernung vom Lager *c* befindet. Büchse *g* wird mittels Handrades *h* verschoben.

Bei dem Antrieb für eine senkrechte Fräserspindel (Fig. 75) ist neben der sich langsam drehenden Hauptfräserspindel noch eine sich schnell drehende Nebenspindel angeordnet. Der Vorteil dieser Anordnung beruht in der Entlastung der Hauptspindel a^1. Die Hauptspindel a^1 erhält ihren Antrieb durch den Keil der Büchse *b*, auf der fest das Schneckenrad *c* sitzt, das von der Schnecke *d* angetrieben wird. Oberhalb des Schlittens *A* sitzt auf Spindel a^1 das Stirnrad e^1, das durch ein Zwischenrad auf das die Nebenspindel a^2 antreibende Rad e^2 wirkt.

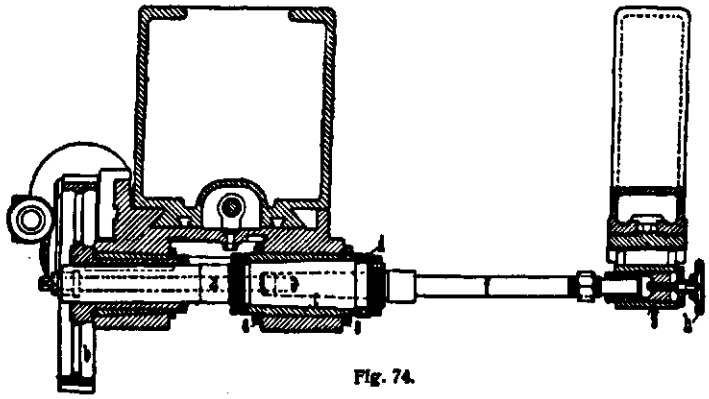


Fig. 74.

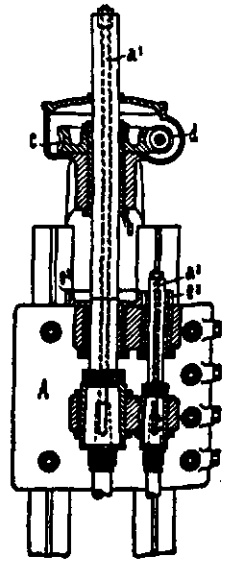


Fig. 75.

Zwischen den Rädern e^1 und e^2 besteht eine Uebersetzung von 1 : 3,7, so daß Spindel a^2 stets die 3,7fachen Touren der Spindel a^1 macht. Spindel a^2 tritt in Tätigkeit, wenn das ausrückbare Zwischenrad zur Verbindung zwischen e^1 und e^2 eingerückt worden ist. Der Hauptspindel können die minutlichen Umdrehungsgeschwindigkeiten 16, 23, 33, 39,5, 56 und 80 erteilt werden.

Die Auftanntische sind mit Nuten (Auftannschlitzen) versehen. Die Befestigung des Arbeitsstückes geschieht entweder unmittelbar durch Schrauben, die in die Auftannschlitze greifen, oder mittelbar unter Anwendung von Supporten und Spitzenapparaten. Die Nuten

haben ſchwalbenſchwanzförmigen, meiſt ⊥- oder T-förmigen Querſchnitt. Sehr lange Schlitze erhalten außer an den Enden auch noch dazwiſchen ein oder mehrere Einſchieblöcher *a* (Fig. 76) zum Einbringen der Auffpannſchraubenköpfe. Nach Fig. 76 iſt der Tiſch über die Schlitze hinaus verlängert und an den Enden mit einem etwas tiefer als die Schlitze ausgeſparten Spankaſten *b* verſehen. Die Spankäſten nehmen die abfallenden Späne auf und führen ſie ſo ab, daß in den Triebwerksſtellen und Bohrungen Störungen vermieden werden. Die Schlitze verlaufen gewöhnlich parallel zur Hauptkante des Tiſches nebeneinander über die ganze Tiſchfläche. Auch kommt die in Fig. 77 wiedergegebene Anordnung von parallelen Schlitzen nach zwei zueinander ſenkrechten Richtungen und bei kreisrunden Tiſchen die in Fig. 78 dargeſtellte ſtrahlenförmige Schlitzanordnung vor.

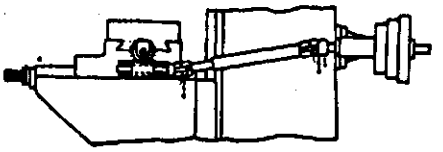


Fig. 80.

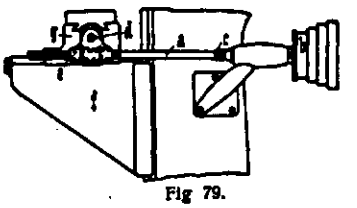


Fig 79.

Fig. 82.

Fig. 83.

Fig. 84.

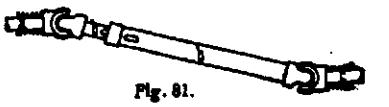


Fig. 81.

Die Querbewegung der Auffpanntiſche kann vom Deckenvorgelege oder von der Fräſerſpindel abgeleitet werden. Wird die Querbewegung von der Fräſerſpindel abgeleitet, ſo geſchieht dies entweder mittels Gelenkwellen (Fig. 79 und 80) oder mittels ſich ſchneidender Wellen und Kegelräder (Fig. 85 und 86).

In Fig. 79 iſt die Gelenkwelle *a* an einem Ende mit der Stufenſcheibe *b* durch ein einfaches Kreuzgelenk *c* verbunden und kann am andern Ende in einem an der Tiſchſpindel *d* drehbar hängenden Lager *e* gleiten. Wird Winkeltiſch *f* und Schlitten *g* mittels eines auf die Tiſchſpindel *d* wirkenden Schneckengetriebes quer verſchoben, ſo kann ſich Welle *a* mit dem Winkeltiſch und dem Schlitten zugleich einſtellen.

Statt des einfachen Gelenkes ſind in Fig. 80 zwei Gelenke *i*, *i*¹ (Kreuzgelenkpaar) ſymmetriſch angeordnet und durch eine ausziehbare Spindel verbunden. Welle *b* (Fig. 81) läßt ſich nach Bedarf verlängern oder verkürzen, da ſie aus zwei teleſkopartig verſchiebbaren Teilen beſteht. Bei kreisrundem Querſchnitt werden die beiden Teile durch einen Splint gekuppelt, der in dem einen Teile feſtſitzt, in einem länglichen Schlitz des andern verſchoben werden kann. Welle *b* wird durch die Kreuzgelenke geſtützt, Welle *a* iſt unverſchiebbar gelagert, während Welle *c* verſchoben werden kann. Fig. 82—84 zeigen die Ausführungsform eines Kreuzgelenkes (D.R.P. Nr. 98554). Das Mittelſtück *c* iſt mit vier Einſchnitten verſehen, im übrigen durch eine Kugelfläche und zwei ebene Flächen begrenzt. In die Furchen greifen die Schenkel der Gabel *g*. Um *c* in die Gabel *g* einbringen zu können, darf die Mündungsweite von *g* nicht kleiner als die Dicke des Mittelſtückes *c* ſein.

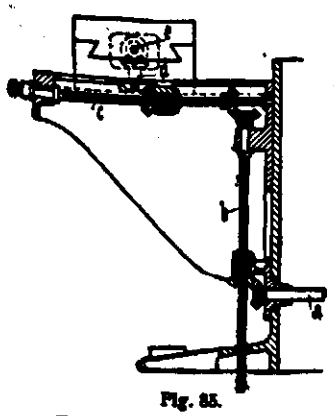


Fig. 85.

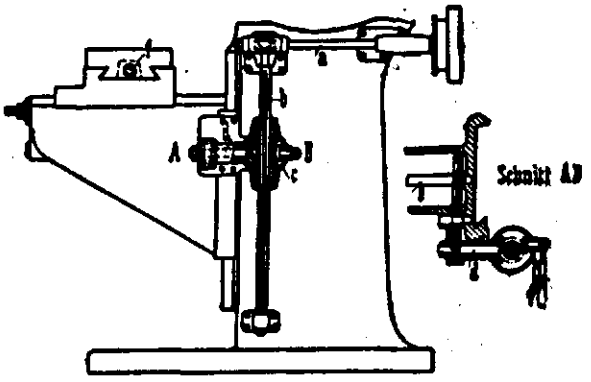


Fig. 86.

Bei der Querbewegung des Auffpanntiſches mittels ſich ſchneidender Wellen und Kegelräder kann der Tiſchantrieb innerhalb (Fig. 85) oder außerhalb (Fig. 86) des Winkeltiſches liegen. In Fig. 85 wird die Querbewegung des Auffpanntiſches mittels einer von der Fräſerſpindel durch Riemen angetriebenen Welle *a* durch Kegelräderübertragungen auf Welle *b*, Welle *c*, Wellenſtück *d* und Tiſchſpindel *e* hervorgebracht. Ein Vorteil des innenliegenden Tiſchantriebes beſteht darin, daß die Antriebsſtelle vor Spänen geſchützt ſind. — Die außenliegenden Antriebsſtelle in Fig. 86 müſſen eingekapſelt werden. Die Bewegungsübertragung auf den Auffpanntiſch erfolgt in der Weiſe, daß von der Fräſerſpindel aus Welle *a* und nacheinander Welle *b*, Wendegetriebe *c*, Wellenſtück *d* und von dort aus durch Stirnräderübertragung Welle *e* angetrieben wird, die ebenſo, wie in Fig. 85, die Tiſchſpindel *f* bewegt. Fig. 87—89 veranſchaulichen die Bewegungsvorrichtungen für den

Auffpanntiſch (*d*) und den Bettſchlitten (*b*) einer Vertikalfräsmaſchine von Reinecker, Chemnitz. Der Bettſchlitten *b* läßt ſich von Hand und ſelbſttätig verſchieben. Welle *p* trägt die Stufenrolle *q* und zwei Kegelräder *a, a*, die mit dem Kegelrade an der Welle *o* im Eingriff ſtehen. Durch Stange *r* läßt ſich eines der beiden Kegelräder mit Welle *p* kuppeln oder außer Verbindung mit ihr ſetzen. Dann wird Welle *o* und mit ihr durch Kegelräder Welle *n* in dem einen oder andern Sinne umgetrieben oder zur Ruhe geſetzt. Welle *n* treibt durch Kegelräder die ſenkrechte Schnecke und durch ein mit ihr im Eingriff ſtehendes Schneckenrad die Schraubenſpindel *c*. Die Welle der Schnecke ſitzt in einem drehbaren Lager, das mittels eines Handhebels verdreht werden kann, um die Schnecke in oder außer Eingriff mit dem Schneckenrade zu bringen. Verſtellbare Anſchläge an der Seite des Schlittens *b* können durch eine Knaggenſtange auf den erwähnten Handhebel einwirken, um die Bewegung des Schlittens *b* zu begrenzen. Welle *n* überträgt ihre Drehung durch Kegelräder auf Welle *m* und dieſe durch ein Kegelrad auf das mittlere der drei drehbar auf dem Bolzen *k* ſitzenden Kegelräder (Fig. 89). Dieſe ſind untereinander ſtarr verbunden; daher verſetzt das rechte Kegelrad durch das mit ihm zuſammenarbeitende Kegelrad Schnecke i^1 in beſtändige Umdrehung und ebenſo das linke Kegelrad durch das mit ihm zuſammenarbeitende Kegelrad Schraubenrad i^1. Schnecke i^1 und Schraubenrad i^1 drehen ſich auf den um den Bolzen *k* etwas drehbaren Achſen *i, i* und können abwechſelnd in das Schneckenrad und das

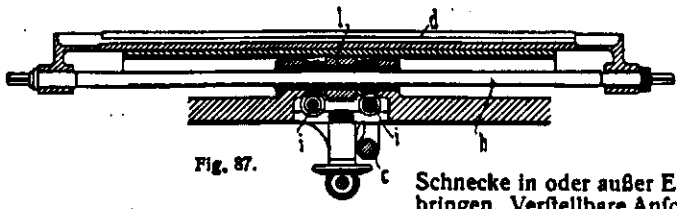


Fig. 87.

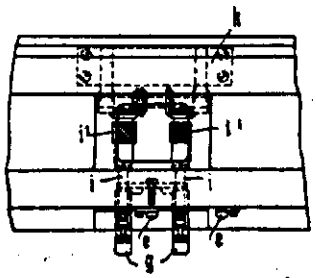


Fig. 89.

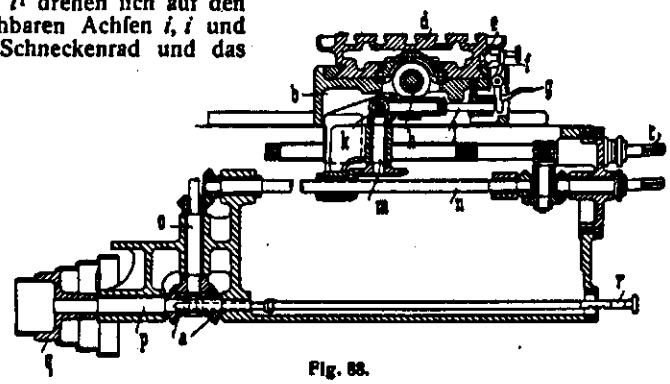


Fig. 88.

Schraubenrad neben der Schnecke *l* eingreifen, um letztere in Umdrehung zu verſetzen. Da die Schnecke *l* (Fig. 87) in eine Zahnſtange unter dem Auffpanntiſche *d* eingreift, ſo wird dadurch letzterer hin oder her verſchoben. Die Achſen *i, i* laſſen ſich durch Handgriffe *g, g* heben und durch Schnapphebel ſichern, ebenſo durch Auslöſung der Schnapphebel entweder von Hand oder durch verſtellbare Anſchläge *e, e* freigeben, um den Auffpanntiſch *d* in ſeiner Bewegung zu begrenzen bezw. umzuſteuern. Dem Schlitten *b* ſowie dem Auffpanntiſche *d* können durch Stufenrollen zehn verſchiedene Geſchwindigkeiten beim Verrücken erteilt werden.

Die Fig. 90—92 veranſchaulichen die Vorſchubeinrichtung des Tiſches einer Plan-

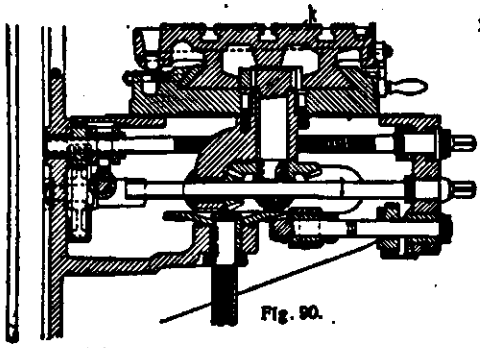


Fig. 90.

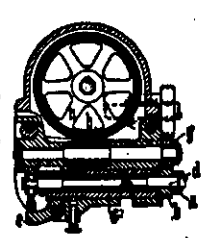


Fig. 92.

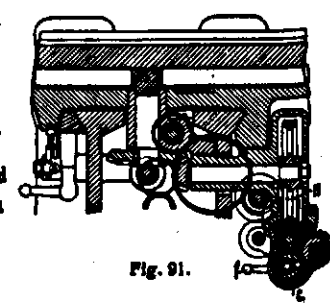


Fig. 91.

fräsmaſchine. Es bezeichnet *a* die mit der Gelenkſtange beſtändig umlaufende Klauenkupplung, die in die Klauen des Getriebes *b* eingreift, ſobald die exzentriſche Büchſe *c*, in der die Welle *d* gelagert iſt, durch den Hebel *e* längs verſchoben wird. Durch Drehung der exzentriſchen Büchſe *c* mit dem Handhebel *f* kann das Getriebe *b* entweder in das Getriebe *g* auf der Welle der Schnecke *h* oder in das mit demſelben zuſammenarbeitende Getriebe *i* eingreifen. Dadurch wird das Schneckenrad in dem einen oder andern Sinne umgetrieben. Der Vorſchub der Tiſchplatte *k* kann auch von Hand durch die Welle *l* und ein zweites Kegelgetriebe bewirkt werden. Zum Heben und Senken des Tiſches wird Welle *m* benutzt, die von Hand und ſelbſttätig bewegt werden kann. In Fig. 91 iſt links die Einrichtung angedeutet, durch die der Vorſchub in der Querrichtung abgeſtellt und umgekehrt wird. In ähnlicher Weiſe werden die andern Vor-

ſchubbewegungen begrenzt und umgekehrt. Tiſch und Gegenhalter ſind mit dem Fräſerdorn durch einen ſtarken Schlittenbock verbunden, ferner der Schaft mit dem Fräſerdorn, etwa in der Mitte des letzteren, ſo daß ein Zittern desſelben beim Arbeiten gänzlich ausgeſchloſſen iſt.

Bei der Einrichtung nach Fig. 93 und 94 überträgt die Welle *a* ihre Drehungen entweder durch ein Kegelradpaar *b*, Wurm und Wurmrad *c*, Zwiſchenwelle *d* und Stirnradpaar *e* oder unmittelbar durch Stirnräder auf die Schraube *f*. Letztere greift in eine am Aufſpanntiſch feſte, halbröhrenförmige lange Mutter *g* und verſchiebt den Aufſpanntiſch, und zwar langſam unter Benutzung der Wurmradüberſetzung, wenn der Fräſer arbeitet, raſch unmittelbar durch Stirnräder beim Rückgang. Gleichzeitig können niemals beide Betriebe zur Anwendung kommen. Wurmlagerung und Zwiſchenſtirnradlagerung hängen je an einem Haken *h*, die von Hand oder mittels am Aufſpanntiſch einſtellbarer Fröſche ausgelöſt werden können. Schraube *f* wird von Hand gedreht.

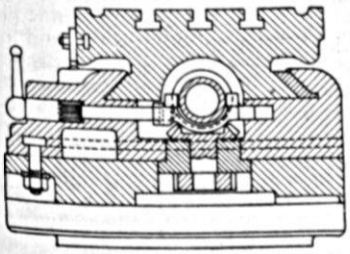


Fig. 95.

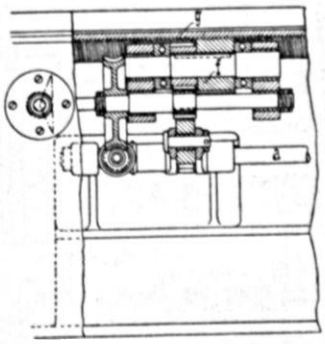


Fig. 93.

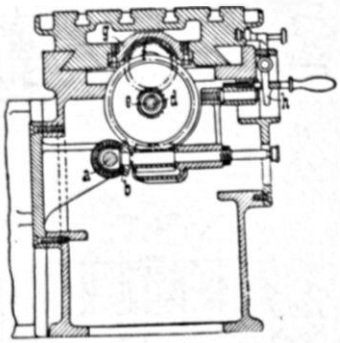


Fig. 94.

Fig. 95 zeigt einen Querſchnitt durch den drehbaren Tiſch einer Univerſalfräsmaſchine. Der Tiſch iſt ſelbſttätig und von Hand quer zur Spindelrichtung nach allen Richtungen beweglich. Verſtellbare Anſchläge bewirken das ſelbſttätige Auslöſen des Tiſchvorſchubes an beliebiger Stelle. Jede Tiſchverſtellung kann auf einer Gradeinteilung auf $^1/_{1000}''$ genau abgeleſen werden.

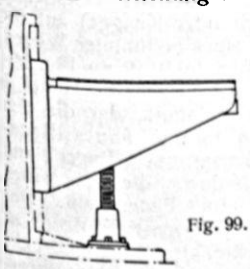


Fig. 99.

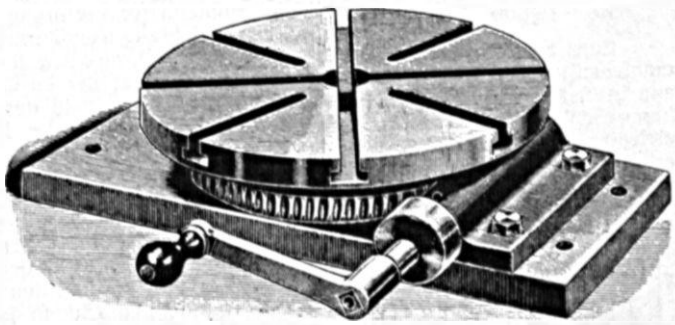


Fig. 96.

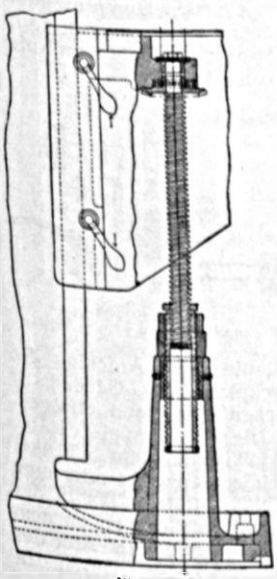


Fig. 100.

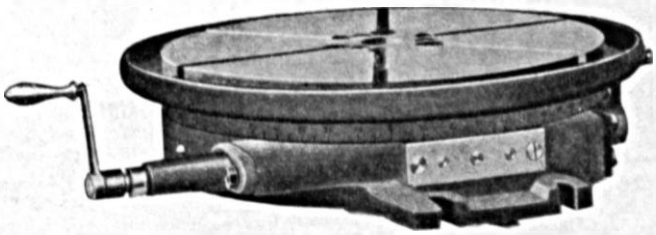


Fig. 97.

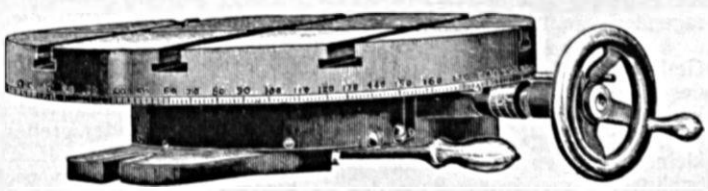


Fig. 98.

Rundtiſche mit ⊥-förmigen Nuten zur unmittelbaren Aufnahme des Werkſtückes ſind in Fig. 96—98 dargeſtellt. Sie ſind beſonders geeignet zur Bearbeitung runder oder bogenförmiger Werkſtücke von größeren Abmeſſungen.

Ein Winkel- oder Knietiſch, der die Arbeitsſchlitten trägt und am Maſchinengeſtell mittels Schraubenſpindel von Hand lotrecht verſchoben wird, iſt in Fig. 99 wiedergegeben. In Fig. 100 iſt die zum Bewegen eines ſolchen Tiſches dienende Schraubenſpindel teleſkopartig ausgebildet.

Bei dem Tiſch nach Fig. 101—103 (D.R.P. Nr. 125079) iſt auf einem an der Maſchine angebrachten Bock *e* eine bewegliche Platte *a* angeordnet, die an der Unterſeite in der Mitte einen Block *b* hat. Dieſer iſt mit Muttergewinde für zwei Spindeln *c* und c_1 verſehen, die übereinander liegen und den Zapfen rechtwinklig durchkreuzen. Die Spindeln ſind an ihren Enden in Kuliſſenſteinen *d* gelagert, von denen jeder mittels eines ſchwalbenſchwanzförmigen Anſatzes in einer entſprechenden Führung am Bock *e* gleitet. Das Rahmengeſtell des Bockes *e* iſt mit länglichen Schlitzen verſehen, in denen ſich die Spindeln bei der Verſchiebung der Steine bewegen. Außer den ſeitlichen Führungen durch die Kuliſſenſteine hat die Tiſchplatte *a* an der Unterſeite noch je eine ſchwalbenſchwanzförmige Führung über den Spindeln. Durch Drehung der Spindeln *c* und c_1 kann der Tiſch nach allen Richtungen verſchoben werden.

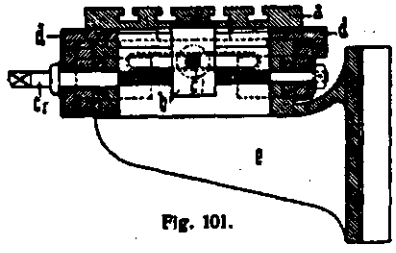


Fig. 101.

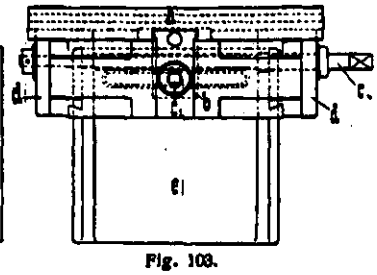


Fig. 103.

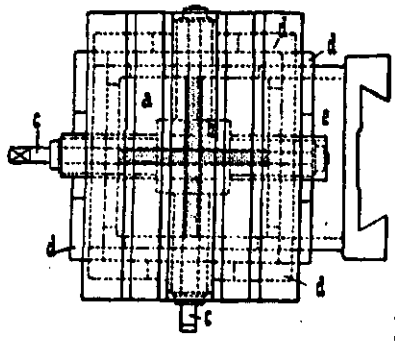


Fig. 102.

Für die Hubbegrenzung des Schlittens genügt bei kleinen Geſchwindigkeiten Verſchieben von Kupplungsteilen, Rädern, Treibriemen u. ſ. w. Dieſe Ausrückvorrichtungen werden durch die Schlittenbewegung ſelbſttätig bedient. Zu dieſem Zweck wirkt ein am Schlitten oder an einer dieſem angeſchloſſenen Stange einſtellbarer Vorſprung (Froſch oder Knagge) auf die Ausrückvorrichtung nach Zurücklegen eines beſtimmten Weges.

Eine Schlittenausrückvorrichtung (Droop & Rein, Bielefeld) iſt in Fig. 104 veranſchaulicht. *a* iſt ein Teil des unteren Schlittens; der im Querſchnitt dargeſtellte Hebel *h* kann in ſenkrechter Ebene ſchwingen. In dieſem Hebel iſt der Wurm gelagert, der die den oberen Schlitten antreibende Schraube dreht. Senkt ſich der Hebel *h* infolge ſeines Eigengewichtes um den Betrag, den der Bügel *b* zuläßt, ſo kommt der Wurm außer Eingriff und der obere Schlitten in Ruhe. In ſeiner oberen Lage wird der Hebel *h* durch die Naſe eines drehbar gelagerten Winkelhebels *c*, *c* gehalten, der unter dem Einfluß einer Feder ſteht. Der wagerechte Hebelſchenkel greift in einen Einſchnitt des wagerecht verſchiebbaren Bolzens *d*. Wird Bolzen *d* verſchoben, ſo wird der wagerechte Schenkel des Winkelhebels *c* hinabgedrückt und ſein ſenkrechter Schenkel gibt den Hebel *h* frei. Durch die Freigabe des Hebels *h* wird der von ihm getragene Wurm außer Eingriff mit der Antriebsſpindel gebracht, ſo daß der obere Schlitten zur Ruhe

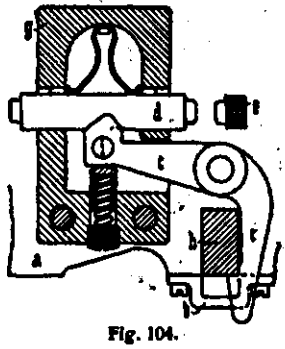


Fig. 104.

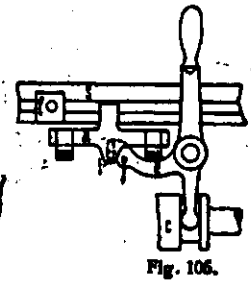


Fig. 105.

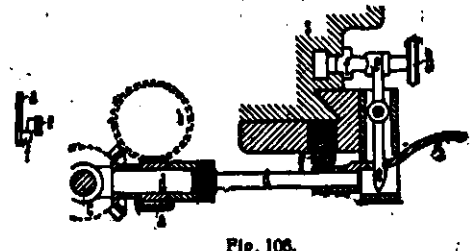


Fig. 106.

kommt. An dem oberen Schlitten ſind zwei Schrauben *e* angebracht, die durch Anſchlag die Verſchiebung des Bolzens *d* bewirken. Mittels des durch die Deckplatte des Gehäuſes *g* ragenden, an Winkelhebel *c* ſitzenden Stiftes *i* kann ein Fräſerausrücken von Hand erfolgen.

Bei der Ausrückvorrichtung Fig. 105 (Elſäſſiſche Maſchinenbaugeſellſchaft, Grafenſtaden) bewirkt der Klauenmuffenteil *c* das Ausrücken. Seinen Hals umfaßt ein Schenkel des Hebels *e*. Der nach links gerichtete Arm dieſes Hebels wird durch ein Gewicht oder eine Feder beſtändig nach unten gezogen. Zwei übereinander greifende Naſen ſtützen ihn in der dargeſtellten Lage, ſolange ſich der Schlitten *s* verſchieben ſoll. Die eine Naſe (*i*) ſitzt an dem kleinen Schlitten *a*, die andre am Ende des Hebels *e*. Ein nach oben gerichteter Arm des Schlittens *a* ragt in die Bahn der am Schlitten befeſtigten einſtellbaren Anſchläge. Durch den Angriff eines Anſchlages wird der Schlitten nach links oder rechts verſchoben, ſo daß Naſe *i* unter der an *e* befindlichen Naſe hinweggleitet, *e* ſich dreht und die Kupplung ausgerückt wird.

In Fig. 106 iſt eine ſelbſttätige Ausrückvorrichtung von Reinecker, Chemnitz, dargeſtellt. Die den Schlitten *s* verſchiebende Spindel wird durch Schraubenrad *b* betrieben,

in welches das um den Bolzen *d* frei drehbare und von der Welle *c* durch ein Kegelräderpaar angetriebene Rad *a* eingreift. Bolzen *d* ſtützt ſich mit einem Ende auf die Welle *c* oder auf einen in gleicher Achſe liegenden Hohlzapfen und wird am andern Ende durch den Haken *i* des Hebels *e* getragen. Hebel *e* dreht ſich um einen am Schlitten *s* befeſtigten Bolzen und wird, wenn der Schlitten ſeinen Weg zurückgelegt hat, mittels eines Anſchlags *f* nach rechts bewegt, wodurch der Bolzen *d* freigegeben wird. Infolge ſeines Eigengewichtes und des Druckes einer Feder *g* fällt Bolzen *d* und bringt die Räder *a* und *b* außer Eingriff. Zum vorzeitigen Ausrücken zieht man an Knopf *h*, der mit Hebel *e* feſt verbunden iſt. Durch Heben des Hakens *i* wird eingerückt.

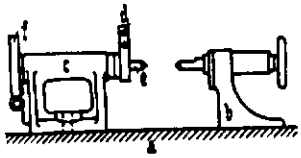


Fig. 109.

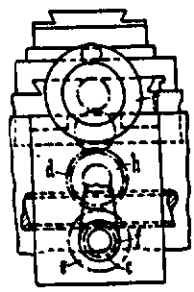


Fig. 107.

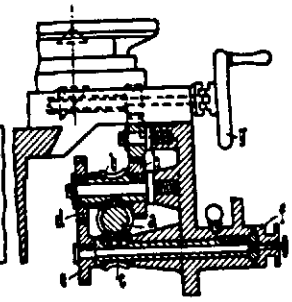


Fig. 108.

Die ſelbſttätige Umkehr der Bewegungsrichtung kann durch Umfaller erzielt werden. Es ſind dies mit umfallenden Gewichten verſehene Steuerungsvorrichtungen, die gegen Anſchläge ſtoßen. In Fig. 107 und 108 iſt eine Umſchaltvorrichtung für die Bewegungsübertragung von Transport- bezw. Schaltſpindeln dargeſtellt (D.R.P. Nr. 116279). Das Mutterſchloß wird von in die Spindel, beiſpielsweiſe eine Leitſpindel *a*, eingreifenden Schneckenrädern *b* und *c* gebildet, von denen das eine (*b*) feſt mit dem einen und das andre (*c*) lösbar mit dem andern der zwei ineinander greifenden Differentialräder *d*, *e* verbunden iſt. Durch Kupplung des loſen Differentialrades *e* mit ſeinem zugehörigen Schneckenrade *c* mittels Einrücken einer Kupplungsmuffe *f* erfolgt eine Verſchiebung des Wangenſchlittens, während beim Ausrücken der Kupplungsmuffe *f* und Einrücken der Kupplungsnabe des Handrades *g* das Differentialrad *e* außer Verbindung mit dem Schneckenrade *c* geſetzt wird, der Schlitten ſtehen bleibt und die Bewegung der Leitſpindel *a* durch Schneckenrad *b* und Trieb *h* für Planfräſen übertragen wird.

Fig. 111.

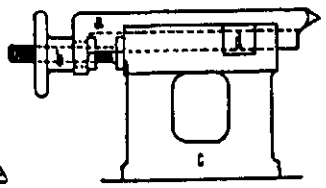


Fig. 112.

Die Befeſtigung des Werkſtückes auf der Maſchine geſchieht a) auf dem Aufſpanntiſch oder der Aufſpannplatte, b) auf der Planſcheibe (ſ. d.), c) im Futter (ſ. d.), d) zwiſchen Spitzen, e) in ſchraubenſtockartigen Vorrichtungen (ſ. Schraubſtöcke), f) im Support. Die unmittelbare Befeſtigung auf dem Tiſch geſchieht durch Schrauben ſenkrecht zur Aufſpannplatte und Spanneiſen. Neuerdings geſchieht die Befeſtigung der Werkſtücke auch auf elektromagnetiſche Weiſe.

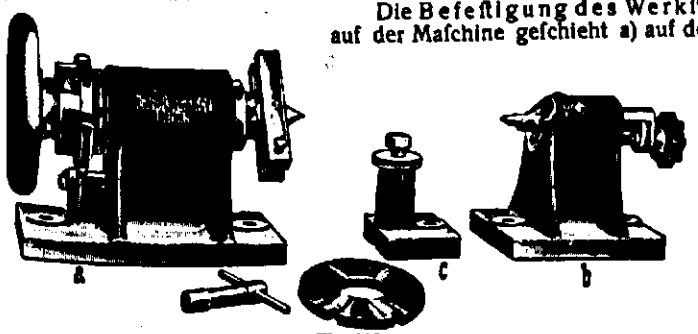


Fig. 110.

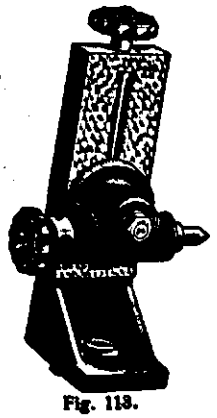


Fig. 113.

Zur Befeſtigung des Werkſtückes zwiſchen Spitzen werden die Spitzenapparate und Teilapparate verwandt. Fig. 109 zeigt einen Spitzenapparat einfachſter Bauart. *a* iſt die Aufſpannplatte, *b* iſt der Reitſtock, *c* der Spindelſtock. Zwiſchen den Spitzen des Reit- und Spindelſtockes wird das Werkſtück eingeſpannt. Mitnehmereinrichtung *d* verbindet das Werkſtück mit der Spindel *e*. Beim Fräſen eines Zahnrades wird der Fräſer an dem Rand entlang und wieder zurückgeführt. Spindel und Mitnehmer werden dann mittels des Teilrades *f* um eine Zahnteilung weitergedreht. Fig. 110 zeigt Spitzenapparate (*a*, *b*) von Löwe & Co., A.-G., Berlin; die Apparate bilden in Verbindung mit einfachen Fräsmaſchinen Erſatz für Univerſalfräsmaſchinen, namentlich wenn es ſich um die Herſtellung von Gewindebohrern, Reibahlen, Vier- und Sechskanten u. ſ. w. in größeren Maſſen handelt. Für jede Teilung kommt eine beſondere Teilſcheibe zur Verwendung. Zur Unterſtützung langer, verhältnismäßig dünner Arbeitsſtücke dient der in der Höhe verſtellbare Unterſtützungsbock *c*. — Bei Raummangel wendet man die in Fig. 111—112 dargeſtellte Einrichtung an. Der im Querſchnitt trapezförmige Reitnagel *a* iſt mittels Mutter *b* in einer Nut des Bockes *c* verſchiebbar. Um *a* ſicher feſtzuklemmen, wird Keil *d*, der in einer Ausſparung des Reitſtockes ſteckt, durch die Mutter *e* angezogen. — Bei ſtark koniſchen Arbeitsſtücken kann der Reitſtock (Fig. 113) als Gegenſpitze

dienen. Die Gegenſpitzenführung iſt am Ständer unter jedem Winkel drehbar und mittels Schraubenſpindel auf Höhe einſtellbar.

Mit Hilfe des Spindelſtockes (Fig. 114—116) läßt ſich das Arbeitsſtück in jede beliebige Neigung zur Fräſerachſe bringen und um ſeine eigne Achſe drehen. In dem Körper *b* liegt die Spindel *a*, die an ihrem Schwanzende das Wurmrad *g* trägt. Der Körper *b* iſt um zwei in die feſten Wände *c* gepreßte Büchſen *h* drehbar. Die durch die bogenförmigen Schlitze der Wände *c* geſteckte Schraube dient zum Feſtſtellen des Körpers *b*. Auf einer Welle *e*, die

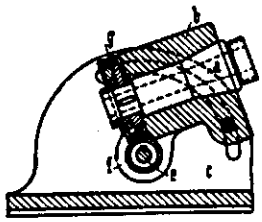


Fig. 114.

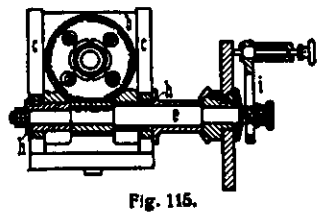


Fig. 115.

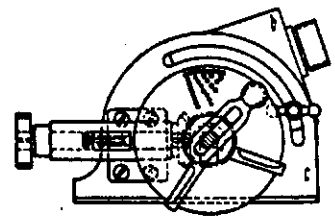


Fig. 116.

in den Büchſen *h* lagert, iſt der zum Wurmrad *g* paſſende Wurm *f* befeſtigt. Die Spindel *a* kann in jeder Lage mittels Welle *e* gedreht werden. Um eine Spitze mit Mitnehmer aufzunehmen, iſt die Höhlung der Spindel *a* am Kopfende kegelförmig. Dieſe kegelförmige Aushöhlung dient zur Aufnahme von Dornen, die keine Stützung durch eine zweite Spitze nötig haben. Auf der Welle *e* ſitzt eine Einteilvorrichtung *i*. Eine ſolche Einrichtung heißt Teilkopf.

Bei dem Teilkopf nach Fig. 117—119 (D.R.P.-Nr. 73332) trägt die Teilſpindel *b*, die ſich mit ihrem Lager *c* innerhalb des Rahmens *a* um 90° drehen läßt, hinten ein Schneckenrad *e*, in das die auf der Welle *d* feſtgekeilte Schnecke *f* eingreift. Auf der Welle *d* ſitzen loſe das doppelte Kegelrad *k* und die Büchſe *p* mit aufgekeiltem Kegelrad *i*, aber feſt ein Kreuzſtück mit den Zapfen *g*, *g* für die Kegelräder *h*, *h*. Auf dem äußeren Ende der Büchſe *p* ſitzt ein Wechſelrad *q*, welches durch andre Wechſelräder mit einer Scheibe *s* auf der Welle *r* im Eingriff ſteht. Die Scheibe *s*, welche die gewöhnliche Teilſcheibe vertritt, hat nur ein Loch, in das der Stift *t* eingreifen kann, und wird beim Teilen jedesmal um einen vollen Umgang gedreht. Die Welle *m* wird von der Schraubenſpindel *o* des Tiſches aus durch Wechſelräder und das feſtſitzende Wechſelrad *n* umgedreht und überträgt die Drehung durch das feſtſitzende

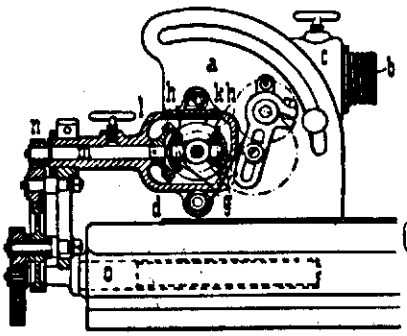


Fig. 117.

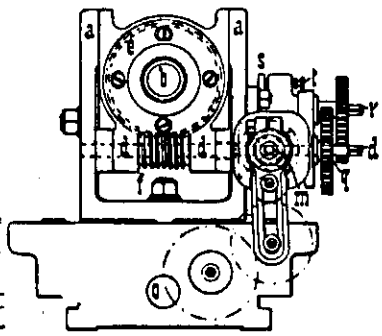


Fig. 118.

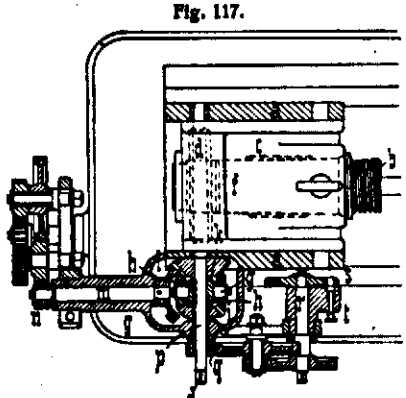


Fig. 119.

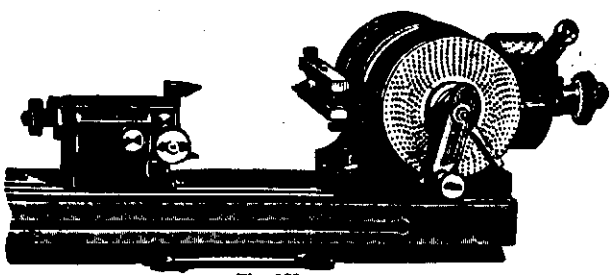


Fig. 120.

Kegelrad *l* auf das doppelte Kegelrad *k*. Iſt Scheibe *s* feſtgemacht und dreht ſich Welle *m*, ſo müſſen ſich die Kegelräder *h* an den Zapfen *g* nicht nur drehen, ſondern auch an dem feſten Kegelrade *l* wälzen, folglich durch das Kreuzſtück die Welle *d* mit der Schnecke *f* drehen. Dann erhält die Spindel *b* die erforderliche kleine Drehung. Steht Welle *m* ſtill und wird Scheibe *s* um einen vollen Umgang verdreht, ſo wird durch die Wechſelräder und die Büchſe *p* das Kegelrad *i* gedreht. Sodann veranlaßt letzteres die Kegelräder *h*, *h*, ſich auf dem doppelten Kegelrade *l* zu wälzen und durch das Kreuzſtück die Welle *d* zu verdrehen, ſo daß Teilſpindel *b* um eine Teilung verdreht wird. Durch geeignete Wahl der Wechſelräder laſſen ſich verſchiedene Teilungen erreichen.

Fig. 120—122 zeigen Teilvorrichtungen. In Fig. 120 ſind an dem Teilkopf zwei

Teilvorrichtungen angebracht. Die erſte iſt eine ſeitliche, mit Teillöchern verſehene Teilſcheibe von großem Durchmeſſer; ſie wird angewendet, wenn es ſich um Teilungen von 40—360 handelt. Das Schneckenrad hat, wie faſt überall üblich, 40 Zähne, ſo daß bei 40 Teilen die Teilſcheibe eine vollſtändige Drehung macht und bei mehr als 40 Teilen nur einen Bruchteil einer Drehung. Die

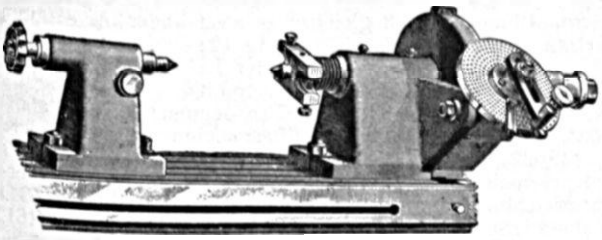


Fig. 121.

zweite Teilvorrichtung beſteht in einer Teiltrommel, die hinten unmittelbar auf der Teilſpindel ſitzt und deren Löcher alle Einteilungen bis auf 40 geſtatten; das oftmalige Drehen der Teilſcheibe iſt durch dieſe Einrichtung beſeitigt. Die Teilſpindel kann um 180° herumgeworfen werden. An dem Bock (Reitſtock) ſind zwei Gegenſpitzen vorgeſehen, von denen die eine oben abgeflacht iſt für dünne Gegenſtände, die andre iſt ſtärker. Beide Spitzen ſind an einer ſenkrecht verſchiebbaren Stange angebracht und können dadurch zum Koniſchfräſen auf verſchiedene Höhen eingeſtellt werden. — Zum Fräſen von Spiralnuten in größeren Mengen, wie z. B. in Spiralbohrern u. dergl., wo es auf große Genauigkeit der Teilung und Steigung der Nuten nicht ankommt, dient ein beſonderer, ſtärkerer **Teilkopf** mit feſter Spindel (Fig. 121). Die Vorrichtung vermag Werkſtücke bis zu 325 mm Durchmeſſer aufzunehmen. Das Schraubenrad hat 222 mm und die doppelgängige Schnecke 38 mm Teilkreisdurchmeſſer. Der Längsdruck auf die Spindel und auf die Schneckenwelle wird durch Kugellager aufgenommen. Teilköpfe (Fig. 120 und 121) können nur auf Univerſalfräsmaſchinen angewendet werden. — Das Teilen auf der gewöhnlichen liegenden Fräsmaſchine, z. B. zum Fräſen von geraden Nuten, von Vieleckflächen, koniſchen Reibahlen

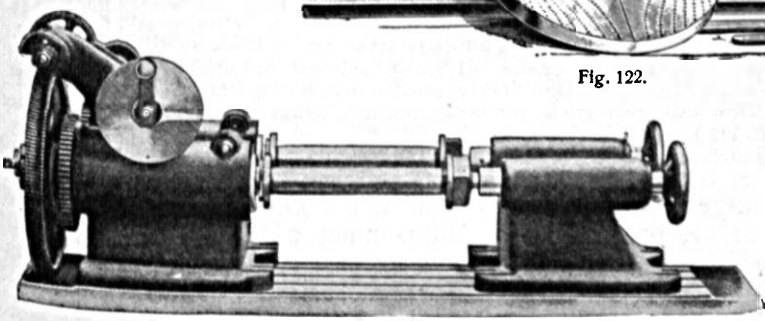


Fig. 122.

Fig. 123.

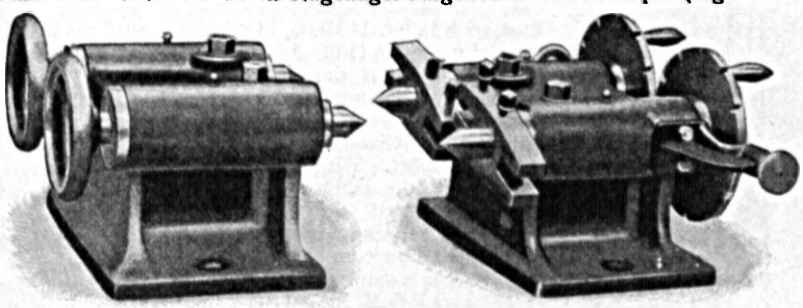


Fig. 124.

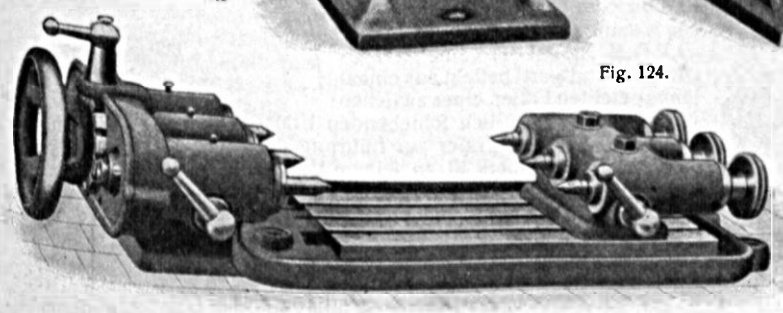


Fig. 125.

mit geraden Zähnen, wird durch den **Teilkopf** (Fig. 122) ermöglicht. Die durchbohrte Spindel iſt, zum Herausnehmen des Arbeitsſtückes aus den Spitzen, in axialer Richtung verſchiebbar.

Teilapparate werden auch mehrfpindlig ausgeführt. Sie werden vorzugsweife auf Planfräsmafchinen benutzt und eignen fich zum Fräfen von Ketten- und Zahnrädern im Fahrradbau fowie von Vier- und Sechskanten. Bei dem zweifpindligen Teilapparat (Fig. 123, Wanderer-Fahrradwerke, Schönau b. Chemnitz) beträgt die Spitzenhöhe 190 mm, die Entfernung von einer Spindel zur andern 312 mm, fo daß gleichzeitig zwei Räder bis 310 mm größtem Durchmeffer nebeneinander gefräft werden können. Die in Fig. 124 dargeftellten zweifpindligen Teilböcke baut Reinecker, Chemnitz. Auch dreifache Teilauffätze finden Verwendung (Fig. 125, Wanderer-Fahrradwerke, Schönau b. Chemnitz).

Von den noch beftehenden deutfchen Patenten find folgende zu nennen: a) für Metallfräsmafchinen im allgemeinen Nr. 125025 und 155155; b) für Metallfräsmafchinen für befondere Zwecke Nr. 125478, 126904, 131787, 149622, 153207, 153824, 155157 und 156012; c) für Mafchinen zum Fräfen von runden und prismatifchen Gegenftänden aus Metall (Muttern, Unterlagsfcheiben u. dergl.) Nr. 135451; d) für Mafchinen zum Fräfen von Kugeln aus Metall Nr. 97694; e) für Mafchinen zum Fräfen von Zahnrädern Nr. 51857, 112082, 114209, 114211, 122161, 124137, 133471, 134636, 134668, 136818, 137170, 138710, 138287, 141994, 143971, 146676, 147746, 156181 und 156319; d) für Metallfräsvorrichtungen für verfchiedene Zwecke Nr. 133199 und 148399; g) für Metallfräsvorrichtungen für Drehbänke Nr. 135451, 138288 und 153753; h) für Fräfer und Fräsköpfe für Metallbearbeitung Nr. 152694 und 154242.

Literatur: [1] Pechan, J., Leitfaden des Mafchinenbaues, 3. Abt., Werkzeugmafchinen, Reichenberg 1889. — [2] Karmarfch-Fifcher, Allgemeine Mechanifche Technologie, Bd. 2, Leipzig 1891. — [3] Knabbe, W. v., Fräfer und deren Rolle bei dem derzeitigen Stande des Mafchinenbaues, Berlin 1892. — [4] Pregél, Th., Fräfer- u. Schleifmafchinen, Stuttgart 1892. — [5] Weisbach-Hermann, Ingenieur- u. Mafchinenmechanik, Braunfchweig 1897. — [6] Weiß, H., Die Werkzeugmafchinen, Wien, Peft und Leipzig 1897. — [7] Kick, F., Mechanifche Technologie, Leipzig und Wien 1898. — [8] Jurthe-Mietfchke, Handbuch der Fräferei, Frankfurt a. M. 1900. — [9] Uhland, W. H., Handbuch für den praktifchen Mafchinenkonftrukteur, Bd. 1—4, Berlin. — [10] Fifcher, H., Die Werkzeugmafchinen auf der Weltausftellung in Paris 1900, Berlin 1902. — [11] Ledebur, A., Mechanifche Technologie, Braunfchweig 1905. — [12] Jahrbuch der Automobil- und Motorbootinduftrie, Berlin 1905. — [13] Fifcher, H., Die Werkzeugmafchinen, Berlin 1905. — [14] Ruppert, F., Aufgaben und Fortfchritte des deutfchen Werkzeugmafchinenbaues (Sonderabdruck aus der Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing.). — [15] Hülle, Fr. W., Die Werkzeugmafchinen, Berlin 1906. — [16] Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing., Jahrg. 41—49. — [17] Zeitfchr. für Werkzeugmafchinen und Werkzeuge, Berlin, Jahrg. 1—10. — [18] Kataloge der Werkzeugmafchinenfabriken. *Dalchow.*

Fräsvorrichtungen werden vielfach benutzt, um kleine Flächen oder Teile an Gegenftänden zu bearbeiten, deren Auffpannung auf Fräsmafchinen nicht angängig ift. Sie werden in diefem Falle meiftens als tragbare Werkzeuge ausgeführt und von Hand betrieben. Vgl. a. Fräfer, Fräsmafchinen.

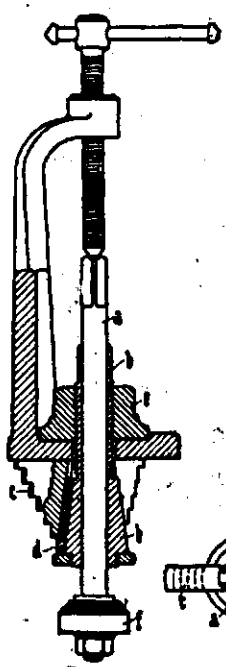


Fig. 1.

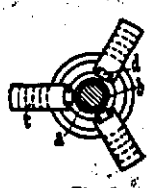


Fig. 2.

Als folche Fräsvorrichtungen find zu nennen: **Keilnuten- und Langlochfräsvorrichtungen**, die durch Spannvorrichtungen an den zu bearbeitenden Gegenftänden, wie Wellen, befeftigt werden. Der Fräfer wird meift durch eine Kurbel in Umdrehung verfetzt, während der Vorfchub durch Räderübertragung oder dergl. erfolgt. Vielfache Verwendung finden Fräsvorrichtungen zum Nachfräfen von Dichtungsflächen in Ventil- und Hahngehäufen u. f. w. Bei einer folchen Fräsvorrichtung für Ventilfitze von Joh. Witt, Hamburg (D.R.P. Nr. 113994), Fig. 1 und 2, wird die Fräferfpindel *a* in der Hülfe *b* geführt, die unten als Kegel geftaltet und auf der Oberfläche des zylindrifchen Teiles mit Gewinde verfehen ift; die entfprechend genuteten, auswechfelbaren Klemmbacken *c* find mittels fchwalbenfchwanzförmiger Federn *d* geführt. Wird die Mutter *e* fo gedreht, daß die Hülfe *b* gehoben wird, fo verfchieben fich die Klemmbacken nach außen. Die Spindel *a* trägt einen Fräferkopf *f*. Die Vorrichtung Fig. 3 zum Auffräfen der Ventilfitze in Hähnen u. dergl. (D.R.G.M. Nr. 261617 von Schlumberger, Stuttgart) befteht aus einem längs geteilten Fräfer, einer zwifchen diefe beiden Teile fich fchiebenden Fräferfange und einer diefer letzteren und dem Fräfer zur Führung dienenden Ueberwurfhülfe. Der Kopf des Fräfers ift an feinem Umfange und an feiner Grundfläche mit Zähnen ausgerüftet, die an der Grundfläche zwei konzentrifche Zahnkränze mit einer dazwifchenliegenden Nut bilden, durch die bei der Bearbeitung des Hahns auf dem Ventilfitz eine Wulft gebildet wird, die eine Einpreffung der Ventildichtung und damit einen dichten Abfchluß des Hahns ermöglicht.

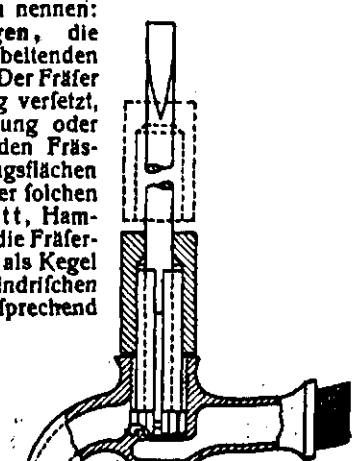


Fig. 3.

Unter Fräsvorrichtungen verfteht man ferner Einrichtungen zur Anbringung an Drehbänken, Bohrmafchinen u. f. w., um kleinere oder gelegentliche Fräsarbeiten auf diefen Mafchinen

ausführen zu können, sofern Fräsmaschinen nicht zur Verfügung stehen. Folgende Einrichtungen sind erwähnenswert: Schmiernutenfräsvorrichtung für Lagerschalen von der Hagener Straßenbahn-Aktiengesellschaft in Hagen i. W. (D.R.P. Nr. 110608), Fig. 4 und 5, wird im Stichelhause einer gewöhnlichen Leitspindeldrehbank eingespannt. Die Vorrichtung besteht aus einem Rundstabe *a*, der der Länge nach exzentrisch für die Aufnahme der Welle *b* durchbohrt und an einem Ende mit einer Kammer für die Kegelräder *d*, *e* versehen ist. Die Welle des Kegelrades *e* nimmt den Fräser *f* auf, die Umdrehung erfolgt durch die walzenförmige Scheibe *g*, die von einem Motor oder der Wellenleitung angetrieben wird. Auf der Leitspindel befindet sich ein Kettenrad *r* und auf der Schraubenspindel des Längsschlittens ein Kettenrad *o*; beide Räder sind durch eine endlose Kette in Eingriff gebracht. Soll die Lagerschale gerade Schmiernuten erhalten, so wird die Planscheibe festgestellt, indem eines der Wechselräder der Drehbank ausgeschaltet wird. Bei umlaufender Fräsvorrichtung wird durch Drehen der Kurbel *k* der Fräser langsam parallel zur Drehbankspindelachse bewegt, so daß er die Schmiernut in der gewünschten Länge schneidet. Zur Herstellung schräger Schmiernuten wird die Planscheibe durch Einschalten der Wechselräder von dem gewünschten Uebersetzungsverhältnis in Umdrehung versetzt.

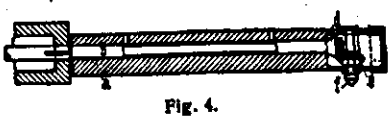


Fig. 4.

Ein Fräsapparat für Drehbänke von

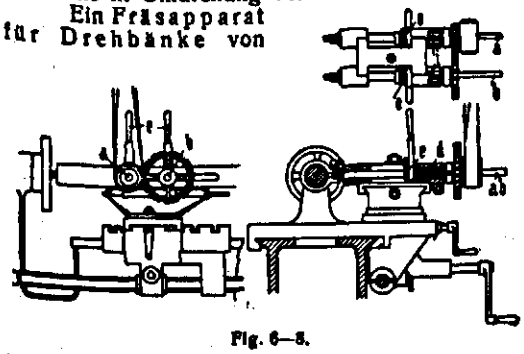


Fig. 6—8.

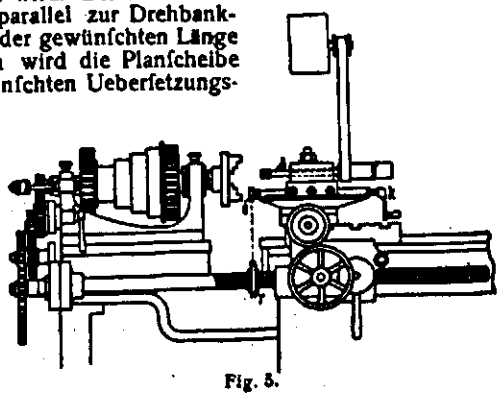


Fig. 5.

G. Hoffmann, Pinnau b. Wehlau (D.R.G.M. Nr. 256183, 260902, 265179), Fig. 6—8, dient zur Herstellung von Fräsarbeiten auf einer Drehbank. Die Vorrichtung, die auf dem Support der Drehbank aufgeschraubt wird, ist durch diesen in der Längs- und Querrichtung verschiebbar und erhält ihren Antrieb durch einen geschränkten Riemen von einer in der Längsrichtung der Drehbank über derselben angeordneten Vorgelegetrommel. Zur Zahnradübersetzung lassen sich die zur Drehbank gehörenden Wechselräder in beliebiger Weise zur Verminderung oder Erhöhung der Umlaufszahl verwenden. Soll auch die Vorgelegespindel *a* der Vorrichtung zur Fräsarbeit ausgenutzt werden, so ist jede Spindel *a* und *b* für sich mit eignem kurzen Vorschub zu versehen, der durch eine auf jeder Spindel lose angeordnete Gewindebüchse *d* bewirkt wird, die gleichzeitig als Lagerbüchse dient. Diese Gewindebüchse *d* ist an ihrem freien Ende gezahnt und besitzt eine Ratsche *e*, welche die Verdrehung ausführt. Die Spindel braucht nur um ein Geringes vorgeschoben oder zurückgezogen zu werden, etwa um die Stärke des angesetzten Spans oder höchstens um die Tiefe der auszufräsenden Federnut. Die andern Verschiebungen besorgt in der Hauptsache der Support. Das Fräsen an konischen Gegenständen wird dadurch erleichtert, daß der Supportschlitten konisch gestellt wird, so daß die Nuten u. s. w. in genauer Mitte und gleichmäßiger Tiefe hergestellt werden können. Bei Arbeiten vor der Planscheibe mit herumgerücktem Support ist die Vorrichtung ohne Umspannen des Arbeitsstückes zur Herstellung von Zapfenlöchern u. s. w. geeignet, die außerhalb der Nabenmitte genau parallel zum ausgebohrten Achsenloch sein sollen.

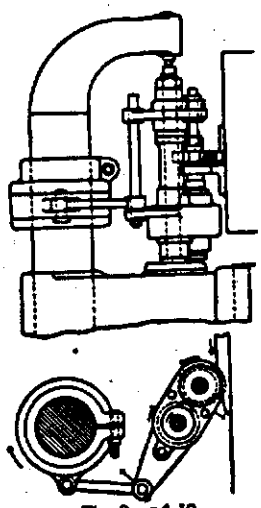


Fig. 9 und 10.

Die Universal-Teil- und Fräsvorrichtung Fig. 9 und 10 der Deutschen Maschinen- und Werkzeugfabrik, Leipzig, eignet sich zum Fräsen von Gegenständen aller Art wie Werkzeugen, Gewindebohrern, Reibahlen, Maschinenteilen, Zahn-, Schnecken- und Stirnrädern. Durch eine Schneckeneinteilung kann jede beliebige Teilung erzielt werden.

Zur Herstellung von geraden oder Spiralnuten sowie von Fräsern oder Bohrern eignet sich der Fräsupport von Curd Nube, Offenbach a. M. (D.R.P. Nr. 96703), der zu diesem Zweck auf Bohrmaschinen, Drehbänken, Hobel- sowie Fräsmaschinen angebracht werden kann.

Zu den Fräsvorrichtungen gehören ferner Einrichtungen für die bequemere Ausführung von Arbeiten auf Fräsmaschinen. Eine Vorrichtung dieser Art ist die Profilfräsvorrichtung für Horizontalfräsmaschinen der Werkzeugmaschinenfabrik Grafenstaden, die sich bequem an jeder Horizontalfräsmaschine anbringen läßt und Spezialmaschinen ersetzt. *Dalchow.*

Frames, f. Lokomotive.

Francisboot, aus gewelltem Eisenblech gebautes, verlötetes Rettungsboot.

Frank, Silbermünze, ſeit 1803 die Einheit des franzöſiſchen Münzſyſtems. Die Münze wurde ſpäter auch in zahlreichen andern Staaten angenommen: 1827 im Königreich Sardinien (Lira nuova), 1830 in Belgien, 1850 in der Schweiz, 1861 in Italien (Lira), 1868 in Rumänien (Leu), 1871 in Spanien (Peſeta), 1874 in Serbien (Dinar), 1880 in Bulgarien (Lewa) und 1882 in Griechenland (Drachme). In den meiſten mittel- und ſüdamerikaniſchen Republiken beſtand urſprünglich Gleichhaltigkeit mit dem Frank nach dem Verhältnis 1 Peſo = 5 Franken, allein durch die fortgeſetzte Silberentwertung hat ſich dieſe Parität verſchoben. Die Frankwährung iſt eine Doppelwährung, da ſie nicht nur durch Goldmünzen, ſondern auch durch eine kurante Silbermünze repräſentiert wird. Das Wertverhältnis von Gold zu Silber iſt auf 1 : 15½ feſtgeſetzt. Nach dem Münzgeſetz vom 28. März 1803 werden geprägt an Goldmünzen Stücke zu 100, 50, 20, 10 und 5 Franken und eine Silbermünze zu 5 Franken. Die Münzen von 2 Franken abwärts ſind Scheidemünzen. Die Goldmünzen haben einen Feingehalt von 0,900; aus einem Kilogramm Münzgold werden 3100 Franken geprägt. Ein Frank enthält daher 0,29032 g Feingold und iſt = 9,516 Pence = 0,81 Mark = 0,48 Gulden holländiſch = 0,9523 Kronen öſterreichiſch. Das 5-Franken-Stück iſt ebenfalls 0,900 fein und enthält 22,5 g Feinſilber. Nach der am 23. Dezember 1865 zwiſchen Frankreich, Belgien, Italien und der Schweiz abgeſchloſſenen Lateiniſchen Münzkonvention, der ſich auch Spanien fügt, ſind die ſilbernen Scheidemünzen nur noch 0,835 fein. Jetzt prägen an Goldmünzen Frankreich Stücke zu 100, 50, 20, 10 und 5, Belgien zu 40, 20, 10 und 5, Italien zu 100, 50, 20 und 10 Franken; an Silbermünzen Frankreich 5-, 2-, 1-, ½-, ¼-, ⅕-, Belgien 5-, 2½-, 1-, ½-, ⅕-, Italien 5-, 2-, 1-, ½-, ¼-, die Schweiz 5-, 2-, 1- und ½-Franken-Stücke. Neben den Gold- und Silbermünzen prägen: Frankreich Stücke zu 25 Centimes aus reinem Nickel (ſeit 1903), Stücke zu 10, 5, 2 und 1 Centimes aus Bronze, Belgien 20, 10 und 5 Centimes aus Kupfer und Nickel, Italien zu 5 und 2 Centeſimi, die Schweiz zu 20, 10 und 5 Rappen (= Centimes). Im Lateiniſchen Münzbunde brauchen Zahlungen in Scheidemünze (2 Franken und darunter) nur bis zum Betrage von 50 Franken angenommen zu werden. Der ehemalige Schweizerfrank iſt = 1⅜ des jetzigen; 1 Kolonialfrank (Franzöſ.-Weſtindien) = 54 Centimes; 1 öſterr. Goldgulden = 2½ Franken; 1 ruſſ. Goldrubel = 4 Franken. *Plato.*

Frankfurterſchwarz, ſ. Rebenſchwarz.

Frankfurter Ventilhähne, ſ. Auslaufhähne.

Franklinit, ein Mineral, Zink-, Eiſen-, Manganoxyd und -oxydul $ZnFeMnO + Fe_2Mn_2O_3$ (17—25% ZnO, 18—20% Mn_2O_3, 66—67% Fe_2O_3), kriſtalliſiert regulär in Oktaedern; meiſt derb; eiſenſchwarz, Strich braun, unvollkommen metallglänzend, zuweilen etwas magnetiſch; ſpez. Gew. 5,0—5,1. Vor dem Lötrohr unſchmelzbar; von Salzſäure in der Wärme lösbar unter Chlorentwicklung. Wird auf Zink und Eiſen verhüttet. *Leppla.*

Franzband, ſ. Buchbinderei.

Franzbranntwein, franzöſiſcher Branntwein, *Spiritus vini Gallici,* hieß urſprünglich der in Frankreich ausſchließlich aus Wein gewonnene Branntwein. Der in der Stadt Cognac und deren Umgebung (dem Departement Charente-Inférieure) gewonnene Franzbranntwein wurde als Kognak bezeichnet.

Zur Herſtellung namentlich des Kognaks wurden die beſten Weine verwendet; durch ſorgfältige Deſtillation und langes Lagern entwickelte ſich ein feines Bukett. In dem Maße, wie der Konſum ſtieg, wurde der Kognak immer mehr verſchlechtert. Er wurde mit Branntwein, der nicht aus Wein ſtammte, verſchnitten, die von langem Lagern auf Eichenholzfäſſern ſtammende Farbe wurde durch Zuckercouleur erſetzt, Zuſätze von Süßwein, von Zucker, von wohlriechenden Pflanzenſtoffen wurden zur Verbeſſerung des Geſchmacks und Geruchs gemacht. Auch die in andern Ländern als Frankreich aus Wein hergeſtellten Deſtillate und deren Verſchnittprodukte werden als Kognak bezeichnet, ſo daß man jetzt jeden mit Hilfe von Weindeſtillat hergeſtellten Trinkbranntwein als Kognak verkaufen kann [1]. Es wird aber auch viel Trinkbranntwein als Kognak bezeichnet, der kein Weindeſtillat enthält.

Literatur: [1] Deutſches Nahrungsmittelbuch, Heidelberg 1905; Sell, E., Arbeiten aus dem Kaiſerl. Geſundheitsamt, Berlin 1901; Windiſch, K., Zeitſchr. für Unterſuchung der Nahrungs- und Genußmittel, Berlin 1904. *H. Hernfeld.*

Franzöſiſche Vergoldung, ſ. Vergolden.

Franzöſiſchgrün, ſ. Chromfarben, Bd. 2, S. 454.

Franzöſiſchrot, ſ. v. w. Eiſenrot (ſ. d.).

Franzoſe, abgekürzte Bezeichnung für einen franzöſiſchen Mühlſtein (ſ. d.).

Franzoſenholz, ſ. Nutzhölzer.

Frasco, Hohlmaß, in Uruguay = 2,37 l, in Argentinien = 2 Medios oder 4 Cuartos = 1/32 Barril = 2,375 l.

Fratze, Darſtellung von verzerrten Geſichtszügen, insbeſondere im Barockſtil mit Vorliebe angewendet und da am häufigſten auf Schlußſteinen und Konſolen.

Frauenglas, ſ. v. w. Gips (ſ. d.).

Frauenſchiff (Gynaikeion), in der altchriſtlichen Baſilika der nördliche Teil des Langhauſes, den Frauen zu ihren Andachtsübungen angewieſen.

Frauenſchuh wird zuweilen im gotiſchen Stile die Giebelkreuzblume genannt, da ſie häufig eine Aehnlichkeit mit der Blume Frauenſchuh hat.

Frauentür, in den altchriſtlichen Baſilikaanlagen die nördliche Tür, die aus der Vorhalle (Atrium) in das Frauenſchiff führte.

Fraunhoferſche Linien, ſ. Spektralanalyſe.

Fregatte, zur Zeit der Segellinienſchiffe Vollſchiffe mit einer gedeckten Batterie; ſ. Kriegsſchiffstypen.

Freiarche (Freigerinne, Freiſchleuſe, Grundablaß), bei Stauanlagen (ſ. d.) die Vorrichtungen, die das überſchüſſige und insbeſondere das Hochwaſſer dem Unterlauf des geſtauten Fluſſes übermitteln.

Freiballon, im Gegenſatz zum Feſſelballon (ſ. d.), jeder frei in der Luft fliegende Ballon.

Freibord, im Schiffbau, die Höhe des Oberdecks an der Bordwand mittſchiffs über der Waſſerlinie; die Freibordhöhe gibt dann die Lage der Maximalladewaſſerlinie — Tiefladelinie — an.

Für Kriegsſchiffe richtet ſich der Freibord nach dem Gefechtswert des Schiffes, nach der Aufſtellung der Geſchütze u. ſ. w. Küſtenverteidiger und Panzerkanonenboote begnügen ſich mit einem Freibord von 1 m und weniger, während Hochſeeſchiffe einen ſolchen von 6—7 m erfordern, um auch bei hoher Geſchwindigkeit und im Seegang die Geſchütze verwenden zu können. Die Geſetze zur Feſtſetzung der Ladewaſſerlinie der Handelsſchiffe ſind von England angeregt und geſchaffen worden. Die erſte bedeutende Veröffentlichung über Freibord erfolgte 1874 von B. Martell; er ſtellte die Auswäſſerung mit dem Regiſtertonnengehalt in Vergleich. 1882 gab dann der Engliſche Lloyd genaue Tabellen zur Feſtſetzung des Freibords heraus und dieſelben wurden 1885 vom Board of Trade mit geringen Aenderungen anerkannt, ſpäter, 1890, von dem von der Regierung berufenen Loadline Committee ergänzt und 1894 durch die Merchant-Shipping-Act allgemein eingeführt. Die Tabellen beruhen auf folgenden Grundſätzen: Die Auswäſſerung — Reſervedeplacement — darf in Prozenten des Deplacements bis zur Ladewaſſerlinie ein beſtimmtes Maß nicht unterſchreiten, desgleichen die Höhe des Decks über Waſſer; ferner iſt auf eine entſprechende Feſtigkeit des Schiffsverbandes und eine genügende Stabilität Rückſicht genommen. In den Freibordtabellen ſind nur Frachtdampfer berückſichtigt; Paſſagierdampfer beſitzen an und für ſich eine größere Auswäſſerung. Für Winterreiſen und Reiſen im Nordatlantiſchen Ozean werden Zuſchläge gemacht. Für die verſchiedenen Schiffstypen der Handelsmarine, Glattdeck-, Spardeck- und Sturmdeck-(Awning-Deck-)ſchiffe, ſind beſondere Tabellen aufgeſtellt, während für die Berückſichtigung der verſchiedenen Deckaufbauten, als Back, Brückendeck, Poop oder Hütte und Quarterdeck, entſprechende Korrektionen, abhängig von der Länge dieſer Aufbauten, vorgeſchrieben ſind. Da dieſe Regeln für die verſchiedenen Typen einen gewiſſen Spielraum für die Feſtſetzung des Freibords laſſen, ſo hat die Findigkeit der Schiffbauer und Reeder die mannigfachſten Typen gezeitigt, bei denen eine möglichſt günſtige Ladefähigkeit mit Bezug auf den Freibord ſich ergibt, wodurch naturgemäß eine überſichtliche Zuſammenſtellung der Freibordhöhen erſchwert iſt. In Deutſchland hat die Seeberufsgenoſſenſchaft im Jahre 1903 Vorſchriften über den Freibord für Dampfer und Segelſchiffe in der langen und atlantiſchen Fahrt ſowie in der großen Küſtenfahrt erlaſſen, die vom Germaniſchen Lloyd ausgearbeitet iſt und von dieſer Klaſſifikationsgeſellſchaft ſtändig weiterverfolgt wird. Bei den übrigen ſeefahrenden Nationen beſtehen zurzeit keinerlei Freibordgeſetze.

Literatur: White, W. H., A Manual of Naval Achitecture, London 1900; Johow, Hilfsbuch für den Schiffbau, Berlin 1902; Seeberufsgenoſſenſchaftl. Vorſchriften über den Freibord für Dampfer und Segelſchiffe u. ſ. w., Hamburg 1903; Board of Trade, Instructions and regulations relating to the measurement of ships and tonnage under the Merchant shipping Act 1894, London 1903; Roſenſtiel, Rud., Die Entwicklung der Tiefladelinien an Handelsdampfern, Jahrbuch der Schiffbautechniſchen Geſellſchaft 1901; Schmidt, A., Die Feſtſtellung einer Tiefladelinie, ebend. 1904.

T. Schwarz.

Freidrehen, Bearbeiten von Werkſtücken geringer axialer Länge auf Plan- oder Kopfdrehbänken bei Einſpannung auf Planſcheiben (bei großen Arbeitsſtücken wie Rädern, Riemenſcheiben u. ſ. w.) oder in Futtern (bei kleinen Arbeitsſtücken wie Büchſen, Lagerſchalen u. ſ. w.). *Daldrop.*

Freie Bahn (freie Strecke), im Gegenſatz zu Bahnhofsgleiſen gebrauchte Bezeichnung.

Freie Kurven, ſ. Kurvenabſteckung.

Freier Raum (freies Profil), bei Eiſenbahnen, der für die Durchfahrt aller Fahrzeuge unbedingt von feſten Gegenſtänden frei zu haltende Raum, genau feſtgelegt durch die „Umgrenzung des freien Raumes“ (früher „Normalprofil des freien Raumes“ genannt); ſ. Bau- und Betriebsordnung der Eiſenbahnen Deutſchlands, 1905, § 11. Größte Breite 4,00 m, größte Höhe über Schienenoberkante 4,80 m. *Goering.*

Freieslebenit, Schilfglaserz, ein Mineral, Schwefelantimon mit Schwefel-

ſilberblei $Pb_5Ag_{10}Sb_4S_{11}$ (22,5% *Ag*, 32,4% *Pb*, 26,8% *Sb*, 18,3% *S*), kriſtalliſiert monoklin; ſtahl- bis bleigrau; ſpez. Gew. 6,18—6,38. Schmilzt leicht und gibt beim Erhitzen viel ſchweflige Säure, der Rückſtand iſt Silber. Sehr ſelten.

Freifallbohrer, Freifallbohrmaſchine, ſ. Tiefbohren.

Freifeld, bei ſchuppenförmiger Deckweiſe, z. B. dem Schieferdach, derjenige Teil des Deckmaterials, der nur einfach überdeckt, alſo weder übergreift noch überdeckt wird. *Weinbrenner.*

Freigebinde, ſ. v. w. Leergebinde (ſ. d.).

Freighſton, ſ. Schiffsvermeſſung.

Freihandinſtrumente zum Nivellieren und Höhenmeſſen ſind für manche Zwecke (tachymetriſche Beſtimmungen, generelle Aufnahme von Profilen, Meſſen von Baumhöhen, Reduktion von Längenmeſſungen u. ſ. w.), bei denen es ſich um eine ſchnelle Beſtimmung bei mäßiger Genauigkeit handelt, ſehr geeignet. Der Gebrauch bedarf, um die volle Leiſtungsfähigkeit der Inſtrumente (mittlerer Fehler einer Höhenrichtung etwa $\pm 0{,}1^0$) auszunutzen, einiger Uebung; häufig werden die Inſtrumente, um die Handhabung zu erleichtern, auch mit Unterſtützung eines Stabes verwendet (z. B. der Ziehſtäbe des Meßbandes). — Ihrem Prinzip nach ſind die Inſtrumente entweder zu den Höhenwinkel-(Gefäll- oder Neigungs-)meſſern mit Verwendung geneigter Ziellinien (trigonometriſches Nivellieren) oder zu den Nivellierinſtrumenten mit Verwendung horizontaler Ziellinien (geometriſches Nivellieren) zu rechnen. Die Horizontalrichtung der Ziellinien oder Nullinien der betreffenden Teilungen an Höhenkreiſen oder Gefällſkalen geſchieht in verſchiedener Weiſe, und zwar 1. mit Hilfe eines Lotfadens, 2. durch pendelartige Einſtellung, 3. durch Libellen mit Reflexion des Blaſenbildes in die Ziellinie, 4. nach dem Prinzip der Kanalwage.

Nach dieſen verſchiedenen Prinzipien iſt eine große Anzahl von Freihandinſtrumenten konſtruiert worden. Von dieſen ſeien einige genannt:

Zur Konſtruktion 1.: der Dendrometer von Winkler [1], der Spiegelhypſometer von Fauſtmann [2], der Meßknecht von Preßler [3]. Es werden am Lotfaden unmittelbar die Höhenwinkel an einer mit der Ziellinie feſt verbundenen Gradteilung (Fadenaufhängung zentriſch) oder an Teilungen, die nach trigonometriſchen Tangenten fortſchreiten, die Gefälle oder ſofort die Höhenunterſchiede abgeleſen. Beim Fauſtmannſchen Inſtrumente iſt zur bequemen Handhabung ein Ableſeſpiegel angebracht.

Zu 2. iſt hinzuweiſen auf die verſchiedenen, ſich pendelartig einſtellenden Höhenkreiſe oder Höhenbogen, die Höhenwinkelmeſſer, auch Höhenmeſſer genannt, und auf die Inſtrumente von Couturier [4] und Bohne [5]. Bei Couturiers Inſtrument ſtellt ſich die Ziellinie eines kleinen pendelartig aufgehängten Fernröhrchens lotrecht ein; durch einen unter 45° geneigten Spiegel ergibt ſich damit eine horizontale Abſehlinie. — Bei Bohnes Inſtrument ſtellt ſich die Abſehlinie eines kleinen, cardaniſch aufgehängten Fernröhrchens horizontal ein. Das Fernrohr iſt ein galileiſches, deſſen Okular aus einer plankonvexen und einer in der Mitte durchbohrten bikonkaven Linſe zuſammengeſetzt iſt, ſo daß ſowohl das entfernte Ziel wie durch die Oeffnung der Bikonkavlinſe ein in der Nähe des Objektivs angebrachtes Glasmikrometer deutlich geſehen werden können. Der Nullſtrich des Mikrometers bezeichnet die horizontale Sicht, die Seitenſtriche Gefällprozente.

3. Ueber die zum Freihandgebrauch durch Reflexion des Libellenbildes in die Ziellinie eingerichteten Taſchennivellierinſtrumente (wie z. B. Wagners, Butenſchöns Taſchennivellierinſtrument und Buff und Bergers Handlevel) ſ. Nivellieren.

4. Ueber die Verwendung kleiner, geſchloſſener Kanalwagen ſ. Kanalwage.

Es ſei noch erwähnt, daß auch Winkelſpiegel und -prismen mit angehängtem Lot durch Reflexion des letzteren Freihandnivellierinſtrumente liefern.

Literatur: Jordan, Zeitſchr. f. Vermeſſungswesen 1887, S. 2. — [1] Winkler, Taſchendendrometer, Wien 1846. — [2] Allgem. Forſt- und Jagdzeitung 1856, Heft 12. — [3] Preßler, Ingenieurmeßknecht, 5. Aufl., Leipzig 1876. — [4] Dingl. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 47. — [5] Ebend., Bd. 225, S. 550. S. a. die unter Geodäſie genannten geodätiſchen Lehr- und Handbücher. *Reinhertz.*

Freiheitsgrade der Bewegung. Unter den Freiheitsgraden eines beweglichen Punktſyſtems verſteht man die Zahl der voneinander unabhängigen Veränderlichen, welche die Lage des Syſtems zu irgend einer Zeit beſtimmen. Sind die Veränderlichen nicht voneinander unabhängig, ſo erhält man den Freiheitsgrad der Bewegung des Syſtems, wenn man die Zahl der Veränderlichen um die Zahl der zwiſchen ihnen beſtehenden Bedingungsgleichungen (endliche Gleichungen oder Differentialgleichungen) vermindert.

Ein Punkt hat drei Freiheitsgrade, wenn ſeine Bewegung unbeſchränkt iſt. Iſt er auf eine Fläche bezw. Kurve beſchränkt, ſo vermindert ſich die Zahl der Freiheitsgrade auf zwei bezw. einen. Eine Strecke von konſtanter Länge hat höchſtens fünf Freiheitsgrade, da zu ihrer Beſtimmung die drei Koordinaten eines Endpunktes und zwei Richtungswinkel genügen. Ein

ſtarrer Körper kann deren ſechs haben, indem zu den fünf Beſtimmungsſtücken einer Geraden (Achſe) desſelben noch der Drehwinkel um die Achſe tritt.

Die Freiheitsgrade eines ſtarren Körpers können in mannigfacher Weiſe eingeſchränkt werden. Wird ein Punkt feſtgehalten, ſo hat der Körper nur mehr drei Freiheitsgrade. Wird ein Punkt gezwungen, auf einer Fläche zu bleiben, ſo hat der Körper noch fünf Freiheitsgrade. Zwingt man zwei, drei, vier, fünf oder ſechs Punkte des Körpers auf beſtimmte Flächen, ſo verbleiben noch vier, drei, zwei, ein oder kein Freiheitsgrad. Im letzteren Falle iſt der Körper in ſeiner Lage beſtimmt. In ähnlicher Weiſe ſchränkt die Bedingung, daß die Oberfläche des ſtarren Körpers eine gegebene Fläche berühren ſoll, die Freiheitsgrade ein. Soll ſie ſechs Flächen berühren, ſo iſt der Körper (z. B. der Kolben eines Gewehres, der an ſechs Kiſſen aufliegt) feſtgelegt. Die gelenkigen Fangarme der Tiere (z. B. der Krebſe) beſitzen mindeſtens ſo viel Freiheitsgrade, um die ergriffene Beute in jede beliebige Lage (z. B. zu den Kauwerkzeugen) zu bringen. Die theoretiſche Unterſuchung der Elementarbewegungen eines ſtarren Körpers bei einer vorgegebenen Zahl von Freiheitsgraden gründet ſich auf die Lehre vom linearen Linienkomplex oder von den Ballſchen Schrauben.

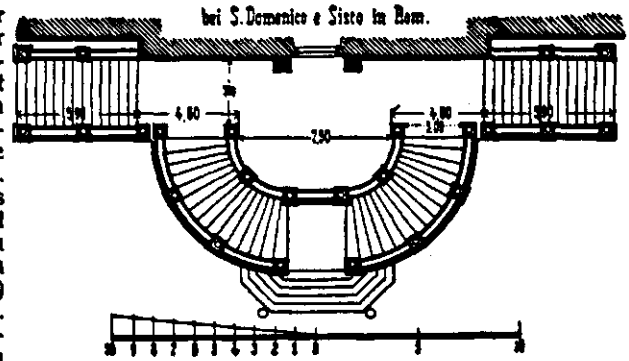
Literatur: Mannheim, Etude sur le déplacement d'une figure de forme invariable (Mém. des savants étr., Bd. 20), oder Journ. de l'Ecole polytechn., Cah. 43 (1869), und Principes et développements de géométrie cinématique, Paris 1894; Somoff, Theoretiſche Mechanik, überſetzt von A. Ziwet, Leipzig 1878—79, Bd. 1, Kap. 16, S. 371 ff.; Okatow, Zuſammenſtellung der Sätze von den übrigbleibenden Bewegungen eines Körpers, der in einigen Punkten ſeiner Oberfläche und normalen Stützen unterſtützt wird (Schlömilchs Zeitſchr. f. Mathem. und Phyſik 1873, Bd. 18, S. 224; Ball, A treatise on the theory of screws, Cambridge 1900; Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Bd. 1, Kap. 7, S. 293—301, ſowie Bd. 1, Kap. 5, woſelbſt die hierhergehörigen Lehren vom Nullſyſtem und dem Komplexe erſten Grades behandelt ſind; Study, E., Geometrie der Dynamen, Leipzig 1901—03.

Finſterwalder.

Freiladeverkehr, auch Wagenladungs- oder Rohgutverkehr zwiſchen den Ladegleiſen und dem Straßenfuhrwerk auf unbedeckten Ladeſtraßen, dient für die Verfrachtung (Ankunft und Abgang) der Rohgüter (Rohprodukte), als Feldfrüchte, Kohlen, Steine, Erze, Erden, Holz u. ſ. w.

Goering.

Freitreppe, Anordnung einer Anzahl Stufen, die außerhalb eines Gebäudes oder im Freien (Garten, Terraſſe) offen oder überdeckt hinanführen.



Die Stufen, gerade oder gebogen, ſind in Hauſteinen härteſter Art, Sandſtein, Granit oder Marmor aus tunlichſt langen Stücken zu erſtellen. Die Antrittſtufen werden oft mit geſchweiften vortretenden Köpfen verſehen; die Enden der Stufen entweder durch Wangen begrenzt (ſ. die Figur) oder ohne ſolche ausgebildet. Bei höheren Freitreppen, beſonders zweiarmigen, ſind Ruheplätze und zum Schutze ſowie zur reicheren Ausſchmückung über den Wangen Geländer aus Stein (ſ. Baluſtrade) oder aus Schmiedeeiſen anzubringen. Die Untermauerung der Stufen geſchieht nicht voll, ſondern nur an den Enden; bei breiten Treppen daher unter den Stoßfugen in gerade aufſteigenden Zungen oder aus den Grundmauern des Gebäudes in ſteiler Abtreppung vorkragend. Gegen die Wirkung des Froſtes ſind Vorkehrungen zu treffen, ſei es durch Eiſenverbindungen oder durch den Fugenſchnitt.

Literatur: Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 6, S. 136 ff.

Weinbrenner.

Freiverbau, ſ. Grubenbetrieb.

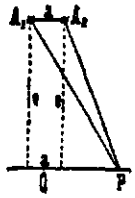
Freppels Schlichte, ſ. Appretmittel, Bd. 1, S. 253.

Freskomalerei, jene Wandmalerei, die auf einer noch feuchten Kalkfläche ausgeführt wird. Ihr Vorzug beſteht in der weit größeren Dauerhaftigkeit, die ſie insbeſondere gegenüber der auf trockenem Mauergrunde hergeſtellten Temperamalerei voraus hat.

Die hierzu verwendeten Farben, meiſt mineraliſchen Urſprunges, verbinden ſich mit dem noch nicht erhärteten Kalk zu einem chemiſch gebundenen, ſchwer löslichen Stoff, der die größere Haltbarkeit bedingt. Doch gehört zu dieſer Malerei große Erfahrung, da nicht alle Waſſerfarben hierzu tauglich ſind, die meiſten ſich weſentlich ändern und alle, ſolange die Wandfläche noch naß iſt, tief dunkel erſcheinen, beim Trocknen aber unverhältnismäßig lichter werden. Ein ſpäteres Nachbeſſern der bereits trockenen Malerei, das häufig geſchieht, macht die ganze Dauerhaftigkeit illuſoriſch. Die moderne Freskomalerei ſtammt aus dem italieniſchen („al fresco", ins Friſche malen). Bei dem warmen Klima Mittel- und Süditaliens, wo überdies Fröſte ſelten ſind, haben ſich derartige Malereien vortrefflich erhalten. Das gleiche läßt ſich von den Freskomalereien der nördlicher gelegenen Länder nicht ſagen; man hat namentlich in Deutſchland in dieſer Beziehung nicht viel gute Erfahrungen zu verzeichnen. Auch die Alten waren mit

dieſer Art der Malerei ſchon vertraut; ſo gehört dazu die wohlbekannte pompejaniſche Wandmalerei. Vitruv gibt eine genaue Beſchreibung der Herſtellungsweiſe. Er teilt mit, daß drei Schichten aufgetragen werden: die unterſte iſt die gröbſte und dient als Untergrund, die zweite Schicht enthält geſtoßenes Marmorpulver, das zuerſt aufgetragen und dann mit Ruten ſo lange gepeitſcht wird, bis die Fläche eben iſt; die dritte Schicht beſteht aus Kalkmilch und feinem Marmorpulver, die vorſichtig aufgetragen und glattgeſtrichen wird. Hierauf malt der Künſtler, ſolange die Wandfläche noch feucht iſt, das Gemälde oder Ornament; ſchließlich wird die Wand zum völligen Austrocknen gebracht, mit einem Wachsüberzug verſehen und mit wollenen Tüchern abgerieben. Beim Florentiner Fresko (fresco secco) erfolgt der Auftrag der Farben zwar auch auf naſſen, aber nicht auf friſchen, ſondern angefeuchteten Kalk. *Weinbrenner.*

Fresnels Spiegelverſuch, der geſchichtlich denkwürdige Verſuch, durch den der franzöſiſche Phyſiker Jean Auguſtin Fresnel 1816 [1] den ſchlagendſten experimentellen Beweis für die Richtigkeit der Wellentheorie des Lichtes lieferte, wodurch die von Newtons Schule vertretene Emanationstheorie dauernd zu Fall kam. Wenn das Licht kein Stoff, ſondern eine Bewegung iſt, die von den leuchtenden Körpern aus ſich fortpflanzt, ſo muß es möglich ſein, zweierlei Lichtſchwingungen ſo zuſammentreffen zu laſſen, daß ſie ſich gegenſeitig aufheben.



Thomas Young hatte ſchon die Beugungserſcheinungen und die Farben dünner Blättchen in dieſem Sinne als Erſcheinungen der „Interferenz“ von Wellen erklärt, dieſe Erſcheinungen waren aber auch von der Emanationstheorie, wenn auch weniger überzeugend, zu erklären verſucht worden. — Fresnel verſchafft ſich zwei Lichtquellen derart, daß beide genau übereinſtimmend und gleichzeitig Lichtwellen gleicher Art ausſenden. Er erreicht das in einfacher Weiſe dadurch, daß er das durch eine feine Spalte gehende Licht einer am beſten einfarbigen Lichtquelle von zwei Spiegeln reflektiert werden läßt. Die beiden Spiegelbilder der leuchtenden Spalte ſind die zwei genau in der Phaſe der ausgeſandten Wellen übereinſtimmenden Lichtquellen. Indem man die Schnittlinie beider Spiegelebenen der Lichtlinie parallel ſtellt und den Winkel der Ebenen nahe gleich 180° macht, erhält man die beiden Spiegelbilder parallel gerichtet und ſehr nahe beiſammen liegend. Es ſeien (ſ. die Figur) A_1 und A_2 die beiden Spaltenbilder im Abſtande a von einander und es ſei OP ein der Ebene beider Bilder paralleler Schirm in der Entfernung e von dieſen Bildern; dann werden in der Linie O des Schirms, welche von A_1 und A_2 gleichen Abſtand hat, die von A_1 und A_2 ausgehenden Wellen mit gleicher Phaſe, d. h. Wellenberge mit Bergen, Täler mit Tälern, zuſammentreffen und in O eine helle Linie erzeugen. Eine Linie P aber rechts oder links von O wird entweder hell oder dunkel erſcheinen, je nachdem die beiderlei Wellen ſich daſelbſt mit gleicher oder mit entgegengeſetzter Phaſe begegnen, d. h. je nachdem die Weglängen $A_1P - A_2P$ ſich um eine ganze Anzahl von Lichtwellenlängen unterſcheiden oder um eine ganze Zahl plus einer halben Wellenlänge. Iſt $OP = d$, ſo erkennt man leicht, daß $\overline{A_1P}^2 - \overline{A_2P}^2 = 2ad$, oder daß $A_1P - A_2P = \frac{2ad}{A_1P + A_2P}$. Da bei dem Verſuche nun a im Vergleich mit d klein und im Vergleich mit e ſehr klein gemacht wird, ſo iſt, falls man $A_1P - A_2P = n\lambda$ ſetzt, ſehr annähernd $n\lambda = ad : e$. Auch für eine kleine Anzahl n von Lichtwellenlängen λ erhält d noch einen meßbaren Betrag, wenn e im Vergleich mit a ſehr groß genommen wird. Zählt man die Anzahl heller und dunkler Streifen, Interferenzfranſen, zwiſchen O und P oder zwiſchen irgend zwei Streifen P, deren Abſtand gleich d iſt, ſo kann man aus den Werten von a, e, d und n den Wert λ beſtimmen. — Der Fresnelſche Spiegelverſuch geſtattet, die Lichtwellenlänge zu meſſen. Statt der Spiegel kann man zur Erzeugung der zwei Lichtquellen auch das Fresnelſche Interferenzprisma anwenden oder nach Fizeau zwei geneigte Glasplatten, welche Parallelverſchiebung des Bildes bewirken, oder nach Billet zwei Halblinſen. Vgl. darüber [2].

Literatur: [1] Oeuvres complètes d'Augustin Fresnel, I, S. 150, Paris 1866—70. — [2] Müller, Joh., Lehrbuch der Phyſik und Meteorologie, 8. Aufl., Bd. 2, S. 413, Braunſchweig 1879. *Aug. Schmidt.*

Frette, ſ. Schiffsgeſchütze.

Friedhof, ſ. v. w. der Ort des Friedens, auch Kirchhof, weil die Kirche mit den umliegenden Begräbnisplätzen am längſten das Aſylrecht behielt, außerdem auch Gottesacker, Totenacker u. ſ. w. genannt. In der antiken Periode gab es zumeiſt keine Friedhöfe in unſerm Sinne, denn damals wurden die Toten längs der Straße außerhalb der Tore beſtattet; erſt in chriſtlicher Zeit pflegte man den Gottesacker rings um die Kirche zu legen, in beſonderen Fällen auch Begräbniſſe in der Kirche anzuordnen. Als aber die Städte wuchſen und es notwendig erſchien, das ſanitäre Moment bei Anlage der Städte in erſter Linie zu berückſichtigen, ſah man ſich veranlaßt, die Friedhöfe außerhalb der Städte zu legen und hinlänglichen Raum für viele Jahre zu ſichern.

Bauliche Anordnung. Die Anordnung der Grabſtätten geſchieht in Reihen innerhalb geordneter Feldereinteilung, die durch mehr oder weniger breite Wege oder Straßen getrennt und zugänglich gemacht iſt. In der Ausbildung des Grabes ſind zu unterſcheiden: die allgemeinen Gräber, Einzelgräber und Grüfte (Erbbegräbniſſe). Die einfachſten, gemeinſamen und

oft unentgeltlichen Gräber ſind möglichſt nahe beieinander liegend und werden nach einer beſtimmten Reihe von Jahren neu benutzt. Die Einzelgräber von etwa 4—5 qm Bodenfläche ſind anzukaufen (mit Eigentumsrecht auf ca. 30 Jahre); ſie liegen ebenſo in den Reihen der Felder wie längs der Wege und der Umfaſſungsmauern. Durch die Pflege dieſer Gräber, durch Aufſtellung von künſtleriſch bedeutenden Denkmälern und den ſie umgebenden üppigen Baumwuchs laſſen ſich bei ſonſt einfachen Verhältniſſen ſchöne parkartige Anlagen ſchaffen. — Die Grüfte ſind entweder Einzelgrüfte, d. h. Gewölbe unter einem kapellenartigen Aufbau (ſogenanntem Maufoleum), der zu ſchönſten architektoniſchen Löſungen ſich eignet, oder Teile von Gruftballen, die in den neuen Friedhöfen der Großſtädte als eine bedeutſame architektoniſche Ausbildung der Geſamtanlage erſcheinen. Solche Hallen bilden entweder einen ſtattlichen Zugang oder Vorhof oder den impoſanten Abſchluß der Anlage und ſtehen dann meiſt in Verbindung mit einer Kapelle, in der gottesdienſtliche Handlungen ſtattfinden. Ihre Vorbilder haben ſie in den italieniſchen Kampoſantobauten [1] aus alter Zeit, wie in Piſa, Bologna u. ſ. w., ſowie in den neueren großartigen Friedhofanlagen von Genua, Mailand, Rom, Neapel u. ſ. w. Weitere nötige Bauten bei den Friedhofanlagen der Großſtädte ſind: 1. Leichenhallen mit einer Anzahl von Einzelkammern zur Aufnahme von Verſtorbenen, die hier vor der Beerdigung aufgeſtellt und im Hinblick auf Scheintod überwacht werden, damit in Verbindung ein Sezierſaal und Wärterräume. 2. Großes Einfahrttor mit Pförtner- bezw. Aufſeherwohnung, der etwa eine Gärtnerei anzufügen iſt. 3. Für beſonders große Verhältniſſe ein Verwaltungsgebäude mit Kanzleien, Wohnungen für Angeſtellte, für Aerzte u. ſ. w. 4. Brunnen und öffentliche Aborte [2]. — Vgl. a. Fig. 1 und auf der nächſten Seite Fig. 2.

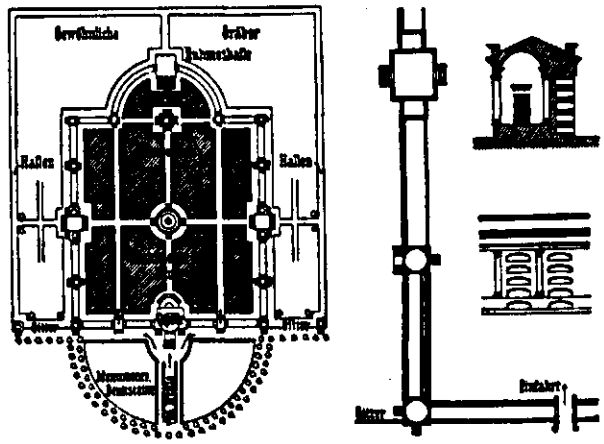


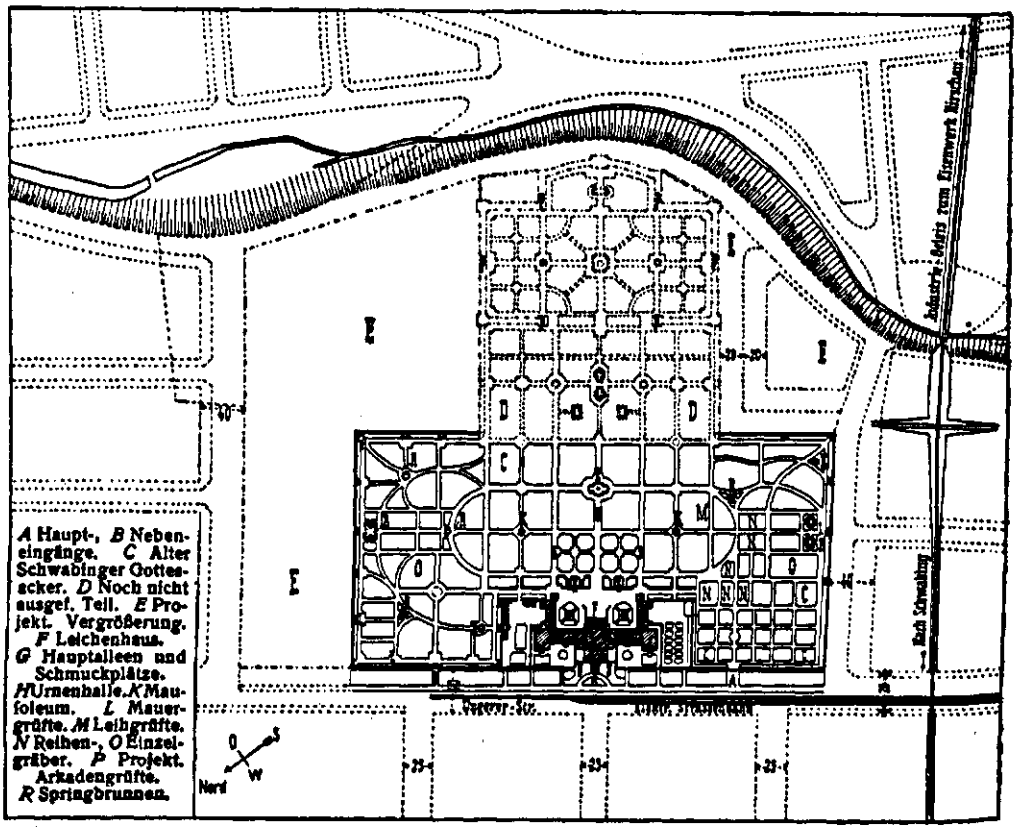
Fig. 1. Friedhof zu Brescia.

Literatur: [1] Peters, O., Italieniſche Campo-Santoanlagen, Deutſche Bauztg., Jahrg. 1878. — [2] Baukunde des Architekten, Berlin 1884, Bd. 2, Kultusanlagen; Mylius, C. J., 2. Städtiſche Friedhöfe, S. 258. — [3] Berlin und ſeine Bauten. — [4] Gräffel, H., Die neuen Münchner Friedhöfe, Deutſche Bauztg., Berlin, Jahrg. 1902, Nr. 46; 1903, Nr. 3 und 7. *Weinbrenner.*

Hygiene der Friedhöfe. Allgemeines. [1] Von alters her beſtand die Meinung, daß durch Friedhöfe für die An- und Umwohner geſundheitliche Gefahren hervorgerufen werden, insbeſondere war man gewöhnt, anzunehmen, daß durch die Verweſung der Leichen in die Luft und das Grundwaſſer giftige Stoffe übergehen. Den Ergebniſſen der neueren hygieniſchen Forſchung haben indeſſen dieſe Befürchtungen nicht ſtandgehalten. Die Leichen verfallen im Erdboden einem fortſchreitenden Verweſungsprozeß, durch den teils flüchtige, teils feſte, waſſerlösliche Verbindungen entſtehen; die erſteren, ſogenannte Fäulnisgaſe, ſind zum Teil giftig (Ammoniak, Schwefelwaſſerſtoff, Kohlenſäure u. a.), ebenſo die letzteren den Alkaloiden naheſtehenden Stoffe (ſogenannte Ptomaine). Dieſe giftigen Verweſungsprodukte werden aber dadurch unſchädlich gemacht, daß der Boden hervorragend befähigt iſt, dieſelben zu abſorbieren und in unſchädliche Verbindungen überzuführen, alſo einen ſtändigen Selbſtreinigungsprozeß durchzumachen. Zahlreiche Unterſuchungen [2] haben dargetan, daß das Grundwaſſer der Friedhöfe nicht reicher an organiſchen Beſtandteilen iſt als anderwärts und daß die Friedhofbrunnen vollkommen normales Trinkwaſſer liefern.

Nachdem die Forſchung als Urſache der Infektionskrankheiten pathogene Keime feſtgeſtellt hatte, die mit den Leichen in lebensfähigem Zuſtande der Erde übergeben werden, glaubte man die früheren Anſichten über die Gefährlichkeit der Friedhöfe damit begründen zu können, daß die pathogenen Keime aus den Leichen in das Grundwaſſer und die Luft der Friedhöfe übergehen und auf dieſem Wege Krankheiten erzeugen könnten. Die von verſchiedenen Seiten [3] vorgenommenen experimentellen Unterſuchungen haben indeſſen ergeben, daß die ſpezifiſche Infektioſität der Leichen nach wenigen Monaten in der Erde zerſtört wird; nur für Tuberkuloſe- [4] und Milzbrandbazillen iſt eine längere Lebensdauer anzunehmen. Ebenſo wie für die flüchtigen und feſten Verweſungsprodukte iſt aber der Erdboden auch vorzüglich geeignet, die in ihn übergegangenen Keime unſchädlich zu machen und zurückzuhalten, ſo daß von einem weiteren Transporte derſelben in das Grundwaſſer oder die Luft nicht die Rede ſein kann. Die Unterſuchung der Kirchhoferde in unmittelbarer Umgebung der Gräber [5] hat ergeben, daß dieſelbe nicht mehr Keime enthält, wie ein gewöhnlicher Ackerboden.

Der im Erdboden eines Friedhofs ablaufende Selbſtreinigungsprozeß iſt aber in ſeiner Wirkſamkeit weſentlich abhängig von der Beſchaffenheit des Erdbodens ſelbſt. Der letztere muß genügend porös und lufthaltig, ſowie der von oben eindringenden Feuchtigkeit leicht zugänglich ſein, damit der Verweſungsprozeß ununterbrochen von ſtatten geht; der Boden darf auch nicht zu trocken ſein, ſonſt iſt ſogenannte Mumifikation der Leiche zu erwarten (in unſern Breiten ſelten vorkommend), auf der andern Seite nicht zu dicht und zu feucht, ſonſt tritt ſogenannte Fettwachsbildung (adipocire) in der Leiche ein; in beiden Fällen wird die endgültige Verweſung weſentlich verlangſamt, was auf den Beerdigungsturnus nicht ohne Einfluß wäre.



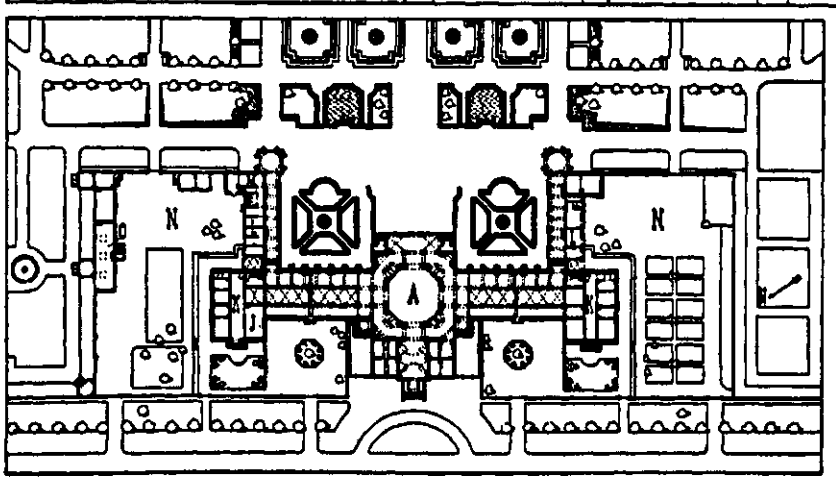


Fig. 2.
Neuer Nördlicher Friedhof zu München (Entwurf von H. Gräffel).

A Kuppelhalle.
B, C Aufbahrungs-räume.
D Publikum.
E Beſichtigungs-gänge.
F Verwaltung.
G Katholiſche,
H proteſtantiſche Geiſtliche.
I Sezierſaal.
K Wohnung der Bedienſteten.
L Remiſen.
M Aborte.
N Wirtſchaftshöfe.
O Pflanzenhaus.

Insbeſondere iſt ein hoher Grundwaſſerſtand zu vermeiden, durch den zeitweiſe die Sohle der Gräber durchſpült wird und eine Auslaugung der Leichen ſtattfinden kann; bei ſolchen Bodenarten kann die Ueberſättigung des Bodens mit faulenden organiſchen Subſtanzen und Verunreinigung des Grundwaſſers eintreten. Die letztere wird allerdings nur in nächſter Nähe ſich geltend machen, wenn nicht durch Bodenriſſe und Spaltbildungen in die tieferen Erdſchichten die Verunreinigungen weitertransportiert werden.

Aus dem Geſagten ergeben ſich für die Anlage eines Friedhofes folgende hygieniſche Anforderungen:

Lage. Die **Entfernung** des Friedhofs von bewohnten Ortſchaften iſt meiſt durch Geſetz oder Verordnung beſtimmt, 100 m dürften in der Regel genügen, Ausnahmen für einzelne Wohngebäude ſind zuzulaſſen; die vorgeſchriebenen Entfernungen betragen u. a. für Preußen 200 m, Rußland 1067 m (1 Werſt), Frankreich 100 m. Die **Himmelsrichtung** zu der betreffenden Ortſchaft iſt vom hygieniſchen Standpunkt aus gleichgültig; mäßig anſteigendes **Terrain**, mäßig hohe Plateaus ſind günſtig; abſchüſſiges Terrain ſollte der Ortſchaft abgewendet ſein; die Nähe von Teichen, Waſſerläufen, Terrainmulden, Ueberſchwemmungen ausgeſetztem Gebiet iſt zu vermeiden; der durch Bohrverſuche feſtzuſtellende höchſte Stand des Grundwaſſers ſoll nicht

bis zur Grabesſohle reichen, die Richtung des Grundwaſſerſtromes möglichſt nicht gegen die nächſtliegenden Waſſerentnahmeſtellen gehen.

Bodenart. Das beſte Material iſt grobkörniger Kies; es folgt in abſteigender Reihe feiner Kies, Sandboden, mit Sand gemiſchter Lehmboden (dieſer um ſo ungünſtiger, je mehr der Lehm überwiegt); ſehr ungünſtig ſind Lehm-, Ton-, Mergel- und ſtark humushaltiger Boden (Torf- und Moorboden); ſogenannter gewachſener Boden iſt immer beſſer als aufgeſchütteter; zu vermeiden iſt auch ein mit Spalten durchſetzter Untergrund.

Die Größe und Ausdehnung einer Friedhofsanlage berechnet ſich aus der Bevölkerungsziffer der betreffenden Gemeinde, der anzunehmenden Steigerung derſelben und dem Sterblichkeitsquotienten unter Berückſichtigung des erlaubten Beerdigungsturnus (Umgrabefriſt). Nach Pappenheim [6] muß bei jedem Grabe (für Erwachſene) die Länge 1,9 m, die Breite 0,8 m, die Sohlenfläche 1,6 qm mindeſtens betragen; die Tiefe der Gräber hat ſich zwiſchen 1,5 m und 2 m zu bewegen, wobei der Stand des Grundwaſſers zu berückſichtigen iſt. Zuſammen mit den übrigen für ein Grab notwendigen Flächen, Seitenabſtand u. dergl. ſtellt ſich die Geſamtgrabesfläche auf ca. 4 qm, für Kindergräber auf ca. 2 qm, die Durchſchnittsfläche auf ca. 3 qm. Die Berechnung der geſamten notwendigen Bodenfläche geſchieht durch Multiplikation der Ziffer der Turnusjahre mit dem für jedes Grab anzunehmenden durchſchnittlichen Flächenraum und der Ziffer der zu erwartenden Sterbefälle. Außerdem ſind noch Zuſchläge nötig für Wege, reſervierte Plätze, Erbbegräbniſſe, Leichenhalle, eventuell Krematorium. Unter allen Umſtänden empfiehlt es ſich, das angrenzende Gelände über das nächſtliegende Bedürfnis hinaus zu erwerben. Der Beerdigungsturnus, d. h. die Zeitlänge, nach der ein Grab wieder zur Aufnahme eines Leichnams benutzt werden darf, hat ſich eigentlich nach der beſonderen Bodenart des Begräbnisplatzes zu richten, iſt aber meiſtens geſetzlich feſtgelegt, z. B. Hamburg 15 Jahre, Sachſen 20 Jahre, Baden 20—25 Jahre je nach Bodenart, Preußen 40 Jahre; für Kinderbegräbnisplätze kann die Hälfte angenommen werden. Dem Bedürfniſſe eines möglichſt kleinen Beerdigungsturnus ſoll der ſogenannte Tachyphag entſprechen, ein aus beſonderem Materiale angefertigter Sarg, von Gebhard Pfeiffer, Ravensburg, erfunden [7]; derſelbe beſteht aus einem mit Stoff überzogenen Sarggeſtell, auf das ein Mörtel, aus Silikaten, Alkalikarbonat und einem Klebemittel beſtehend, aufgetragen iſt; durch Auslaugung im Boden wird die Maſſe porös, läßt Feuchtigkeit und Luft zutreten und beſchleunigt dadurch die Zerſtörung der Leiche. — Bei Anlage von Grüften iſt darauf zu achten, daß die durch die Fäulnis entſtehenden Gaſe abgeführt werden können; Lüftungsöffnungen, die eine gewiſſe Ventilation des Innenraumes geſtatten, ſind anzubringen; durch die in Grüften ſich anſammelnden Gaſe, beſonders Kohlenſäure, ſind mehrfach Unglücksfälle hervorgerufen worden, welche die Furcht vor den Friedhöfen hauptſächlich genährt haben und beſondere Vorſichtsmaßregeln bei Wiederöffnung einer Gruft nahelegen. Sogenannte Maſſengrüfte (caveaux funéraires) finden ſich in Belgien und in den ſüdlichen romaniſchen Ländern, Spanien, Portugal, Italien; wenn geſonderte Zellen angelegt werden, die nach Aufnahme des für ſie beſtimmten Leichnams hermetiſch und definitiv geſchloſſen werden, ſollen hygieniſche Bedenken nicht beſtehen. S. a. Leichenverbrennung.

Literatur: [1] Wernich, Leichenweſen, in Weyl, Handbuch der Hygiene, Bd. 2, 2, S. 70 ff. — [2] Pettenkofer, Ueber die Wahl der Begräbnisplätze, Zeitſchr. für Biologie, Bd. 1, 1865; Fleck, Unterſuchungen des Kirchhofbrunnenwaſſers, Jahresbericht der Zentralſtelle für öffentliche Geſundheitspflege in Dresden, 1873. — [3] Petri, Verhandlungen des X. Internationalen Mediziniſchen Kongreſſes 1890, S. 126 ff.; Derſ., Das Verhalten pathogener Mikroben in Tierleichen, Arbeiten aus dem Kaiſerlichen Geſundheitsamt, Bd. 5, 1. Heft; Lösner, ebend., Bd. 12, S. 448 ff.; Karlinski, Archiv für Hygiene, Bd. 13, S. 302 ff. — [4] Schottelius, Tagebl. der 62. Naturforſcherverſamml. — [5] Gärtner, Verhandlungen des X. Internat. Mediziniſchen Kongreſſes 1890, S. 138. — [6] Pappenheim, Handbuch d. Sanitätspolizei. — [7] Helbig, Pharmazeut. Zentralhalle, Bd. 42 u. 44. *Greiff.*

Friedrichs Dampfmotor, ſ. Kleindampfmaſchinen.

Fries, jener langgeſtreckte Bauteil, der ſich zwiſchen Architrav und Kranzgeſimſe der antiken Bauten befindet und bei freiſtehenden Bauten rings um das Gebäude läuft. Die architektoniſche Behandlung und Ausſchmückung des Frieſes pflegt in jedem Stile in andrer Weiſe durchgeführt zu ſein. In ähnlichem Sinne haben Türen und Fenſter ſehr häufig unterhalb der Bekrönung ſchmale Bauteile, die ebenfalls den Namen Fries erhalten. Außerdem werden in der Baukunſt die meiſten langgeſtreckten, ſtreifenförmigen Teile, ſie mögen gemalt oder plaſtiſch, verziert oder nicht verziert ſein, Fries genannt, namentlich ſolche, die mehr eine dekorative als eine konſtruktive Bedeutung haben. *Weinbrenner.*

Fries (Flaus, Coating), ein mit Tuch- oder Köperbindung, dicker und haariger als gewöhnliches Tuch hergeſtelltes tuchartiges Gewebe; ſ. Tuchfabrikation und Weberei. *Kraft.*

Friesrahmen, ſ. Türen.

Frigorifikverfahren, ſ. Konſervierung (Nahrungsmittel).

Friktion, Friktionshammer, ſ. Reibung, Reibungshammer.

Friktionsbremſen, ſ. Bremſen, Bd. 2, S. 265.

Friktionskalander, die auch bei der Papierfabrikation (ſ. d.) in Anwendung ſtehenden Walzenkalander, bei denen durch eine kleine Geſchwindigkeitsdifferenz der benachbarten Walzen ein glättendes Gleiten ſtattfindet. *Kraft.*

Friktionskupplung, f. Kupplungen.

Friktionsräder, f. Reibräder.

Friktionsrollen dienen zur Verminderung der Wirkung, die durch Reibung verurfacht wird.

In Fig. 1 ift z. B. ein Zapfen Z einer Welle anftatt in einem Zapfenlager auf zwei gleichen Rollen R, R' gelagert, deren Zapfen z, z' fich in feften Lagern drehen. Ift Q der vertikale Druck des Zapfens Z, bezeichnet man mit $q = q'$ die durch die Rollenachfen gehenden Komponenten diefes Druckes und mit φ den Koeffizienten für Zapfenreibung diefer Rollen, fo ift die Zapfenreibung jeder der Rollen gleich $\varphi \cdot q$. Ift r der Radius der Rollen, ϱ der Radius der Zapfen derfelben, und bilden die Komponenten q, q' den Winkel α, fo ergibt fich, weil $Q = 2q \cos \frac{1}{2}\alpha$ ift, die Kraft, die am Umfange des Zapfens Z zur Ueberwindung der Reibung beider Zapfen z, z' erforderlich ift: $F = 2\frac{\varrho}{r}\varphi q = \varphi \frac{\varrho Q}{r \cdot \cos \frac{1}{2}\alpha}$. Denn durch die wälzende Reibung zwifchen dem Zapfen Z und den Rollenumfängen wird die Drehung der Rollen vermittelt. Hiernach ift bei gegebener Dicke des Zapfens Z und gegebenem Zapfenradius ϱ die Kraft F um fo kleiner, je größer der Rollenradius r ift und je kleiner der Winkel α ift. Befindet fich dagegen der Zapfen Z in einem Zapfenlager, fo ift die Kraft, die am Umfange diefes Zapfens zur Ueberwindung der Reibung nötig ift, gleich $\varphi \cdot Q$; und demnach ift F kleiner als $\varphi \cdot Q$, wenn man $r \cdot \cos \frac{1}{2}\alpha$ größer als ϱ wählt. Diefe Rollen R, R', welche die zur Ueberwindung der Reibung erforderliche Kraft vermindern, werden Friktionsrollen genannt. Ebenfo find z. B. in Fig. 2 die in dem ruhenden Körper Σ gelagerten Rollen R, R', auf denen ein Körper S mit feiner horizontalen Fläche fich bewegt, Friktionsrollen; denn es wird durch diefelben die Kraft vermindert, die erforderlich wäre, wenn der Körper S direkt auf der horizontalen Unterlage Σ bewegt würde. Ferner find diefe Rollen R, R' auch Friktionsrollen, wenn der Körper Σ mit denfelben als Wagen auf einer Unterlage bewegt wird.

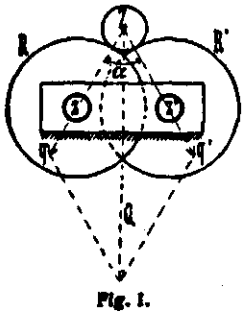


Fig. 1.

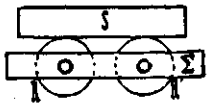


Fig. 2.

Literatur: Burg, A. v., Mechanik u. Mafchinenlehre, 3. Aufl., Wien 1856, S. 286; Weisbach-Herrmann, Lehrb. d. Ingenieur- u. Mafchinenmechanik, 5. Aufl., Braunfchweig 1875, 1. Teil, S. 340 u. 715; Grashof, F., Theoretifche Mafchinenlehre, Leipzig 1883, Bd. 2, S. 300. *Burmefter.*

Friktionszünder, f. Initialzündungen.

Friktionszündfchraube dient zum Abfeuern der Gefchütze; fie wird in den rückwärtigen Teil des Zündlochftollens eingefchraubt und das Abfeuern erfolgt durch einen Zug der Schlinge des Reibedrahts, der zunächft den Friktionsfatz, dann die Schlagladung und fchließlich die Pulverladung entzündet; f. Gefchütze, Schiffsgefchütze. *T. Schwarz.*

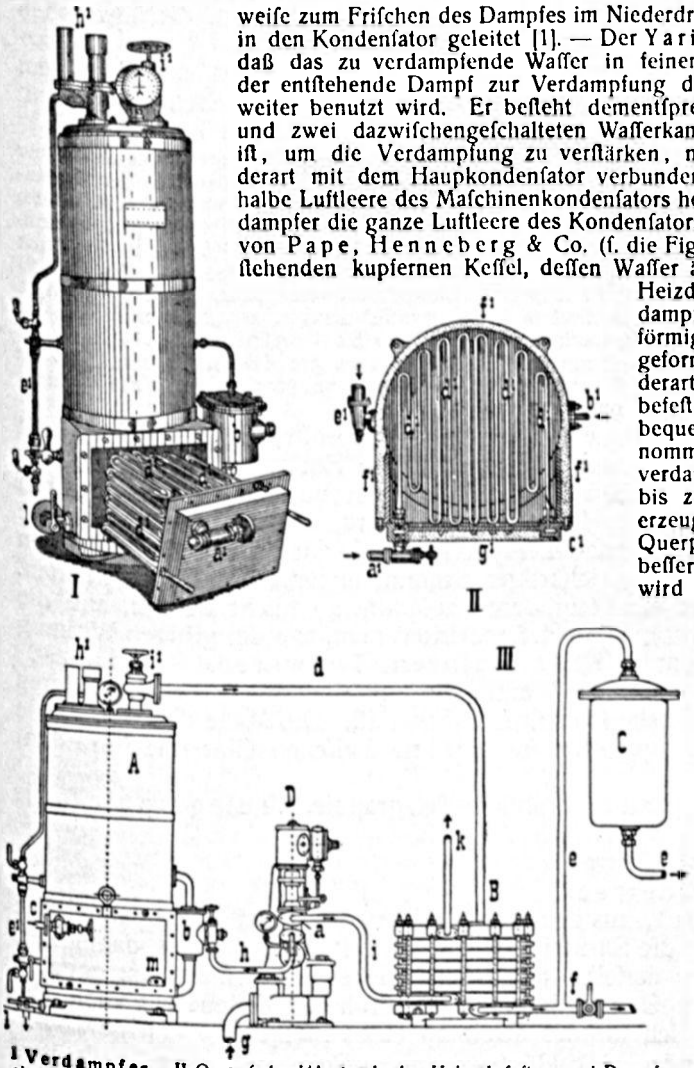
Frifchen bezeichnet Arbeiten zur Reduktion von Metalloxyden und Ueberführung von unreinen Metallen in den rein metallifchen Zuftand, oder auch die Oxydation von Nebenbeftandteilen der Metalle, vom chemifchen Standpunkte aus alfo ganz entgegengefetzte Vorgänge. So ift das Glättefrifchen (f. Blei) ein reduzierendes Schmelzen, während die Eifenfrifcharbeiten Oxydationsprozeffe find (f. Flußeifen und Schweißeifen). *Bachert.*

Frifchherd, f. Flußeifen und Schweißeifen.

Frifchwaffererzeuger, Apparate zur Herftellung falzfreien Speifewaffers aus Seewaffer als Erfatz des durch Undichtigkeiten während des Betriebes verloren gegangenen Speifewaffers (Zufatzwaffer) für die Schiffskeffel. Da das Speifewaffer durch Verdampfung von Seewaffer erzeugt wird, fo heißen diefe Apparate auch Verdampfer, Evaporator oder Speifewaffererzeuger.

Der entftehende falzfreie Dampf wird den Keffelfpeifevorrichtungen oder dem Vorwärmer (f. d.) zugeführt. Die Verdampfer find daher meift mit den Kondenfatoren der Schiffsmafchine in Verbindung gebracht. Das zu verdampfende Meerwaffer wird dem Kühlwaffer der Kondenfatoren entnommen, während der heizende Dampf aus dem Dampfmantel oder einer Zwifchenkammer der Mafchine kommt. Auf diefe Weife werden die Zylindermäntel ftändig entwäffert und mit frifchem Dampf verfehen. Die Verdampfung des Seewaffers kann unter Druck oder unter Vakuum gefchehen; erfteres ift zu empfehlen, da die Verdampfer dann weniger leicht überkochen und die Salzlauge felbfttätig ablaufen kann. Die Verwendung von deftilliertem, d. h. durch Frifchwaffererzeuger hergeftelltem Zufatzwaffer ift für die modernen Waffertohrkeffel mit hoher Dampffpannung bedingt. Die Leiftung der Speifewaffererzeuger wird auf etwa 5 t in 24 Stunden für je 1000 PS$_i$ bemeffen [3], [4].

Der Verdampfer von Weir befteht in der Hauptfache aus einem kleinen Hilfskeffel, der ftatt mit Kohlen durch Dampf, welcher der Zwifchenkammer zwifchen Hoch- und Niederdruckzylinder entnommen wird, geheizt wird. Der Keffel wird durch eine Strahlpumpe mit Meerwaffer gefpeift, und der größere Teil der Niederfchläge wird durch den Oberflächen- bezw. Grundhahn aus dem Keffel ausgeblafen. Der aus dem Seewaffer entftehende Dampf wird teil-



I Verdampfer. II Querschnitt durch das Heizrohrsystem. a^1 Dampfeintritt. b^1 Seewassereintritt. c^1 Kanal für Kondenswasser. d^1 Heizrohre. e^1 Wasserstandsglas. f^1 Aeußerer Mantel. g^1 Deckel mit Dampfverteilungskammer. h^1 Sicherheitsventil. i^1 Abdampfregulierventil. III Gesamtanordnung. *A* Verdampfer. *B* Kondensator. *C* Filter. *D* Pumpe. *a* Verteilungsventil. *b* Automatischer Speiseapparat. *c* Heizdampfleitung zum Verdampfer. *d* Leitung für den Evaporatordampf zum Kondensator. *e* Leitung für das Destillat durch den Filter zum Trinkwassertank. *f* Leitung zum Speisewassertank. *g* Saugleitung der Pumpe. *h* Leitung des Seewassers. *i* Leitung des Kühlwassers. *k* Leitung nach außenbord. *l* Ablaßhahn für die Lauge. *m* Entwässerungsstutzen.

weise zum Frischen des Dampfes im Niederdruckzylinder verwertet, teilweise in den Kondensator geleitet [1]. — Der Yarian-Verdampfer basiert darauf, daß das zu verdampfende Wasser in feinen Strahlen eingeführt und daß der entstehende Dampf zur Verdampfung des nicht verdampften Wassers weiter benutzt wird. Er besteht dementsprechend aus zwei Verdampfern und zwei dazwischengeschalteten Wasserkammern. Der eine Verdampfer ist, um die Verdampfung zu verstärken, mittels Rohrleitung und Ventil derart mit dem Hauptkondensator verbunden, daß in demselben nur die halbe Luftleere des Maschinenkondensators herrscht, während der andre Verdampfer die ganze Luftleere des Kondensators erhält [1]. — Der Verdampfer von Pape, Henneberg & Co. (s. die Figur) besteht aus einem aufrecht stehenden kupfernen Kessel, dessen Wasser ähnlich dem Weirschen durch Heizdampf verdampft wird. Der Heizdampf geht durch ein schlangenförmig laufendes System von 8-förmig geformten kupfernen Rohren, die derartig an eine bronzene Rohrplatte befestigt sind, daß sie zur Reinigung bequem aus dem Kessel herausgenommen werden können. Das zu verdampfende Wasser füllt den Kessel bis zu ein Drittel der Höhe. Der erzeugte Dampf muß durch gelochte Querplatten gehen, damit die Lauge besser abgeschieden wird; letztere wird durch einen Grundhahn abgelassen. Eine kleine Dampfpumpe fördert sowohl Seewasser in den Verdampfer als auch Kühlwasser in den Kondensator [2]—[4] — Weitere Verdampfer sind durch Morison, Kirkaldy und Niemeyer sowie Jones angegeben. Letzterer wird nicht durch Dampf geheizt, sondern durch die abziehenden Heizgase, und ist dementsprechend im Schornsteinhalse des Kessels placiert.

Die Verdampfer liefern im Durchschnitt mit 1 kg Heizdampf bis zu 7 kg destilliertes Wasser. Die Verwendung des Hilfskessels als Verdampfer ist nur ein Notbehelf und wirkt unökonomisch.

Literatur: [1] Busley, C., Die Entwicklung der Schiffsmaschine, Berlin 1892. — [2] Huber, Ueber die Mittel zur Herstellung genußfähigen Wassers aus Meerwasser, Marine-Rundschau, Berlin 1898. — [3] Dick und Kretschmer, Handbuch der Seemannschaft, Berlin 1902. — [4] Klamroth, Leitfaden für den Unterricht in der Maschinenkunde, Berlin 1902.

T. Schwarz.

Frischwasserpumpe, s. Schiffspumpen.

Frischwassertank, eiserne Kästen an Bord der Schiffe zum Mitführen von Trinkwasser.

Man rechnet im allgemeinen pro Tag einen Wasserverbrauch von 5 l pro Kopf der Besatzung. Neuerdings werden zur Aufnahme von Frischwasser im Schiffsboden wasserdichte Räume — Tanks — abgeschottet und dient dieses Wasser nicht nur als Trinkwasser, sondern vielfach auch als Zusatzwasser für die Kessel. Durch die stetig zunehmende Einführung der Destillierapparate und Verdampfer — Speisewassererzeuger — ist das Quantum des mitzuführenden Frischwassers sehr eingeschränkt und dienen die Frischwassertanks gleichsam nur als Reserve. Zum Füllen der Tanks und zur Entnahme von Wasser sind besondere Rohrleitungen, Pumpen u. s. w. erforderlich. Die Tanks werden innen meist mit einem Zementanstrich versehen

Literatur: Dick u. Kretschmer, Handbuch der Seemannschaft, Berlin 1902.

T. Schwarz.

Frisieren des Tuches, auch Ratinieren genannt, jene in der Tuchfabrikation beim Appretieren starker, haariger Winterstoffe manchmal angewendete

Arbeit, durch welche die Härchen an der Oberfläche zu kleinen, dichtſtehenden Büſchelchen zuſammengedreht werden; ſ. Tuchfabrikation. *Kraft.*

Friſons (franzöſiſch, italieniſch Strusi), dasjenige Produkt, das nach dem Aufweichen der Seidenkokons im heißen Waſſer und leichter Behandlung mit Bürſten oder den gebräuchlichen Beſen ſich zuerſt vom Kokon loslöſt.

Es iſt die äußerſte Hülle der Kokons, „die erſte Arbeit der Seidenraupe", von ungleicher Stärke, und muß ſo lange mit dem Abziehen vom Kokon fortgefahren werden, bis der Seidenfaden egal iſt und ſich rein loslöſt. — Auch die Endarbeit der Raupe, das Innerſte der Kokons, iſt nicht mehr zu Grège verſpinnbar und wird zu Friſons abgezogen. Friſons gibt es alſo überall da, wo Seide geſponnen wird, und zwar je nach der Qualität der Kokons 2—3% vom Gewicht der friſchen Kokons; geringe Kokons geben mehr, gute weniger. — Die Friſons werden getrocknet, gekocht, maceriert (d. i. in Seifen- und Sodabädern behandelt, um dieſelben zu öffnen und zu reinigen), dann kardiert (d. i. zu gewiſſen Längen zerriſſen) und dann zu Chappe oder Florettſeide verſponnen, worüber Näheres unter Seidenſpinnerei. — Der Preis variiert je nach Nachfrage und Verwendung von 7 bis 20 Franken pro Kilogramm, die Differenz in der Qualität beträgt nur wenige Franken pro Kilogramm, die ganz weißen Friſons allein werden teurer bezahlt wegen beſonderer Verwendung zu Spitzen. *Schiefner.*

Fritten, das Zuſammenſchmelzen verſchiedener Stoffe, wenn es nur ſo weit getrieben wird, daß die Maſſe nicht in eigentlichen Fluß gerät. Man bedient ſich dieſes Verfahrens in den keramiſchen Induſtrien, um Maſſen und Glaſuren herzuſtellen, wobei entweder der Zweck verfolgt wird, im Waſſer leicht lösliche Stoffe, aus denen die Fritte zuſammengeſetzt iſt, in unlösliche Verbindungen überzuführen, oder der, eine gleichartiger zuſammengeſetzte Maſſe zu erhalten. Die Materialien, aus denen die Bleiglaſuren zuſammengemiſcht werden, alſo die Bleioxyde (Bleiglätte u. ſ. w.), Sand u. ſ. w., frittet man, um der giftigen Wirkung der Bleioxyde vorzubeugen; ſ. Glas, Glaſuren, Tonwaren. *Dümmler.*

Frittenporzellan, keramiſche Waren, die aus einer Maſſe beſtehen, deren kittendes Flußmittel eine leicht ſchmelzende Fritte iſt. Die Maſſe dieſer Produkte ſteht in ihrer Zuſammenſetzung etwa in der Mitte zwiſchen Glas und Porzellan; ſ. Glas, Tonwaren. *Dümmler.*

Fritter, Empfangsapparat für drahtloſe Telegraphie, ſ. Telegraphie (ohne Draht).

Frittung, ſ. Umwandlung.

Frontdeich, ſ. Flußdeiche.

Frontiſpiz (Fronton), aus dem Franzöſiſchen von front (Stirne) abgeleitet, bezeichnet im allgemeinen die Stirnſeite oder Vorderſeite eines Hauſes, namentlich den mittleren Teil, wenn derſelbe mit einem Giebel bekrönt iſt; im engeren Sinne verſteht man einen Giebel darunter. In früheren Zeiten war dieſe Bezeichnung auch gebräuchlich für das Titelblatt eines Buches. *Weinbrenner.*

Frontwände. Befinden ſich Häuſer in einer Reihe an einer Straße und ſind ihre Dächer derartig hergeſtellt, daß ſie nach der Straße und der entgegengeſetzten Seite hin entwäſſern, ſo nennt man die Umfaſſungswand an der Straße die Straßen- oder Vorderfront und die entgegengeſetzt liegende die Hinter- oder, wenn ſich ein Hof anſchließt, die Hoffront. Die andern beiden an die benachbarten Häuſer ſich anſchließenden Wände heißen Giebelwände. — In alten Städten kommen jedoch Häuſer mit geringer Breite an der Straße und erheblicher Tiefe vor, bei welchen ſich die Giebelwände an den Straßen und an den Höfen befinden. Dieſe Wände pflegt man dann ebenfalls als Frontwände zu bezeichnen, weil ſie mit Fenſtern verſehen ſind und ſich dem Auge des Beſchauers darſtellen.

Die Frontwände werden nur an einer Seite, die Mittelwände dagegen oft von beiden Seiten durch die Decken belaſtet; trotzdem ſind erſtere durchſchnittlich ſtärker hergeſtellt als letztere, weil ſie einesteils infolge der Fenſteröffnungen ſtark geſchwächt werden, andernteils die äußere Kälte abhalten ſollen. In gewöhnlichen Fällen werden die Stärken nach praktiſchem Ermeſſen, d. h. ohne Berechnung, gewählt, und gilt in Berlin unter der Vorausſetzung, daß dieſe Wände Decken tragen, für Bauten aus Ziegeln in Normalformat folgendes: Im Dachgeſchoß wird 25 cm Stärke angenommen, vorausgeſetzt, daß nicht ſchwere und ſtark auskragende Hauptgeſimſe eine zuweilen erheblich größere Stärke bedingen [1]. Im erſten darauffolgenden Geſchoß wählt man, falls die Wände Deckenlaſten aufnehmen, 38 cm, im zweiten für Wohngebäude 38 cm, für Fabrikgebäude 51 cm, im dritten für beide Gattungen 51 cm, im vierten 51 bezw. 64 cm, im fünften 64 bezw. 77 cm, und im ſechſten, das den Keller zu bilden pflegt, 77 bezw. 90 cm Stärke. Bei gutem Baugrunde wird die Fundamentbreite 90 bezw. 103 cm. Obige Maße müſſen aber erheblich verſtärkt werden, wenn zwiſchen breiten Fenſtern nur ſchmale Pfeiler übrig-

bleiben oder wenn auf diesen Pfeilern Träger ruhen, die durch obere Scheidewände stark belastet sind. In solchen Fällen kann die Stärke der Pfeiler nur durch Berechnung festgestellt werden. — Die Berliner Baupolizei läßt auf den Quadratzentimeter an Druck zu: für gewöhnliches Ziegelmauerwerk 7 kg, für solches in Zementmörtel 11 kg, für bestes Klinkermauerwerk 12—14 kg, für Sandstein, je nach der Härte, 15—30 kg, für Granit 45 kg, für guten Baugrund 2,5 kg. Letzteres Maß kann aber für Gründungen in größerer Tiefe erheblich erhöht werden. — Ist ein Frontpfeiler so belastet, daß die Mittelkraft durch seinen Schwerpunkt geht, so verteilt sich dieselbe gleichmäßig über den ganzen Querschnitt. Ist das nicht der Fall, so tritt Berechnung auf exzentrische Belastung ein. — Um eine komplizierte Berechnung zu umgehen, hält man es in Berlin für genügend, die exzentrische Gesamtlast um 50 % zu vermehren und dann so zu rechnen, als ob die Last gleichmäßig verteilt wäre. In diesen Berechnungen pflegt man aber nur einen um 1—2 kg geringeren Druck für den Quadratzentimeter zuzulassen, als oben angegeben, was, abgesehen von zufälligen Pfeilerschwächungen, insbesondere des Winddrucks wegen nötig ist. Da diese Wände für denselben nicht genügende Stabilität in ihrem Gewicht besitzen, so müssen ihre Pfeiler ihn auf die Decken übertragen und diese wiederum auf widerstandsfähige Mauern. Für diesen Zweck eignen sich alle diejenigen Wände ganz vorzüglich, deren Längsrichtung normal zur Richtung der Frontwände ist. Würden die Decken diese Funktion nicht erfüllen, so würden rechnungsmäßig alle mehrstöckigen Gebäude beim Sturmangriff einstürzen. Die Deckengewölbe bezw. die auf und unter die Balken genagelten Fußboden- und Schalbretter machen jedoch die Decken zu unverschieblichen Tafeln und für solche Kraftübertragungen geeignet.

Bei gewöhnlichen Balkendecken nimmt man in Berlin an, daß sie nur auf 8—10 m Länge für solche Uebertragungen geeignet seien. Jedoch kann man diese Länge durch billige Hilfsmittel mit Sicherheit erheblich vergrößern, welche Hilfsmittel bei Gebäuden mit großen freien Räumen, also mit langen, durch Querwände nicht ausgesteiften Fronten niemals fehlen sollten, weil beim Neubau die Gewölbe erst eingespannt bezw. Fußboden und Schalbretter erst angenagelt werden, wenn das Dach eingedeckt ist; vorher schwebt solcher Neubau beim Sturmangriff also in großer Gefahr. Die vorhin erwähnten Hilfsmittel bestehen darin, daß man, falls nicht in der Nähe befindliche hohe Gebäude den Sturm abhalten, auf den Balkenlagen oder eisernen Trägern in schräger Richtung zu ihnen Zugeisen oder Hölzer anbringt, wie sie in der Figur S. 200 gestrichelt sind. Beim Einbringen der Decken können sie wieder entfernt werden (abgesehen von den obenerwähnten 8—10 m langen Balkendecken). In diesem Fall sind aber nicht Hölzer, sondern Flacheisen zu verwenden, welche von den Fußbodendielen überdeckt werden. — Handelt es sich um Balkendecken über Kirchenräumen, welche über sich nur Dachböden haben, so sind derartige Hölzer über der Decke schon mit Erfolg verwendet worden und keineswegs störend.

Bei massiven Decken braucht man nach Einbringung derselben dergleichen Hilfsmittel in der Regel nicht mehr, weil die Decken an und für sich schon genügende Steifigkeit besitzen, um den winkelrecht zu den Frontwänden wirkenden Druck auf die Giebel- oder Nachbarwände zu übertragen; letztere widerstehen solchem Druck in der Regel sehr gut, wenn sie nicht außergewöhnlich kurz oder von vielen Türen und Fenstern durchbrochen sind.

Anders verhält es sich mit einem Sturmdruck rechtwinklig zu dem vorigen, also rechtwinklig zu den Giebel- oder Nachbarwänden. Diese würden aus dieser Richtung auf sie wirkendem Sturm einen ungenügenden Widerstand bieten, wenn sie nicht durch die Decken und diese wiederum durch die Pfeiler der Frontwände gegen den Sturm ausgesteift würden. In Fabrikgebäuden werden diese Pfeiler aber so schmal als möglich gemacht, um gute Beleuchtung zu schaffen. Denn auch nach der Richtung winkelrecht zur Front sucht man die Pfeilerstärke der Raumersparnis wegen möglichst einzuschränken. — Will man hierbei bis an die Grenze des Zulässigen gehen, so empfiehlt sich die Berechnung [2], welche Pfeilerstärken ergibt, die auch gleichzeitig dem Angriff der Maschinenkräfte und sonstigen Erschütterungen genügen. Mit Bezug auf letztere erscheint es erforderlich, diese Berechnungen auch dann aufzustellen, wenn benachbarte Gebäude gegen Sturmdruck schützen, um so mehr, als letztere im Laufe der Jahre doch einmal zeitweise abgebrochen sein können. Da die Brandmauern etwas vom Winddruck in dieser Richtung aufnehmen, so genügt es, für die Frontpfeiler statt 125 kg/qm nur 100 kg/qm Winddruck zu berechnen. Weil eine genaue Berechnung für Praktiker zu umständlich sein würde, kann man sich mit nachfolgender annähernden begnügen. Eine Frontwand des in der Figur angedeuteten Quergebäudes hat den Winddruck auf 10 m Länge der Wand an der Nachbargrenze auszuhalten. Da die Stockwerkshöhen zu 4 m angenommen sind, so entstehen für jedes Stockwerk $4{,}0 \cdot 10{,}0 \cdot 100 = 4000$ kg Druck. Die Fensterpfeiler in den Fronten sind als oben und unten eingespannt zu betrachten; sie haben neben jedem Fenster 2,70 m Höhe. Da jede Front fünf Pfeiler hat, so beträgt das Moment M jedes Pfeilers:

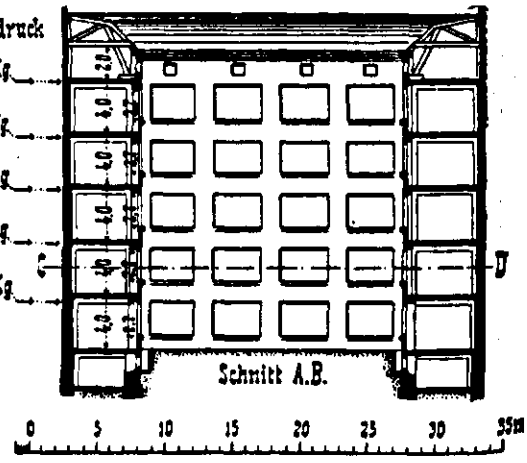
im 4. Stockwerk	$4000 \cdot 1/5 \cdot 270 \cdot 1/8$	= 108 000	kg/qm
„ 3. „	$2 \cdot 4000 \cdot 1/5 \cdot 270 \cdot 1/8$	= 216 000	„
„ 2. „	$3 \cdot 4000 \cdot 1/5 \cdot 270 \cdot 1/8$	= 324 000	„
„ 1. „	$4 \cdot 4000 \cdot 1/5 \cdot 270 \cdot 1/8$	= 432 000	„
„ Erdgeschoß	$5 \cdot 4000 \cdot 1/5 \cdot 270 \cdot 1/8$	= 540 000	„

Vorstehende Ansätze sind unter der Bedingung zuverlässig, daß alle Pfeiler annähernd denselben Querschnitt haben; andernfalls verteilen sich die Schübe proportional den Trägheitsmomenten, welche die Pfeiler in der Richtung des Schubes haben.

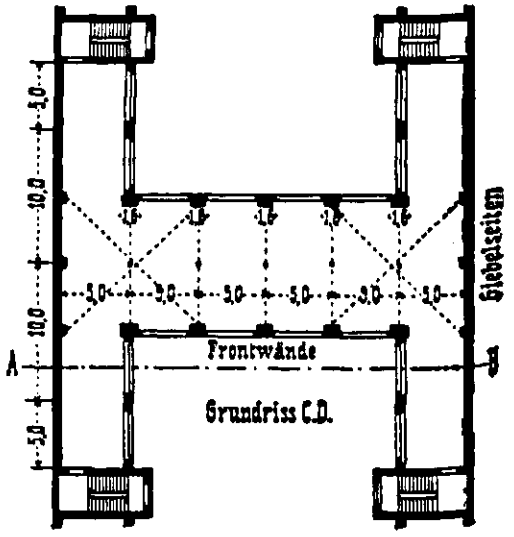
Ein Pfeiler im 4. Stockwerk habe 116 cm Breite in der Front und 38 cm Stärke. Seine Beanspruchung ist $k = \frac{6 \cdot M}{b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 108\,000}{38 \cdot 116^2} = 1{,}3$ kg/qcm Zug und Druck durch die Wirkung des Windes. Die Last der Wände, der Decke und des Daches würde ohne Nutzlast 1,5 kg

Druck auf den Quadratzentimeter des Pfeilers ergeben, mit Nutzlaft dagegen 4,8 kg/qcm, der größte Druck ift alfo $4{,}8 + 1{,}3 = 6{,}1$ kg und der geringfte $1{,}5 - 1{,}3 = 0{,}2$ kg/qcm. Ein Pfeiler im Erdgefchoß habe bei 116 cm Breite 77 cm Stärke; der Winddruck erzeugt in ihm $k = \frac{6 \cdot 540000}{77 \cdot 116^2} = 3{,}1$ kg/qcm Zug und Druck. Die geringfte Belaftung beträgt 5,4 und die größte 9,1 kg, der größte Druck alfo $9{,}1 + 3{,}1 = 12{,}2$ kg/qcm und der geringfte $5{,}4 - 3{,}1 = 2{,}3$ kg/qcm. Die Beanfpruchungen der Pfeiler im 1., 2. und 3. Stockwerk liegen zwifchen den obenangegebenen.

Sind die Fronten nur kurz und find deshalb nur wenig Frontpfeiler vorhanden, fo werden diefelben zu große Spannungen erfahren, falls fie nicht erhebliche Breite erhalten; man hat in Berlin in folchen Fällen fchon 20 kg/qcm ftatt 14 kg/qcm zugelaffen. Ergeben fich größere Druckfpannungen oder auch wefentliche Zugfpannungen, fo muß man die Fenfterpfeiler an den inneren Ecken durch Winkeleifen verftärken, die nötigenfalls vom Keller bis zum Dachboden durchgehen und mit den eifernen Trägern über den Fenftern oder mit den Deckenträgern verbunden find.



Obige Momente in den Pfeilern müffen von dem Mauerwerk der Brüftungen und den eifernen Trägern über den Fenftern aufgenommen werden. Abgefehen von den Brüftungen an den Enden treten z. B. zwifchen dem 3. und 4. Stockwerk $108000 + 216000 = 324000$ kg/qm Momente in den Brüftungen auf, von denen jede die Hälfte, alfo 162000 kg/qm, aufzunehmen hat. Wird unter den Fenfterbrettern ein wagerechtes Eifen eingelegt, das in den Eckpfeilern verankert ift, fo ift dasfelbe durchfchnittlich 1 m von der Mitte der darunterliegenden und miteinander zu verankernden Fenfterträger entfernt. Es entftehen in demfelben mithin $\frac{162000}{100} = 1620$ kg Zug und erfordern $\frac{1620}{1000} = 1{,}62$ qcm ftarke eiferne Stangen. In den Brüftungen neben den Endpfeilern ift jedoch der Querfchnitt der Eifen doppelt fo groß zu wählen, da fich die Momente in den Eckpfeilern nicht auf zwei nebeneinander liegende Brüftungen verteilen. Dasfelbe wird auch an andern Stellen nötig, wenn z. B. wegen Anlage von Fahrftühlen auf dem Hofe die Fenfterbrüftungen fortfallen.



Wie die alten Meifter mit dem gewaltigen Winddruck auf die fehr hohen Frontwände der Kathedralen zu kämpfen hatten, wie fie denfelben überwunden haben durch die Anordnung von Kreuzgewölben, die, wie dort nachgewiefen, den Winddruck von einer zur andern Frontwand viel beffer übertragen können als Tonnengewölbe, und durch die Anordnung nicht nur einfacher, fondern doppelter Strebebogen an den Fronten, ift in durchdachter Weife in [3] dargeftellt. — Sehr beachtenswert ift dafelbft auch die S. 404 a. a. O. gemachte Bemerkung: „Daß beim Fehlen von Windfchüben unfre größten Baftliken zur Not ohne Strebebogen ausführbar gewefen wären.“ Wegen des Sturmdrucks auf Turmfronten vgl. ebend. S. 626; wobei jedoch zu bemerken ift, daß, wenn das Turmmauerwerk in einem Gefchoß von Fenftern ftark durchbrochen wird, es nicht rätlich erfcheint, anzunehmen, daß der Turm wie ein Kaften, fondern vielmehr, daß jeder Frontpfeiler desfelben für fich kippt, wodurch fich ein erheblich geringeres Stabilitätsmoment ergibt.

Zuweilen handelt es fich um Reitbahn- oder andre große Hallen, in denen Decken nicht vorhanden find; alsdann muß durch Anbringung der obenbezeichneten Bänder an den Obergurtungen der Dachbinder ein Längsverband hergeftellt werden. Die Auflager der Dachbinder müffen dann aber fämtlich feite und nicht zum Teil verfchiebbare fein. — Diefer Gedanke, äußere Kräfte durch die Dachkonftruktion mehr oder weniger auf die Giebelwände bezw. Giebelkonftruktionen anftatt auf die Frontwände zu übertragen, ift noch im weiteren Sinne in [4] ausgebildet. Auch werden für jeden Konftrukteur die von Föppl gegebenen „Mitteilungen aus dem mechanifch-technifchen Laboratorium der K. Technifchen Hochfchule München“, 1896, über Beobachtungsverfuche an einem Tonnenflechtwerkdache von befonderem Intereffe fein, um fo mehr, als feine Ermittlung der Durchbiegungen die ftatifchen Berechnungen folcher Konftruktionen

vielleicht in neue Bahnen leiten wird. Für die Fronten des Unterbaues der Kuppel des Reichstagsgebäudes hat Zimmermann derartig die verſchieblichen Auflager des Eiſengerüſtes der Kuppel konſtruiert, daß jene Frontwände vom Winddruck auf die Kuppel nur in ihrer Längsrichtung angegriffen werden.

Literatur: [1] Baukunde des Architekten, Berlin 1880, Bd. I, Teil 1, S. 182 und 183. — [2] Jahrbuch der Innung, Bund der Bau-, Maurer- und Zimmermeiſter zu Berlin, 3. Jahrg. für 1905, S. 237—241. — [3] Ungewitter, G., Lehrbuch der gotiſchen Baukonſtruktionen, neu bearbeitet von K. Mohrmann, 3. Aufl., Leipzig 1892, S. 165 ff. — [4] Föppl, A., Das Fachwerk im Raume, Leipzig 1892. *Hacker.*

Froſch, im Bergbau, 1. ein zur Stärke verhältnismäßig kurzes Holz. Am bekannteſten ſind die Fahrtfröſche, die im Fahrſchacht quer zwiſchen die Einſtriche eingebaut werden und die Fahrten ſtützen (ſ. Fahren); Fröſche heißen auch die Langhölzer am Geſtell der Förderwagen (Hunde); die Herdfröſche ſind Klötze, die zur Befeſtigung der Seitenbretter auf der Herdfläche dienen (ſ. Herdarbeit). 2. Auch eine beſondere Art kleiner Grubenlampen (ſ. Geleucht) nennt der Bergmann Froſch oder Froſchlampe. 3. Hier und da Bezeichnung für Matrizenhalter (ſ. Schnitte), auch für ein Werkzeug zum Spannen von Drahtleitungen (ſ. Drahtſpanner); ferner ſ. v. w. Nocken (ſ. d.). *Treptow.*

Froſchlampe, ſ. Froſch.

Froſchmaul, halbkreisförmige Dachfenſter; die halbkreisförmigen Einmündungen für Luftkanäle bei der Städtekanaliſation.

Froſtgrenze, die Temperatur, bei der Bauobjekte oder Baumaterialien Not zu leiden beginnen (ſ. Rohrleitung, Mörtel-, Steinprüfung, Fundament).

Frottierſtoff, ſ. Weberei.

Frottierſtrecke, ſ. Kammgarnſpinnerei.

Froude, ſ. Schiffswiderſtand.

Fruchtäther (Fruchtöle), eine Reihe von Eſtern der Fettſäuren, wie der Eſſigſäure, der Butterſäure u. ſ. w., beſitzen einen angenehmen Geruch nach Früchten und dienen daher zur Nachahmung von verſchiedenen Fruchtaromas.

Die Eſter ſelbſt ſind neutrale, in Alkohol und Aether lösliche, in Waſſer unlösliche, leicht bewegliche Flüſſigkeiten. Ihre alkoholiſchen, meiſt noch mit gewöhnlichem Eſſigeſter verſetzten Löſungen kommen als künſtliche Fruchteſſenzen in den Handel. So erteilt der Eſſigeſter des Gärungsamylalkohols einer verdünnten alkoholiſchen Löſung den Geruch nach Birnen und bildet das künſtliche Birnöl (pear-oil); der Eſſigſäurenormaloktyleſter riecht nach Apfelſinen, der Proprionſäureiſoamyleſter beſitzt ein der Ananas ähnliches Aroma. Der Aethyleſter der Butterſäure gibt ebenfalls den Geruch der Ananas wieder, ſeine alkoholiſche Löſung bildet das künſtliche Ananasöl (pineapple-oil) und wird zur künſtlichen Rumfabrikation verwendet. Der Iſoamyleſter der Butterſäure riecht nach Birnen, der Apfeläther iſt eine alkoholiſche Löſung von Iſovalerianſäureiſoamyleſter u. ſ. w.

Die Eſter werden nach verſchiedenen Methoden dargeſtellt, ſo z. B. das Ananasöl durch Einwirkung von Schwefelſäure auf die alkoholiſche Löſung von butterſaurem Natrium, das durch Verſeifung von Butter mit Natronlauge, Deſtillation des gewonnenen Gemiſches und nachherige Rektifikation des Deſtillates erhalten wird. Der Apfeläther [1] wird durch direkte Oxydation des Gärungsamylalkohols mit Kaliumbichromat und Schwefelſäure und Deſtillation gewonnen. Da durch Miſchungen der verſchiedenen Eſter ſich faſt alle Fruchtgerüche hervorbringen laſſen, ſo werden dieſelben techniſch in großem Maßſtabe dargeſtellt und finden in der Konditorei und Bonbonfabrikation beiſpielsweiſe zur Darſtellung der ſogenannten Fruchtbonbons (Dropsl vielfache Anwendung. Die beſſeren ſogenannten engliſchen Sorten läßt man zur Vervollkommnung des Aromas noch längere Zeit über den entſprechenden friſchen Früchten ſtehen.

Literatur: [1] Fiſcher, Handbuch der chem. Technologie, S. 630, Leipzig 1893. *Buford.*

Fruchtgehänge finden in der dekorativen Kunſt die gleiche Anwendung und Behandlung wie die Blumengehänge (ſ. d.).

Fruchtgelées, ſ. Früchte, eingemachte.

Fruchtgummi, ſ. v. w. Dextrin (ſ. d.).

Fruchtkaffee, rheiniſcher, ſ. Kaffeeſurrogate.

Fruchtputzerei, ſ. v. w. Getreidereinigung, ſ. Mehlfabrikation und Getreidereinigungs- und Sortiermaſchine.

Fruchtſäfte, ſ. Früchte, eingemachte.

Fruchtſchiefer, ſ. Fleckſchiefer.

Fruchtwaſſer iſt jene Flüſſigkeit, die bei der Gewinnung der Kartoffelſtärke durch Beſpülen der Reibe erhalten wird. Es enthält die Hauptmaſſe der löslichen Beſtandteile der Kartoffel, iſt in hohem Grade fäulnisfähig und wird gewöhnlich verfüttert oder zum Düngen verwendet; ſ. Stärkefabrikation.

Fruchtzucker, ſ. Fruktoſe.

Früchte, eingemachte. Alle genießbaren saftigen Früchte können so zubereitet werden, daß sie längere Zeit, selbst jahrelang, in irgend einer Form in genußfähigem Zustande sich befinden. Im allgemeinen nennt man diese Zubereitungen Konservierungsmethoden.

Die einfachste derselben beruht auf der Entziehung des Wassers, soweit dies bei saftigen und zuckerreichen Früchten überhaupt möglich ist. Die durch die Trocknung erreichte Konzentration des Zuckersaftes ist die Grundlage der Konservierung (Trockenobst, Backobst). Es kann aber auch durch Zugabe von Zucker eine solche Konzentration erreicht werden, daß sie den Konservierungszwecken entspricht, wobei noch der Vorteil mit unterläuft, daß die Aromata der Früchte viel besser erhalten bleiben als beim Trocknen (bei dem sich brenzliche Körper entwickeln). Solche mit Zugabe von Zucker konservierte Früchte heißen eingemachte Früchte. In konzentrierten Zuckerlösungen können die eine Zersetzung (Gärung, Fäulnis) bewirkenden Fermente (Schimmelpilze, Gärungspilze, Spaltpilze) sich nicht entwickeln, da der wasserbegierige Zucker das Zellwasser (insbesondere in den Vakuolen) an sich reißt und die Pilzzellen verschrumpfen. Daraus ergibt sich, daß die erste Bedingung für die Erhaltung eingemachter Früchte in der Anwendung einer reichlichen Zuckermenge gelegen ist. Weiter ist nur der weit süßere Rohrzucker zu verwenden, denn der Traubenzucker (Glykose) enthält in der Regel noch Dextrine, die eine Gärung bewirken können; auch sollen nur bessere Rohrzuckersorten zur Verwendung kommen [2]. Sowohl zur Erteilung eines bestimmten Geschmackes als auch zur Erhöhung der antiseptischen Momente werden als weitere Zusätze Spirituosen wie Rum, Kognak, Arrak oder auch nur reiner Sprit, ferner Essig (Essigpflaumen) gebraucht, wobei an Zucker etwas gespart werden kann. Einer ganz besonderen Geschmacksrichtung entsprechen die Senffrüchte, in Mostsenf eingemachtes Obst, wie es insbesondere von Meran, Bozen vertrieben wird. So wie also durch die Zusätze verschiedene Sorten hergestellt werden können, so ist dies auch nach dem Modus der Zubereitung der Fall. Danach unterscheidet man: 1. Eingemachte Früchte mit Erhaltung der Form. a) in flüssiger Zuckerlösung; b) in kristallisiertem Zucker: kandierte Früchte. 2. Marmeladen oder Mus. 3. Fruchtgelees, Gelees, Fruchtgallerte. 4. Fruchtsäfte [1]. — Die erste Form wird besonders im Haushalte sowie in Konditoreien hergestellt. Die geschälten und mitunter auch entkernten Früchte werden mit Zucker und Wasser eingekocht. Viel empfehlenswerter, besonders wegen Erhaltung des Aromas, ist die Darstellung des „Dunstobstes": Die Früchte werden mit gesponnenem Zucker (Karamel) versetzt, in einen Glaszylinder gebracht, dieser mit Pergamentpapier verschlossen und in einen Topf mit kaltem Wasser gesetzt (Wasserbad). Letzteres wird langsam bis zur Siedehitze erwärmt, nach einer halben Stunde vom Sieden abgesetzt und langsam erkalten gelassen. — Anhaltend gekochte Früchte geben die Marmelade oder das Mus. Dasselbe wird nach dem ersten Einkochen durch ein Roßhaarsieb passiert und nochmals aufgekocht. — Will man die Fruchtmasse gelatinieren, um Gelees zu erzeugen, so ist energisches Kochen zu vermeiden, um die gallertbildenden Pektinkörper nicht zu zerstören; das Gelee muß 8—10 Tage offen an der Luft stehen bleiben, wobei ein Gärungsprozeß sich vollzieht. — Von den besprochenen Sorten bildet nur das Pflaumenmus („Powidl") einen Artikel ausgedehnten Handels, namentlich von Böhmen, Mähren und dem Banat (Syrmien) aus. — Fruchtsäfte, namentlich Kirschen- und Himbeersaft (-sirup), sind ebenfalls Artikel von größerer Bedeutung. Bei der Erzeugung derselben handelt es sich um Verhinderung jeder Gelatinierung [1]. Der ausgepreßte Fruchtsaft wird in flachen Gefäßen in kühlen Räumen einer (Selbst-)Gärung überlassen, welche die reichlich vorhandenen Pektinkörper zerstört, denn diese würden den Fruchtsaft gelatinieren. Nach Ablauf der Gärung wird mit Zucker eingekocht. — Verfälschungen mit Fruchtäthern, Glyzerin, sowie schädlicher Kupfer- und Bleigehalt sind nicht selten, s. darüber [2].

Literatur: [1] König, Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, Bd. 2, Berlin 1893, S. 814—818. — [2] Degener, Eingemachte Früchte, in Dammers Illustr. Lexikon der Verfälschungen, Leipzig 1886, S. 281—284. — Ferner die Werke über die Konservierung der Nahrungs- und Genußmittel von Heinzerling, Halle 1883, und Berich, Wien (ohne Jahreszahl). *T. F. Hanausek.*

Frühlingspunkt oder Frühlingsanfangspunkt heißt derjenige der beiden Durchschnittspunkte zwischen Ekliptik und Himmelsäquator (wenn man sich diese als größte Breite am Himmel gezogen denkt), in dem die Sonne bei ihrem Uebergang von der südlichen auf die nördliche Hälfte der Himmelskugel die Aequatorebene durchschneidet. Es beginnt dann der sogenannte astronomische Frühling. Der Gegenpunkt dazu heißt der Herbstanfangspunkt.

Der Frühlingspunkt wird auch häufig Widderpunkt genannt und durch das Zeichen ♈ ausgedrückt. Das kommt daher, weil im 4. Jahrhundert v. Chr. (aus dieser Zeit datieren diese Zeichen) die Sonne den Aequator an einer Stelle passierte, die in der Mitte des Sternbildes des Widders lag. Wegen der Wirkung der sogenannten Präzession (s. d.), die ein jährliches Fortschreiten dieses Punktes auf der Ekliptik von nahe 50″ bedingt, liegt der Frühlingspunkt heute im Sternbild der Fische. In etwa 26000 Jahren wird er die ganze Ekliptik durchlaufen. Die Art unsrer Zeitrechnung (Einfügen eines Schaltjahres) bewirkt, daß die Zeiten der Aequinoktialpunkte, wie man Frühlings- und Herbstpunkt wohl auch zusammen nennt, nicht immer auf denselben Jahrestag fallen, sondern zwischen 20. und 23. März bezw. 20. und 23. September schwanken (vgl. a. Kalender). *Ambronn.*

Frue-Vanner oder Schüttelherd, wird namentlich in der Aufbereitung der Golderze angewendet; er besteht in der Hauptsache aus einer Plane ohne Ende mit Längsbewegung (dem Trübestrom entgegengesetzt), die gleichzeitig eine Schüttelbewegung in der Querrichtung erhält (s. Herdarbeit). *Treptow.*

Fruktoſe, eine zu den Hexoſen gehörige Zuckerart $C_6H_{12}O_6$, die in den beiden optiſch aktiven und in der optiſch inaktiven oder racemiſchen Modifikation als *d*-, *l*- und als [*d* + *l*]-Fruktoſe auftritt.

Die *d*-Fruktoſe iſt der bekannte Fruchtzucker (Lävuloſe). Die *l*-Fruktoſe entſteht aus der racemiſchen Fruktoſe durch Hefegärung; die racemiſche Fruktoſe [*d* + *l*]-Fruktoſe, α-Akroſe, entſteht durch Kondenſation von Formaldehyd mit Kalkmilch. Näheres ſ. [1] und Kohlehydrate.

Literatur: [1] Fiſcher, Berichte d. Deutſchen chem. Geſ., 23, 371. *H. Herzfeld.*

Fuchs, ſ. Dampfkeſſeleinmauerung, Feuerungsanlagen und Schornſtein.

Fuchſin, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 630.

Fuchsſchwanz (Fuchsſchweif), Säge (ſ. d.) ohne Spannung des Sägeblattes.

Fuder, ehemaliges Flüſſigkeitsmaß.

In Württemberg = 6 Eimer Helleichmaß = 1736,56 l, in Baden = 10 Ohm = 1500 l, in der Rheinpfalz = 1000 l, in Preußen = 4 Oxhoft = 824,4 l, in Sachſen = 6 Ohm = 808,35 l, in Hamburg = 6 Ohm = 868,8 l, in Bremen = 6 Ohm = 869,8 l. — In Oeſterreich bezeichnet Fuder das in Form von Kegeln oder Pyramiden in den Salinen feſtgeſchlagene Sudſalz. — An der Moſel wird noch jetzt faſt allgemein der Wein nach Fudern zu rund 1000 l gehandelt. *Plato.*

Fügebank (Fugbank), etwa 900 mm langer Schlichthobel nebenſtehender Form für Zimmerleute zum Abrichten (Fügen) der Kanten langer Bretter, die zu größeren Flächen, z. B. Fußböden, zuſammengeſetzt werden ſollen.

Die Fügebank iſt an den beiden Rändern ihrer Sohle mit niedrigen und ſchmalen, in der ganzen Länge hinlaufenden vorſtehenden Leiſten verſehen. Die Leiſten gleiten auf den geradegerichteten Kanten von Brettern (Stoßladen), die zur Führung zu beiden Seiten des Arbeitsſtückes eingeſpannt ſind. Dadurch wird das Seitwärtsſchwanken des Werkzeuges ſowie ſein Abgleiten von der ſchmalen Arbeitsfläche verhindert. Die Fügebank wird in der Regel von zwei Männern geführt, von denen der eine an einem Griff zieht, während der andre von hinten nachſchiebt (zweimännige Fügebank). *Dalchow.*

Fügebock (Fugbock, Fügeladebock), tragbares Geſtell, an das auf ihrer Schmalfläche zu behobelnde Bretter mittels Keilen oder Schrauben befeſtigt werden.

Der Bock beſteht aus zwei etwa 800 mm hohen Ständern *a*, die unten durch den Kreuzfuß *b* und etwa in halber Höhe durch das Querſtück *c* verbunden ſind. Durch die Schraube *d* wird das zu fügende oder abzuhobelnde Brett meiſt zugleich mit Richtbretter (Stoßlatten) mit der hohen Kante nach oben ſo eingeſpannt, daß der zu bearbeitende Rand herausſteht. Statt der Schrauben können auch Keile zum Einſpannen benutzt werden. *Dalchow.*

Fügelade (Fuglade), Geſtell aus zwei durch ein Brett verbundenen Klemmvorrichtungen (Fügeböcke, Fügeladeböcke) zum Einſpannen langer, an der Kante abzuhobelnder Bretter. *Dalchow.*

Fügemeſſer, Werkzeug des Glaſers, das, an beiden Seiten mit Haken verſehen, dazu dient, die Ränder des Glaſes von überſtehenden Teilen zu ſäubern.

Fügen, genaues Abhobeln (Abrichten) der Langkanten von Brettern (Dielen), um zwei zuſammengelegte Bretter mittels Leims oder auch ohne deſſen Verwendung dicht zuſammenzupaſſen.

Häufig verbindet man mit dem Fügen das Nuten und Spunden von Brettern, indem an den Fugenflächen Nuten oder Federn geſchnitten und durch Ineinanderpaſſen beider die Bretter verbunden werden. Das Fügen wird entweder a) mit der Fügemaſchine oder b) mit dem Fügehobel auf der Hobelbank oder unter Benutzung eines Geſtelles, des Fügebocks (ſ. d.), ausgeführt. *Dalchow.*

Fügenhobel, langer Glatthobel, mit dem die Fugen der Bodenſtücke zu den Faſſern abgehobelt werden.

Füglade (Fügbank), niedriges, langes Holzgeſtell auf breiten Füßen, mit Wangen zum Einſpannen bezw. Verkeilen der zu fügenden Bretter.

Fühlhebel, Vorrichtung zur Beſtimmung ſehr kleiner Längenveränderungen oder -differenzen, namentlich zur Vergleichung zweier Maßſtäbe, z. B. eines Normalmaßes mit ſeiner Kopie. Durch den Apparat läßt ſich eine Genauigkeit bis $^1/_{1000}$ mm erreichen.

Im Prinzip beſteht derſelbe aus einer ſicher gelagerten Drehachſe, an der ſich ein kurzer und ein 50—100 mal längerer Hebelarm befinden. Letzterer bewegt ſich an einer feinen Kreisteilung. Der kurze Arm wird durch eine Feder gegen den zu unterſuchenden Gegenſtand gedrückt, während man mit einer Lupe die Stellung des langen Armes gegen die Teilung

beobachtet. An Stelle des langen Hebelarmes hat man auch eine empfindliche Libelle (Niveaufühlhebel von Rapſold, benutzt von Beſſel zur Beſtimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels und der Einheit des preußiſchen Längenmaßes) an der Achſe befeſtigt, oder auch ein Fernrohr, durch das man einen fernſtehenden Maßſtab beobachtet. Verbindet man mehrere Fühlhebel ſo miteinander, daß der längere Arm des einen auf den kürzeren des folgenden wirkt, ſo entſteht der zuſammengeſetzte Fühlhebel. Seine Empfindlichkeit iſt gleich dem Produkt aus den Empfindlichkeiten der einzelnen Hebel. Ueber die Feinmeſſung im Maſchinenweſen und ihre Hilfsmittel ſ. [1].

Literatur: Dove, Maß und Meſſen, 2. Aufl., Berlin 1835; Karmarſch-Fiſcher, Handbuch der mechaniſchen Technologie, 6. Aufl., Leipzig 1887, S. 19. — [1] Dinglers Polytechn. Journal 1879, Bd. 233, S. 278; 1885, Bd. 255, S. 226; 1894, Bd. 292, S. 79; Zeitſchr. des Ver. deutſcher Ingen. 1903, S. 1076. *E. Müller-Dresden.*

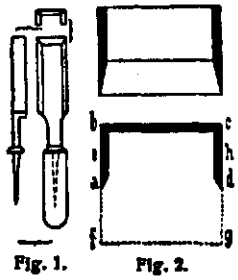


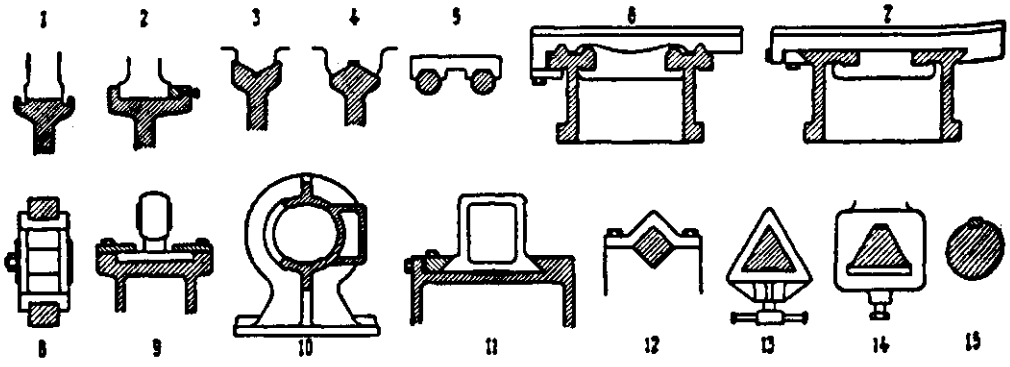
Fig. 1. Fig. 2.

Führeiſen (Viereifen), Holzmeißel mit ⊏-förmigen, von innen heraus zugeſchärften Schneiden (Fig. 1); wird von den Wagnern zum Einſchlagen des Umriſſes länglich viereckiger Vertiefungen für Radſpeichen in der Nabe gebraucht. Soll ein viereckiges Loch *b c g f* hergeſtellt werden (Fig. 2), ſo wird durch zweimaliges Einſchlagen des Führeiſens in den Stellungen *a b c d* und *e f g h* das Loch zunächſt vorgezeichnet; ſodann wird der an ſeinen Seitenflächen abgetrennte Holzwürfel mit dem gewöhnlichen Meißel ausgeſtemmt. Länge des Werkzeuges 12—40 mm. *Dolchow.*

Führerhaus, -ſtand, ſ. Lokomotive.

Führungen, ſ. Führungsſchienen für geradlinige Verſchiebungen; Geradführung als Gleit- und Lenkerführung, ſ. Parallelführung.

Führungsſchienen für Gleitblöcke bilden Geradführungen (ſ. d.) von mäßiger Länge für einſeitige oder beliebige oder auch wechſelnde Kraftrichtung.



Man unterſcheidet „offene Führungen“ (Fig. 1—5) und „geſchloſſene Führungen“ (Fig. 7—15), je mit ebenem, keiligem oder rundem Querſchnitt. Die Form 1 eignet ſich für Hobeltiſche, deren zweiter Fuß nach 2 geführt wird. Die Führung 3, für denſelben Zweck, hält das Oel beſſer als 4, während Späne und Staub in beiden Fällen durch die Vorderkante des Gleitſchuhes oder durch angeſetzte Filzleiſten abgeſtreift werden. Führung 5 iſt für Feinmeßmaſchinen brauchbar, weil ſie ſich genau herſtellen läßt, jedoch nur bei geringer Beanſpruchung erhalten bleibt. Die amerikaniſche Supportführung 6 an Drehbänken [1] verhütet das Ecken in wagerechter Ebene beſſer als die gegen Abnutzung in ſenkrechter Richtung widerſtandsfähigere, breite deutſche Form 7. Als Kreuzkopfführungen zeigen 8 die zweigleiſige, 9 die eingleiſige und 10 die Rundführung. Die Schwalbenſchwanzführung 11 gehört zu einer Feilmaſchine. Die Prismenführung 12 kommt an leichten Sägegattern, Fallwerken u. a. vor, 13 und 14 an Drehſtühlen und kleinen Drehbänken. Auch die einfache Rundſtange 15 führt eine Hülſe, wenn ſie mit Feder und Nut verbunden ſind, prismatiſch. — In jedem Falle iſt die elaſtiſche Ausbiegung der Führungsſchienen durch geeignete Form und Stützung möglichſt zu beſchränken.

Literatur: [1] Zeitſchr. für Werkzeugmaſchinen 1904/05, S. 271 und 297. — [2] Weisbach-Herrmann, Mechanik, 3. Teil, 1. Abt. *Lindner.*

Füllanſatz (Füllanſatzärmel), ſ. Ballon.

Füllband, Türbeſchläge, das hinter der Oeſe auf Blech aufgeſetzt iſt.

Füllen, diejenige in der Papierfabrikation mit dem ſogenannten Ganzzeug (ſ. d.) vorgenommene Arbeit, durch die dieſe Papierfaſermaſſe mit ſehr fein gepulverten weißen Materialien, wie z. B. Kaolin, Gips, Schwerſpat u. ſ. w. vermiſcht wird, teils um die Poren des Papiers auszufüllen und demſelben dadurch eine höhere Glanzfähigkeit oder eine weiße Farbe zu geben oder dasſelbe zu beſchweren; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Füllholz, 1. bei Dübelgebälken die Halbhölzer zwiſchen den Hauptbalken;

2. bei Einſchubdecken und Friesböden die Unterlage oder Unterfütterung der Frieſe; 3. bei der Ständerwand horizontale Dielen, die, in die Nuten der Ständer mit Spunten eingreifend, die Wandflächen bilden. *Weinbrenner.*

Füllmauer, Füllwerk, Gußmauer, ausgefülltes Mauerwerk (Emplekton), beſteht aus kleinen Füllſteinen, ſogenanntem Steinſchlag, Geſchieben, Kies, auch Ziegelbrocken, die einen mechaniſchen Verband unter ſich nicht finden, vielmehr durch gut und raſch bindenden Mörtel (ſ. d.) zu einer feſten Maſſe zuſammengebacken werden.

Die Herſtellung erfolgt im Boden zwiſchen Bretterwänden, bei freiſtehenden Umfaſſungsmauern zwiſchen einer Art Formkaſten (ſ. Stampfbau). Das Mauerwerk der römiſchen Kaiſerzeit beſtand aus ſolcher Füllmaſſe zwiſchen Stirnſeiten von Quadern, von Backſteinen (meiſt Opus reticulatum) oder Bruchſteinen. In beſtimmten Höhenabſtänden waren zur Verſtärkung durchgehende Binder oder ganze Binderſchichten zur Anwendung gebracht worden. Die hohe Bindekraft der Mörtel aus den vulkaniſchen Geſteinen der Umgebung Roms und Neapels führte zu dieſer Bauweiſe mit Ausdehnung auf den Gewölbe- und Kuppelbau (Pantheon in Rom). — Die Entwicklung der Zementinduſtrie unſrer Zeit brachte in Nachahmung obiger Bauweiſe eine ſachgemäße Anwendung durch das Zementmauerwerk. *Weinbrenner.*

Füllmittel, ſ. Füllen, Appretmittel.

Füllort, im Bergbau, der erweiterte Raum am Schachte, von dem aus in jeder Sohle die Strecken ins Feld getrieben ſind und auf dem die Abfertigung der Schachtförderung (ſ. d. und auch Schacht) ſtattfindet. *Treptow.*

Füllpfähle, ſ. v. w. Sandpfähle (vgl. Baugrund, Bd. 1, S. 581).

Füllpfoſten, Zwiſchenpfoſten einer Riegel- oder Fachwand.

Füllquader, Läufer in der Quaderverkleidung einer Bruch- oder Backſteinmauer.

Füllrumpf, ſ. Beſtandſtürzen.

Füllſparren (Leerſparren), im Gegenſatz zum Bundſparren (ſ. d.) gebrauchte Bezeichnung.

Füllſtoffe, die in der Papierfabrikation, der Gewebeappretur u. ſ. w. zum Füllen verwendeten pulverförmigen, meiſt weißen Stoffe, wie Gips, Stärke, Schwerſpat u. ſ. w.; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Füllſtücke oder Füllhölzer werden im Holzſchiffbau gebraucht, um die Zwiſchenräume zwiſchen den Bodenwrangen auszufüllen.

Füllung, im Bauweſen der von einem Rahmenwerk umzogene innere Teil einer Fläche, namentlich bei Tiſchlerarbeiten und Wanddekorationen, aus Mörtel oder Gips hergeſtellt.

Türen, hölzerne Wandbekleidungen und Möbel u. ſ. w. werden durch kräftig gehaltene Rahmenſtücke in mehrere Teile geteilt, die ein inneres Feld, die Füllung, einſchließen; ähnlich können auch Decken, ſenkrechte Wandflächen und Fußböden durch konſtruktive einrahmende Formen in verſchiedene Teile zerlegt werden, die eine Füllung umziehen.

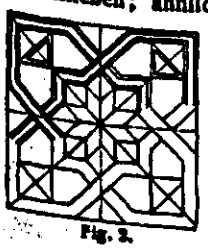


Fig. 2.

Derartige Füllungen bilden in der Baukunſt ein hochwichtiges dekoratives Motiv und können in ſehr verſchiedenen Materialien ausgeführt werden. Nach der Form der einrahmenden Teile können die Füllungen ebenfalls ſehr mannigfaltige Geſtalten erhalten; am häufigſten kommt vor: das Quadrat, das Rechteck, das regelmäßige Vieleck, der Kreis, die Ellipſe, der Halbkreis, das Dreieck und der ſogenannte Zwickel. Der Schmuck der Füllungen iſt ſehr verſchieden; mit beſonderer Vorliebe werden Blätter und Blüten mit Rankenwerk in Verbindung gebracht und angewendet. Zuweilen werden dieſe ornamentalen Formen noch belebt durch tieriſche oder menſchliche Gebilde oder ſelbſt durch Werke der Kunſt, ſo namentlich Vaſen, Dreifüße und ähnliche Formen (Fig. 1). In manchen Fällen wird aber auch ein rein geometriſches Linienornament verwendet, das mit einer Nachahmung von Naturgebilden nichts zu tun hat (Fig. 2). Hierher zählt auch das Maßwerk des gotiſchen Bauſtils. Nach Art der Anordnung der dekorativen Elemente unterſcheiden wir Füllungen, bei denen das Ornament ein Oben und ein Unten hat, ſolche, bei denen die einzelnen Elemente aufrecht ſtehen und durch eine Achſe in zwei ſymmetriſche Teile zerlegt erſcheinen (Fig. 1), dann aber auch ſolche Füllungen, bei denen ſich das Ornament von der Mitte des Feldes aus entwickelt, demnach eine zentrale Anordnung aufweiſt (Fig. 2).

Fig. 1.

Literatur: Meyer, F. S., Handbuch der Ornamentik, Leipzig 1888; Semper, G., Der Stil, Frankfurt 1860. *Weinbrenner.*

Füllung, Füllungsglieder, ſ. Fachwerk (Fachwerkträger).

Füllung, Füllungsgrad, ſ. Dampfmaſchinen, Bd. 2, S. 598.

Fümmel, s. Fimmel.

Fünfblatt, gotiſches Maßwerk, aus einem Fünfeck konſtruiert und von analoger Bildung wie die des Dreiblattes (ſ. d.). Dasſelbe gilt von Fünfpaß, Fünfſchneuß und Fünfnaſe. *Weinbrenner.*

Fünfeck (Pentagon, Pentangulum), eine von fünf Geraden eingeſchloſſene Figur. Die Summe aller Winkel iſt $= 6R$, die Zahl der Diagonalen $= 10$. Beim regulären Fünfeck beträgt jeder Winkel 108°. Ueber die Konſtruktion ſ. Polygon.

Fünfkamm, tuchartiges grobes Wollenzeug mit leinener Kette, gewalkt, gewaſchen, nicht geſchoren, aber gepreßt; ſ. Weberei.

Fünfleiterſyſtem, ſ. Beleuchtung, elektriſche, Bd. 1, S. 672.

Füttern, einen Gegenſtand auf ſeiner Rück- oder Innenſeite mit einer Unterlage verſehen.

Fuge, jeder Zwiſchenraum zwiſchen zwei zu verbindenden Bauteilen aus Stein, Holz oder Metall u. ſ. w.

Bei Mauern aus Werkſtücken kann dieſer Zwiſchenraum ohne Ausfüllung bleiben. Die Fugen der griechiſchen Quadermauern und Säulenſtämme waren durch ein Zuſammenſchleifen ſo dicht, daß ſie dem Auge kaum ſichtbar waren. Die heutige Weite beträgt 2—5 mm. Die Ausfüllung erfolgt durch Ausgießen mit feinſandigem Mörtel. Bei Bruch- und Backſteinmauern ſind die Fugen durch Mörtel ausgefüllt, und zwar entweder ganz = volle Fugen oder aber nur teilweiſe, d. h. von der Oberfläche zurücktretend = offene Fugen, welches Verfahren für einen ſpäteren Auftrag von Verputz oder zum ſauberen Ausfugen (ſ. d.) dienlicher iſt. Die wagerechten Fugen im Mauerwerk heißen Lagerfugen, die lotrechten Stoßfugen, bei den Bogen im Backſteinmauerwerk entſtehen Keilfugen. Bei dem Plattenbelag unterſcheidet man ſtumpfe, d. h. rechtwinklige, und ſcharfe Fugen, bei denen die Steine ſchiefwinklig geſchnitten oder geſchliffen ſind, z. B. bei Marmorböden, um die Fugen möglichſt fein oder dicht zu geſtalten. Vgl. a. Bruchfugen. *Weinbrenner.*

Fugeiſen (Fugenkelle), ſ. Ausfugen.

Fugenbau. Dieſer Name wird in neuerer Zeit dem Backſteinbau ohne Putz, auch Backſteinrohbau genannt, beigelegt. *L. v. Willmann.*

Fugendicht, an den Fugen möglichſt undurchläſſig für Licht, Luft, Waſſer u. ſ. w.

Fugendicke bei Mauerwerk richtet ſich im weſentlichen nach der mehr oder weniger gleichmäßigen Beſchaffenheit der Mauerſteine bezw. dem Genauigkeitsgrade ihrer Bearbeitung und der verwendeten Mörtelmaterialien.

Dicke Lagerfugen veranlaſſen ein ſtarkes Setzen der Mauer, wenn der Mörtel nicht raſch abbindet. Den neuen deutſchen Normalſteinen entſprechend werden bei Backſteinbauten die Stoßfugen gewöhnlich 1 cm und die Lagerfugen 1,2 cm ſtark gemacht (ſ. Backſteinverband). Mit der Stärke der Lagerfugen kann jedoch bei unregelmäßigen Steinen bis zu 1,5 cm hinauf-, bei den gleichmäßig gebrannten Verblendſteinen bis auf 6—8 mm herabgegangen werden. Bei Bruchſteinmauerwerk ſollte man ebenfalls nicht über 1,5 cm für die Fugendicke hinausgehen, während beim Quadermauerwerk die Dicke der Fugen von der Bearbeitung der Steinflächen abhängt und bei Verwendung von Mörtel zwiſchen 5 und 12 mm ſchwanken darf. Die Stoßfugen werden hier ſo eng wie möglich hergeſtellt.

Literatur: S. unter Backſteinverband und Quaderverband. *L. v. Willmann.*

Fugenkelle, zum Auskratzen der Fugen benutztes gebogenes Eiſen mit Griff, auch zum Ausfugen (ſ. d.) verwendet. *L. v. Willmann.*

Fugenleiſte, ſchmale Deckleiſte zur Ueberdeckung der Längsfugen einer Bretterſchalung (ſ. d.).

Fugenſchnitt, Anordnung der Fugen an der Vorderſeite einer Mauer, eines Bogens oder an der Innenſeite eines Gewölbes.

Die Griechen, die ein Vollgemäuer (isodom) bei ihren Tempelbauten anwendeten, verleugneten die Fuge, indem ſie zwei Quader ſo lange aufeinander ſchliffen, bis faſt keine Fuge mehr zu ſehen war. Die Römer, die ihre Prachtbauten mit Platten von koſtbaren Steinarten zu verkleiden pflegten, verleugneten zwar die Fugen nicht, pflegten ſie aber auch nicht zu betonen. Ein Gleiches läßt ſich von der Behandlung der Fuge im Mittelalter ſagen. Die Renaiſſanceperiode hingegen verſtand es, durch ſtarkes Betonen des Fugenſchnittes ein Kunſtmotiv zu bilden, aus dem ſich das wirkungsvolle Boſſenwerk (ſ. d.) herausbildete.

Fuhrwerk, ſ. Straßenfuhrwerke und Widerſtand der Straßenfuhrwerke.

Fuhrwerksgleiſe, ſ. Gleiſe für Straßenfuhrwerke.

Fukoidenſandſtein, Fukoidenſchiefer, ſ. Flyſch.

Fulgurator, ſ. Spektralanalyſe.

Fulgurite, die durch Blitzſchlag erzeugten Geſteinsabänderungen.

Sie beſtehen in der Regel in einer Schmelzung und Verglaſung der vom Blitz getroffenen Geſteine, und zwar muß die Entwicklung der Temperatur bei der elektriſchen Entladung einen ſehr hohen Grad erreichen, da ſelbſt Quarz geſchmolzen wird. Die Fulgurite haben gewöhnlich eine Röhrenform (Blitzröhren) von verſchieden geſtaltetem Querſchnitt und wechſelnden Maßen; Längen von mehreren Metern und Durchmeſſer bis zu 0,15 m wurden beobachtet. *Leppla.*

Fulmikoton, ſ. Sprengſtoffe.

Fulminate, ſ. Initialzündungen.

Fumarolen, die Ausſtrömungen von heißem Waſſerdampf, die in der Nähe von Vulkanen auftreten und ſich auch beim Erſtarren von Lava durch Empordringen des eingeſchloſſenen Waſſerdampfes bilden. Die regelmäßig und ununterbrochen wirkenden Fumarolen werden mitunter zu Heilzwecken benutzt (Ischia). *Leppla.*

Fundament, der unterſte Teil eines Bauwerkes, der den von letzterem ausgeübten Druck unmittelbar auf den darunterliegenden natürlichen Erdboden (den ſogenannten Baugrund) zu übertragen hat.

Ein richtig konſtruiertes Fundament hat folgende Bedingungen zu erfüllen: 1. Lage, Form und Größe der Fundamentbaſis müſſen den herrſchenden Druckverhältniſſen entſprechen; 2. das Fundament muß gegen Einſinken, d. h. gegen Bewegung im lotrechten Sinne und 3. auch gegen ſeitliches Verſchieben oder Abgleiten, d. h. gegen Bewegung im wagerechten Sinne, geſichert ſein; 4. es muß ſo angeordnet und ausgeführt ſein, daß ſein Beſtand durch äußere Einflüſſe nicht gefährdet werden kann; insbeſondere darf das Fundament vom Waſſer nicht in nachteiliger Weiſe beeinflußt werden.

Bezüglich der Lage, Form und Größe der Fundamentbaſis ſ. d. Das Einſinken oder Setzen des Fundamentes kann hauptſächlich durch Zuſammenpreſſen des Baugrundes oder durch ſeitliches Ausweichen desſelben entſtehen. Ein merkliches Zuſammenpreſſen des Baugrundes wird nur ausbleiben, wenn er aus vollſtändig widerſtandsfähigem Felſen beſteht; iſt eine Kompreſſion des Baugrundes unvermeidlich, ſo trachte man dahin, daß das Setzen des Fundaments gleichmäßig ſei; ungleichmäßiges Einſinken des Fundaments bringt in letzterem leicht Trennungen hervor. Seitliches Ausweichen des Baugrundes kommt in größerem Maße nur bei ganz weichem Boden vor. — Um das Abgleiten des Fundaments zu verhüten, gebe man der Fundamentbaſis (ſ. d.) die richtige Lage oder vermehre (durch vortretende Schwellen, Pfähle, durch in den Baugrund eingreifende Fundamentzähne u. ſ. w.) die Reibung des Fundaments auf dem Baugrund, oder man treppe die Fundamentbaſis in geeigneter Weiſe ab. Der Einfluß des Waſſers macht ſich in mehrfacher Weiſe geltend: a) Die natürliche Bodenfeuchtigkeit wird im Winter dadurch ſchädlich, daß der Froſt den Baugrund auflockert; deshalb ſoll man die Fundamentbaſis in froſtfreie Tiefe (in unſern Klimaten nicht unter 1 m, beſſer 1,25 m) legen. b) Das Grundwaſſer ſteigt im Fundamentmauerwerk, unter Umſtänden auch im aufgehenden Mauerwerk, empor und veranlaßt den feuchten Zuſtand der Mauern und der von dieſen umſchloſſenen Räume; dem kann durch geeignete Dichtungs- und Entwäſſerungsanlagen, insbeſondere durch die ſogenannten Iſolierſchichten (ſ. d.) begegnet werden. c) Quellen und ſonſtige Waſſeradern, die den Baugrund durchſetzen, führen das Erweichen desſelben mit ſich und befördern wohl auch das Abgleiten der Fundamente; deshalb gehe man mit der Fundamentbaſis unter die waſſerführende Schicht oder man entwäſſere den Baugrund, oder wenn Quellen vorhanden ſind, faſſe man dieſe oberhalb des Fundaments. d) Offenes, insbeſondere das fließende und das wellenſchlagende Waſſer, kann ein Unterwaſchen des Fundaments herbeiführen; dies verhüte man durch entſprechend tiefe Gründung, durch Umſchließung mit einer Spundwand und durch Steinſchüttungen.

Ueber die Tiefe der Fundierung ſ. Gründungstiefe; über die verſchiedenen Fundierungsverfahren und die Wahl derſelben ſ. Gründungsmethoden.

Literatur: S. Grundbau. *Schmitt-Darmſtadt.*

Fundament, bei Druckmaſchinen die beweglich oder feſtſtehend angeordnete Formenplatte.

Fundamentabſätze, Verbreiterungen der Fundamentmauern, werden angewendet, um den vom Bauwerk ausgeübten Normaldruck auf die Flächeneinheit der Fundamentbaſis (ſ. d.) zu reduzieren.

Die Fundamentverbreiterung wird meiſtens abſatzförmig durchgeführt, wodurch die Fundamentabſätze, Grundbänke oder Bankette entſtehen (Fig. 1). Wenn die beabſichtigte Druckverteilung tatſächlich ſtattfinden ſoll, dürfen die Fundamentabſätze nicht zu breit ſein (Fig. 2). Bei Sandfundamenten kann man mit dem Verhältnis $l : h$ (Fig. 1) bis zu 1 : 1 gehen; bei Betongründung mache man es 3 : 4, bei gemauerten Fundamenten 1 : 2. Breitere Fundamentabſätze führen nicht nur eine unnütze Koſtenvermehrung mit ſich, ſie können auch für den Beſtand des Fundaments nachteilig wirken. Um den Baugrund tunlichſt gleichmäßig zu belaſten, um alſo möglichſt gleichmäßiges Setzen des Fundaments (ſ. d.) zu erzielen, werden die Fundamentabſätze unter Umſtänden unſymmetriſch angeordnet (Fig. 3). *Schmitt-Darmſtadt.*

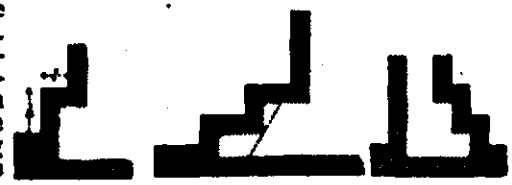


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fundamentalgneis, derjenige Gneis, der das älteſte und tiefſte Glied der auf der Erde beobachteten Geſteinsbildungen darſtellt und daher als Erſtarrungskruſte der Erde angeſehen wird (vgl. Gneis). *Leppla.*

Fundamentalriß, die dem preußiſchen Markſcheider von den Oberbergämtern vorgeſchriebene Originalzeichnung aller Meſſungen, ohne Farbengebung, Maßſtab 1 : 1000 und Grundlage für alle andern Riſſe (ſ. Grubenriſſe).

Fundamentalſterne, auch wohl Haupt- oder Anhaltſterne, nennt man eine Anzahl von Sternen, deren Oerter mit Rückſicht auf ein beſtimmtes Koordinatenſyſtem ſehr ſicher beſtimmt ſind und die ihrerſeits wieder dazu dienen, ſchwächere Sterne an ihre Poſitionen anzuſchließen. Die Oerter der Fundamentalſterne ſind in den Ephemeridenſammlungen (Jahrbüchern) der hauptſächlichſten Sternwarten ſowohl für den Jahresanfang (ſogenannte mittlere Oerter) als auch von 10 zu 10 Tagen oder gar von Tag zu Tag gegeben.

Dieſe Sterne werden regelmäßig auf einigen größeren Sternwarten beobachtet, um ihre Poſitionen immer genauer kennen zu lernen. Einige dieſer Sterne werden auch regelmäßig in der Nähe der Aequinoktien in Verbindung mit der Sonne beobachtet, um ihre abſoluten Oerter zu erhalten. Ein großer Teil dieſer Sterne iſt auch ſchon von dem engliſchen Aſtronomen Bradley beobachtet worden (um das Jahr 1750 herum), und dieſe Beſtimmungen haben im Vergleich mit den neueren zu den ſchärfſten Beſtimmungen mehrerer aſtronomiſchen Konſtanten gedient.

Literatur: Es ſind dazu zu vergleichen die Aſtronomiſchen Jahrbücher; die fundamentalen Arbeiten von Beſſel (Abhandl., neu herausgegeben von R. Engelmann) und in neuerer Zeit diejenigen von A. Anwers (Neubearbeitung der Bradleyſchen Beobachtungen und andre einſchlägige Unterſuchungen). *Ambronn.*

Fundamentanker, ſ. Ankerplatten.

Fundamentbaſis, auch Fundamentſohle oder Gründungsbaſis genannt, d. i. die Fläche, mit der das Fundament auf dem Baugrund aufruht. Ihre Lage, Form und Größe muß derart ſein, daß ſie den herrſchenden Druckverhältniſſen entſpricht.

Im beſonderen hat ſie folgende Konſtruktionsregeln zu erfüllen: 1. Die Fundamentbaſis ſoll winkelrecht zur Richtung des daſelbſt herrſchenden Druckes liegen. Hat ſie eine andre Lage, ſo entſteht eine Komponente, die das Abgleiten des Fundaments herbeizuführen trachtet. Von dieſer theoretiſchen Lage der Fundamentbaſis kann man in der Praxis in Rückſicht auf die Reibung, die zwiſchen Fundamentſohle und Baugrund vorhanden iſt, etwas abweichen; indes ſollte man nicht über einen Winkel von 15, höchſtens 18° gehen. 2. Die Fundamentbaſis ſoll ſo geſtaltet ſein, daß der daſelbſt herrſchende Druck durch ihren Schwerpunkt geht; alsdann verteilt ſich dieſer Druck gleichmäßig über die ganze Baſis. Je widerſtandsfähiger der Baugrund iſt, deſto mehr darf man von dieſer Regel abweichen, keinenfalls aber ſo weit, daß in der Baſis Zugſpannungen entſtehen; bei rechteckig geformter Baſis darf deshalb die Druckrichtung das mittlere Drittel niemals verlaſſen. 3. Die Fundamentbaſis ſoll ſo groß ſein, daß die in irgend einem Punkte derſelben vorkommende größte Normalpreſſung die zuläſſige Druckbeanſpruchung des Baugrundes nicht überſchreitet. Bei ganz widerſtandsfähigem Felſen kann man dieſe Normalpreſſung ebenſo groß als die zuläſſige Preſſung im Fundamentmauerwerk (7—10 kg für 1 qcm) annehmen; ſonſt ſetzt man bei Felſen den größten zuläſſigen Normaldruck im Mittel zu 5—6 kg für 1 qcm an. Ferner ſind bei Gründungen auf kompaktem Lehm- und Tonboden, grobem und feſtgelagertem Kies 3,5—4,5 kg, bei Gründungen auf kleinkörnigem Kies und feſtem Sand 3—4 kg für 1 qcm Nutzfläche zu rechnen. *Schmitt-Darmſtadt.*

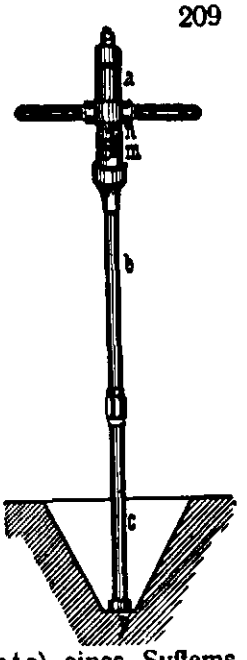
Fundamentgraben, ſ. Baugrube.

Fundamentierung, ſ. Gründung.

Fundamentmauerwerk. Bei der Herſtellung gemauerter Fundamente verwende man in den unterſten Schichten möglichſt große, lagerhafte und harte Steine. Insbeſondere ſind für die unterſte Mauerſchicht Steine von tunlichſter Regelmäßigkeit und nicht zu kleinen Abmeſſungen zu wählen; bei ſtärkerem Drucke ſind am beſten rauhe Quader, jedenfalls aber lagerhafte, gut zugehauene Bruchſteine zu verwenden. Hieraus geht hervor, daß ſich Backſteine für Fundamentmauerwerk nur wenig eignen. Sind ſie nicht zu umgehen, ſo wähle man nur ſolche von beſter Qualität, namentlich ſcharfgebrannte Klinker; der Stromverband iſt für die Ausführung zu empfehlen. — Für Fundamentmauerwerk von geringerer Dicke und Tiefe, das im Trockenen herzuſtellen iſt, genügt gewöhnlicher Luftmörtel; bei Gründungen im Waſſer iſt hydrauliſcher, am beſten raſch erhärtender Zementmörtel anzuwenden. Allein auch dickes und tiefes Fundamentmauerwerk, das nicht im Waſſer auszuführen iſt, erfordert die Benutzung von hydrauliſchem Mörtel, weil der Luftmörtel im Innern nicht genügend hart wird. Bei der Ausführung des Fundamentmauerwerkes wird die Sohle der Baugrube zunächſt möglichſt abgeglichen und geebnet; alsdann wird auf der Bauſohle ein Mörtelbett ausgebreitet und in dieſes die unterſte Steinſchicht verlegt. Beſteht die Bauſohle aus Felſen, ſo wird dieſer zuvor aufgerauht. *Schmitt-Darmſtadt.*

Fundamentprüfer, Vorrichtungen, die es ermöglichen ſollen, die Tragfähigkeit des Baugrundes zu unterſuchen.

Am bekannteſten iſt der Fundamentprüfer von Mayer. Er beſteht aus drei zuſammenſetzbaren Hauptteilen: aus dem Preßſtempel *p*, aus einem Federdynamometer *a* und aus einer



Stange *bc*, die *p* und *a* verbindet. Mit Hilfe des Federdynamometers wird gegen den zu unterſuchenden Baugrund der Druck ausgeübt, und das Ableſen des letzteren findet an der Skala *m* mittels des verſchiebbaren, bloß durch Reibung feſtgehaltenen Indexſchlittens *n*, der in jeder Lage ſtehen bleibt, ſtatt. Die Vorrichtung iſt nur in friſch ausgeſchachteten Baugruben anzuwenden. Da der Preßſtempel eine verhältnismäßig kleine Aufſtandfläche beſitzt, ſo iſt unter Umſtänden das ſeitliche Ausweichen des Baugrundes und dadurch die Beeinträchtigung der Meſſungsergebniſſe zu befürchten.

Literatur: Deutſche Bauzeitung 1897, S. 291; Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 427, 439, 452; Oeſterr. Monatsſchr. f. d. öffentl. Baudienſt 1897, S. 126; Baugewerks-Ztg. 1897, S. 583; Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1900, S. 673. *Schmitt-Darmſtadt.*

Fundation, ſ. Gründung.

Fundgrube, vgl. Bergrecht.

Fundierung, ſ. Gründung.

Funkelfeuer, beſondere Abart der Blinkfeuer (ſ. d.).

Funkenfänger, ſ. Lokomotive, Schornſtein.

Funkengeber, -ſpektrum, ſ. Spektralanalyſe.

Funkeninduktor, ſ. Induktion.

Funkentelegraphie, ſ. Telegraphie (ohne Draht).

Funkentelephonie, ſ. Telephonie (ohne Draht).

Funkenzündung, ſ. Bohr- und Sprengarbeit.

Funktionaldeterminante (Jacobiſche Determinante) eines Syſtems von n Funktionen (Formen) $y_1\, y_2 \ldots y_n$ in n Veränderlichen $x_1\, x_2 \ldots x_n$ iſt die Determinante der erſten partiellen Differentialquotienten:

$$J = \begin{vmatrix} \frac{\partial y_1}{\partial x_1} & \frac{\partial y_1}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial y_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial y_2}{\partial x_1} & \frac{\partial y_2}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial y_2}{\partial x_n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial y_n}{\partial x_1} & \frac{\partial y_n}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial y_n}{\partial x_n} \end{vmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 y_2 \ldots y_n \\ x_1 x_2 \ldots x_n \end{pmatrix}.$$

Die Funktionaldeterminante ändert ihr Zeichen, wenn man zwei der y oder zwei der x vertauſcht. Sind ferner $z_1\, z_2 \ldots z_n$ Funktionen der y und alſo auch der x, ſo gilt der Produktſatz: $\begin{pmatrix} y_1 \ldots y_n \\ x_1 \ldots x_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1 \ldots z_n \\ y_1 \ldots y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_1 \ldots z_n \\ x_1 \ldots x_n \end{pmatrix}$. Beſitzen $y_1 = 0$, $y_2 = 0 \ldots y_n = 0$ ein gemeinſames Wertеſyſtem $x_1\, x_2 \ldots x_n$, ſo befriedigt dieſes auch $J = 0$, und es iſt

$$\frac{\partial J}{\partial x_1} \cdot \frac{\partial J}{\partial x_2} : \ldots : \frac{\partial J}{\partial x_n} = \frac{\partial y_1}{\partial x_1} : \frac{\partial y_1}{\partial x_2} : \ldots : \frac{\partial y_1}{\partial x_n} = \ldots = \frac{\partial y_n}{\partial x_1} : \frac{\partial y_n}{\partial x_2} : \ldots : \frac{\partial y_n}{\partial x_n}.$$

Sind aber die Ordnungen ſämtlicher y in den x gleich, ſo iſt für das gemeinſame Wertеſyſtem $x_1 \ldots x_n$: $\frac{\partial J}{\partial x_1} = \frac{\partial J}{\partial x_2} = \ldots = \frac{\partial J}{\partial x_n}$; das Wertеſyſtem befriedigt alſo $J = 0$ doppelt zählend. Beſteht zwiſchen den y eine Relation, ſo verſchwindet die Funktionaldeterminante identiſch.

Zu den Funktionaldeterminanten gehört die Reſultante von n linearen Formen. Als ungerade Ueberſchiebung iſt die Funktionaldeterminante eine Invariante und ſogar eine Kombinante (ſ. Invariantentheorie). Das Quadrat einer Funktionaldeterminante, ebenſo das Produkt zweier ſolchen, endlich eine Funktionaldeterminante aus einer Funktionaldeterminante und einer Form kann durch andre Bildungen rational ausgedrückt werden.

Die Funktionaldeterminante von drei ternären reſp. vier quaternären Formen liefert, gleich Null geſetzt, die Gleichung der Jacobiſchen Kurve reſp. Fläche.

Literatur: [1] Baltzer, Theorie u. Anwendung der Determinanten, 5. Aufl., Leipzig 1881, § 12. — [2] Gordan, Vorleſungen über Invariantentheorie, herausg. von Kerſchenſteiner, Leipzig 1885, Bd. 1, § 9. — [3] Hagen, Synopſis d. höheren Mathematik, Berlin 1891, Bd. 1, S. 189 ff. — [4] Jacobi, C. G. J., Ueber die Funktionaldeterminanten, deutſch von Staeckel, Leipzig 1896. *Wiſſing.*

Funktionalgleichungen. Wenn einer Gleichung zwiſchen mehreren Werten $x_1\, x_2\, x_3 \ldots$ des Arguments eine andre Gleichung zwiſchen den zugehörigen Funktionswerten $y_1\, y_2\, y_3 \ldots$ entſpricht, ſo können dieſe „Funktionalgleichungen“ zur Definition der Funktion dienen.

Dieſelben laſſen ſich oft in Differentialgleichungen umwandeln. Beiſpiel: $x_1 x_2 = x_3$; $y_1 + y_2 = y_3$ ſind die Funktionalgleichungen des Logarithmus.

Literatur: [1] Schlömilch, Uebungsbuch zum Studium der höheren Analyſis, 2. Teil, 3. Aufl., Leipzig 1882. — [2] Grévy, A., Etude sur les équations fonctionnelles, Paris 1894. — [3] Koenigs, Nouvelles recherches sur les équations fonctionnelles, Toulouse 1895. *Wiſſing.*

Funktionen. Eine veränderliche Größe w heißt eine Funktion einer andern veränderlichen Größe z, wenn zu jedem Werte von z ein oder mehrere Werte von w gehören; z heißt das Argument der Funktion w.

Dabei braucht die zwiſchen w und z beſtehende Abhängigkeit nicht durch einen mathematiſchen Ausdruck gegeben zu ſein. Iſt dieſe Abhängigkeit überhaupt nicht näher beſtimmt, ſo iſt w eine willkürliche (arbiträre) Funktion von z. Die Funktion w heißt explizit, wenn eine nach w aufgelöſte Gleichung $w = f(z)$ gegeben iſt; andernfalls iſt w eine implizite Funktion. Uebrigens kann w auch von mehreren Größen $z_1\ z_2 \ldots$ abhängen (Funktionen mehrerer Veränderlichen). Eine Funktion einer reellen Veränderlichen wird durch eine Kurve abgebildet, die in einer Ebene auf ein Koordinatenſyſtem mit z- und w-Achſe bezogen iſt.

Bei komplexen Funktionen kommt hauptſächlich der Fall in Betracht, daß $w = u + iv$ nicht Funktion von x und y, ſondern von der komplexen Veränderlichen $z = x + iy$ iſt (ſogenannte monogene Funktionen). Dann beſtehen die Cauchyſchen Gleichungen: $i\frac{\partial w}{\partial x} = \frac{\partial w}{\partial y}$; $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$; $\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = 0$; $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$; $\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0$. Eine ſolche Funktion hat einen Differentialquotienten $\frac{dw}{dz}$, der vom Verhältnis $\frac{dy}{dx}$ in $dz = dx + i\,dy$ unabhängig iſt. Man bildet dieſelbe ab auf der Gaußſchen Ebene, indem man jedem Punkt (x, y) derſelben den Funktionswert zuordnet, der dem Wert $z = x + iy$ entſpricht. Oder man bezieht zwei ſolcher Ebenen derart aufeinander, daß dem Punkt (x, y) der einen der Punkt (u, v) der andern entſpricht. Hierdurch wird die eine Ebene konform auf die andre abgebildet.

Eine Funktion heißt ſtetig in einem Punkte $z = a$, wenn nach Annahme einer noch ſo kleinen Größe ε die Größe δ ſo beſtimmt werden kann, daß für eine Aenderung der Veränderlichen um eine Größe $h < \delta$ die Aenderung der Funktion $f(a + h) - f(a)$ kleiner als ε bleibt. Der Zuwachs der Funktion kann alſo immer unter eine gewiſſe Grenze herabgebracht werden, wenn der Zuwachs des Arguments hinreichend klein angenommen wird. Unſtetigkeitspunkte ſind ſolche, in denen die Funktion einen Sprung macht, insbeſondere ſolche, in denen ſie unendlich groß wird. Ein Unſtetigkeitspunkt a von $w = f(z)$ heißt polar oder nichtpolar, je nachdem ſich eine endliche Zahl m finden läßt oder nicht, für die $w_1 = (z - a)^m f(z)$ in a ſtetig iſt. In den nichtpolaren Unſtetigkeitspunkten nimmt die Funktion jeden beliebigen Wert an, z. B. e^z für $z = \infty$. Die polaren Unſtetigkeitspunkte heißen algebraiſch oder logarithmiſch, je nachdem ſich eine poſitive Zahl m finden läßt derart, daß $(z - a)^m f(z)$ für $z = a$ endlich iſt oder nicht. Die nichtpolaren und die logarithmiſchen Unſtetigkeitspunkte heißen weſentlich, die algebraiſchen außerweſentlich. Eine Funktion heißt unſtetig, wenn ſie in einem endlichen Intervall unendlich viele Unſtetigkeitspunkte beſitzt.

Eine Funktion heißt ganz, wenn ſie für keinen endlichen Wert der Veränderlichen unendlich groß wird. Die Funktion $f(z)$ heißt rational ganz, wenn ſie für $z = \infty$ einen außerweſentlichen Unſtetigkeitspunkt hat, z. B. $z^2 - 1$; ſie heißt tranſzendent (oder vom Charakter einer ganzen Funktion), wenn ſie für $z = \infty$ einen weſentlichen Unſtetigkeitspunkt hat, z. B. e^z.

Eine Funktion iſt algebraiſch, wenn zwiſchen w und z eine algebraiſche Gleichung beſteht, andernfalls iſt ſie tranſzendent. Bei den algebraiſchen Funktionen gehört zu jedem Wert des Arguments nur eine endliche Anzahl von Funktionswerten; auch können bei ihnen nur außerweſentliche Unſtetigkeitspunkte vorkommen.

Eine Funktion heißt eindeutig, wenn zu einem Wert von z im allgemeinen nur ein Wert von w gehört; eine eindeutige Funktion heißt einwertig, wenn ſie nur algebraiſche Unſtetigkeitspunkte beſitzt. Einwertig ſind die rationalen Funktionen, und zwar die rational ganzen von der Form: $w = A_0 z^n + A_1 z^{n-1} + \ldots A_n$ und die rational gebrochenen von der Form:

$$w = \frac{A_0 z^n + A_1 z^{n-1} + \ldots + A_n}{B_0 z^m + B_1 z^{m-1} + \ldots + B_m}.$$

Eine Funktion iſt mehrdeutig, wenn zu jedem Wert von z mehrere ſolche von w gehören. Eine n-deutige Funktion wird auf n aufeinander liegenden Gaußſchen Ebenen abgebildet, indem zu jedem der n Funktionswerte ein Blatt gehört. In den Verzweigungspunkten fallen zwei oder mehrere Funktionswerte zuſammen; dieſelben ſind durch Verzweigungsſchnitte verbunden, längs welcher die Blätter nicht ſo, wie ſie aufeinander liegen, ineinander übergehen. Hierdurch wird dem Umſtand Rechnung getragen, daß man beim Umlauf um einen Verzweigungspunkt oft nicht zu demſelben Funktionswert zurückkehrt und man daher in ein andres Blatt gelangt ſein muß. Die in dieſer Weiſe verbundenen Gaußſchen Ebenen werden zuſammen als Riemannſche Fläche bezeichnet.

Eine Funktion heißt monodrom, wenn man, von einem Punkt ausgehend, auf jedem Weg zu demſelben Funktionswert gelangt. Eine monodrome, ſtetige Funktion heißt ſynektiſch, eine mehrdeutige, algebraiſche irrational.

Wird ein beſtimmtes Integral einer Funktion komplexer Veränderlichen zwiſchen gewiſſen Grenzen genommen, ſo iſt der Wert desſelben unter Umſtänden vom Integrationsweg abhängig. Ein Integral längs einer geſchloſſenen Kurve iſt nur dann Null, wenn die Funktion unter dem Integralzeichen innerhalb der Kurve ſynektiſch iſt; ein Integral um einen Unſtetigkeitspunkt a kann dagegen einen von Null verſchiedenen Wert haben, nämlich den Wert $2\pi i \lim (z - a) f(z)_{z=a}$, wenn dieſe Zahl endlich iſt. Man erhält den Integralwert auch, indem man die Funktion unter dem Integralzeichen nach Potenzen von $z - a$ entwickelt und den (Reſiduum genannten) Koeffizienten A_{-1} des Gliedes $(A_{-1}) : (z - a)$ mit $2\pi i$ multipliziert. Punkte a, für die A_{-1} nicht Null iſt, heißen kritiſche. Hierdurch kann ein beſtimmtes Integral je nach dem Integrationsweg verſchiedene Werte erlangen, indem durch Umkreiſen eines Unſtetigkeitspunktes der Integralwert um eine Konſtante (Periodizitätsmodul) vermehrt wird. Hierdurch werden Integralfunktionen wie der Logarithmus, die cyklometriſchen und elliptiſchen Integrale unendlich vieldeutig; dieſelben werden in eindeutige verwandelt durch Zerſchneidung der Riemannſchen Fläche vermittelſt gewiſſer Linien

(Querſchnitte). Dieſe Querſchnitte werden, nachdem alle kritiſchen Punkte durch unendlich kleine Kreiſe ausgeſchnitten worden ſind, von einer Randlinie der Riemannſchen Fläche zu einer andern derart gezogen, daß durch ſie alle geſchloſſenen Linien auf der Fläche, die für ſich allein nicht die vollſtändige Begrenzung eines Flächenteils bilden, zur Unmöglichkeit werden.

Man kann eine Funktion auch durch eine Potenzreihe definieren, welche nach ſteigenden und fallenden Potenzen von $z-a$ fortſchreitet. Dieſelbe konvergiert in einem ringförmigen Gebiet, das den Punkt a zum Mittelpunkt hat. Iſt a ein Punkt innerhalb dieſes Gebiets, ſo kann man aus der urſprünglichen Reihe, indem man $z-a=(z-a_1)-(a-a_1)$ ſetzt, eine neue, nach Potenzen von $z-a_1$ fortſchreitende Reihe herſtellen. Wenn dieſe in Punkten außerhalb des urſprünglichen ringförmigen Gebietes konvergiert, ſo iſt damit der Definitionsbereich der Funktion erweitert und kann durch Wiederholung dieſer „Reihenfortſetzung" über die ganze Ebene ausgedehnt werden.

Jede Funktion $w=f(z)$ kann umgekehrt werden, indem man $z=\varphi(w)$ als Funktion von w betrachtet. Eine algebraiſche Funktion liefert bei der Umkehrung wieder eine ſolche, eine unendlich vieldeutige Integralfunktion hingegen eine periodiſche Funktion, d. h. eine ſolche, die ſich nicht ändert, wenn die Veränderliche um eine gewiſſe Konſtante (Periode) vergrößert wird: aus $w=f(z)=w+r\omega$ folgt $z=\varphi(w+r\omega)$. Die einfach-periodiſchen Funktionen (z. B. die Exponentialfunktion, die goniometriſchen Funktionen) nehmen alle ihre Werte innerhalb eines Periodenſtreifens (Teil der Ebene zwiſchen zwei Parallelen), die doppelt-periodiſchen (z. B. die elliptiſchen Funktionen) in einem Periodenparallelogramm an. — Symmetriſche Funktionen ſ. Symmetriſch. *Wölffing.*

Alternierende Funktion heißt jede Funktion mehrerer veränderlichen Größen, welche ihren abſoluten Wert behält, aber ihre Vorzeichen ändert, wenn man irgend zwei der Veränderlichen miteinander vertauſcht. Beiſpiele:

$$x-y,\quad xy^2-x^2y,\quad \log n\frac{x}{y},\quad (x-y)(x-z)(y-z).$$

Literatur: S. Funktionentheorie. *Mehmke.*

Funktionentheorie, die Lehre von den Funktionen. Insbeſondere verſteht man darunter diejenige mehr theoretiſche Betrachtungsweiſe, bei der die Funktionen durch Bedingungen, denen ſie genügen müſſen (z. B. Funktionalgleichungen, Unſtetigkeitsbedingungen, unendliche Vieldeutigkeit und Periodizität) definiert und alsdann erſt ihre Exiſtenz bewieſen und ihre Eigenſchaften entwickelt werden. Im Gegenſatz hierzu werden in der Analyſis und in andern Zweigen der Mathematik die Funktionen mehr von praktiſchen Geſichtspunkten betrachtet und auf die numeriſchen Werte derſelben der Hauptnachdruck gelegt.

Die Funktionentheorie hat es teils nur mit reellen Funktionen zu tun, teils mit Funktionen komplexer Veränderlichen. Bei der Betrachtung der letzteren unterſcheidet man zwei Richtungen: die Cauchy-Riemannſche, die im Art. Funktionen hauptſächlich auseinandergeſetzt iſt, und die Weierſtraßſche, bei der die Funktionen durch Potenzreihen, ſogenannte Funktionselemente, definiert werden. Durch Fortſetzung dieſer Reihen überſieht man den Geſamtverlauf der Funktionen; insbeſondere wird auf die Entwicklung der Funktionen in unendliche Produkte vermittelſt ihrer Null- und Unendlichkeitsſtellen Wert gelegt.

Literatur: Von den angeführten Werken behandelt [1] in ſehr abſtrakter Weiſe die reellen Funktionen, letztere auch [11] und [17], die übrigen die Funktionen komplexer Veränderlichen. Zum Studium der letzteren iſt am meiſten [2] zu empfehlen, in dem beide Richtungen zur Geltung kommen und das auch viele Uebungsbeiſpiele enthält. [3] iſt ein gutes Lehrbuch für die Riemannſche Richtung; dieſelbe findet ſich auch in [4] und in ſehr breiter Darſtellung in [5]. Die Weierſtraßſche Richtung vertritt [6], iſt aber ziemlich ſchwer verſtändlich; ferner [7]. In [8] werden die Grundlagen und Grundbegriffe der Theorie vom philoſophiſchen Standpunkt aus unterſucht. — [1] Dini, U., Grundlagen für eine Theorie der Funktionen einer veränderlichen reellen Größe, deutſch von Lüroth u. Schepp, Leipzig 1892. — [2] Forſyth, Treatise on the theory of functions of a complex variable, 2. Aufl., Cambridge 1900. — [3] Durège, Elemente der Theorie der Funktionen einer komplexen veränderlichen Größe, 4. Aufl., Leipzig 1893. — [4] Königsberger, Vorleſungen über die Theorie der elliptiſchen Funktionen I und II, Leipzig 1874, 1.–10. Vorleſung. — [5] Neumann, Vorleſungen über Riemanns Theorie der Abelſchen Integrale, 2. Aufl., Leipzig 1884. — [6] Biermann, O., Theorie der analytiſchen Funktionen, Leipzig 1887. — [7] Thomae, Abriß einer Theorie der analytiſchen Funktionen und der Thetafunktionen einer komplexen Veränderlichen, 3. Aufl., Halle 1890. — [8] Dubois-Reymond, Die allgemeine Funktionentheorie I, Tübingen 1882. — [9] Burkhardt, H., Einführung in die Theorie der analytiſchen Funktionen einer komplexen Veränderlichen I—II, Leipzig 1897—99. — [10] Peterſen, Vorleſungen über Funktionentheorie, Kopenhagen 1898. — [11] Grelle, Elemente der Theorie der von reellen Veränderlichen abhängigen Funktionen, 2. Aufl., Leipzig 1885. — [12] Borel, Leçons sur la théorie des fonctions I—II, Paris 1898—1900. — [13] Fouet, Leçons élémentaires de la théorie des fonctions analytiques I, Paris 1902. — [14] Tannery, J., Introduction à la théorie des fonctions d'unè variable, Paris 1886. — [15] Stolz u. Gmeiner, Einleitung in die Funktionentheorie, 2. Aufl., Leipzig 1904—05. — [16] Vivanti, Theorie der eindeutigen analytiſchen Funktionen, deutſch von Gutzmer, Leipzig 1905. — [17] Borel, Leçons sur les fonctions de variables réelles et les développements en séries de polynomes, Paris 1905. — [18] Borel, Leçons sur les fonctions entières, Paris 1900. *Wölffing.*

Furchenzieher, landwirtſchaftliches Gerät, um die Pflanzſtätten für die Ausſaat zu kennzeichnen.

Furniere (Furnüre), die dünnen Holzblätter, derer man ſich zum Bekleiden (Furnieren) von unebenen Hölzern, beſonders von Möbeln, ſowie zur Herſtellung der ſogenannten eingelegten Arbeiten bedient.

Geſchälte Furniere benutzt man zu Holztapeten, Stuhlſitzen, Bankſitzen, Buchbinder- und Schuſterſpänen, Packſchachteln, Büchſen, Fäßchen, Fächern, Jalouſien, Kiſtenbrettchen, Packfäſſern für Mehl, Chemikalien u. dergl. Man wählt, da es ſich bei dem Furnieren in erſter Reihe um eine Verſchönerung handelt, zur Herſtellung der Furniere Hölzer, die ſich entweder durch ſchöne Färbung oder durch eine anſprechende Zeichnung oder Maſerung auszeichnen, wie Mahagoni, Jakaranda, Ebenholz, Nußbaum, Eſche, Ahorn u. ſ. w. Ein weiterer Vorteil des Furnierens liegt darin, daß die furnierten Holzarbeiten größere Widerſtandsfähigkeit gegen das Werfen bekommen. Weil die Grundkörper der Möbel u. ſ. w. aus gewöhnlichem leichten Holz angefertigt werden, ſo zeichnen ſich die furnierten Arbeiten den maſſiven gegenüber auch noch durch Leichtigkeit und Billigkeit aus. Die Furniere werden immer in ſehr geringer Stärke von 1 mm und weniger hergeſtellt, und zwar nicht nur aus Sparſamkeitsrückſichten, da die für die Herſtellung tauglichen Hölzer ſelten und daher teuer ſind, ſondern auch, weil das Bekleiden mit Furnieren, beſonders bei gekrümmten Gegenſtänden, um ſo leichter geſchehen kann, je dünner die verwendeten Blätter ſind. Man ſchneidet die Furniere aus Bohlen von 2—3 m Länge und der erhältlichen Breite, die zuweilen bis 0,75 m beträgt. Zur Herſtellung der Furniere dienen die Furnierſägen (ſ. d.) oder die Furnierſchneidmaſchinen (ſ. d.), Furnierhobel- und Spiralfurnier- oder Schälmaſchinen. Die Furnierſägen ſind ſehr genau gearbeitete wagerechte Sägegatter (ſ. Gatter), mit welchen man aus einer 26 mm dicken Bohle etwa 12 Blätter ſchneiden kann, wobei ungefähr die Hälfte des Holzes in Späne verwandelt wird; doch ſoll man mit neueren vervollkommneten Maſchinen aus der gleichen Stärke bis zu 25 Blätter und darüber ſchneiden können. Man hat auch große, mehrere Meter im Durchmeſſer haltende Kreisſägen, die aus einzelnen feinen Zahnſegmenten zuſammengeſetzt ſind, zum Furnierſchneiden benutzt, iſt davon aber meiſtens wieder zurückgekommen. Dagegen werden die dünnſten Furniere vielfach anſtatt durch Furnierſägemaſchinen durch Furnierſchneidmaſchinen hergeſtellt, womit jeder Verluſt durch Spanbildung vermieden wird und die Herſtellung von Blättern bis zu etwa 0,3 mm möglich iſt. So werden die papierdünnen Holzblättchen erzeugt, die vom Buchbinder zum Bekleben der Bücherdeckel und zuweilen vom Steindrucker zur Herſtellung von Viſitenkarten benutzt werden. Die Darſtellung geſchieht hierbei entweder mittels eines breiten hobelartigen Werkzeuges (Furnierhobelmaſchine), das über die wagerecht feſtliegende Bohle in ſicheren Führungen hinweggezogen wird und dabei die Furniere als dünne Späne abſpaltet, oder indem man das Holz, wie in einer Drehbank, zwiſchen zwei Spitzen gleichmäßig um ſeine Achſe dreht und mittels eines Meſſers von gleicher Länge wie das Holz durch einen ſpiralförmigen Schnitt in ein ſehr langes Blatt verwandelt (Spiralſchneid- oder Furnierſchälmaſchinen). Dieſes Verfahren, durch das man die zu Tapeten dienenden langen Holzblätter herſtellt und das man auch in neuerer Zeit vielfach zur Anfertigung der dünnen Zigarrenkiſtenbrettchen anwendet, erfordert jedoch ein vorheriges Erweichen der Holzfaſer durch mehrſtündiges Dämpfen oder Kochen und deshalb auch ein nachträgliches Trocknen. Die zuweilen angewendeten künſtlichen oder Steinfurniere werden aus verſchiedenen Maſſen (Maſſenfurniere), namentlich aus gebranntem Kalk, Leimwaſſer, Holzfaſern und verſchiedenen Farbſtoffen, zuſammengeſetzt und durch Preſſen hergeſtellt. Auch aus Perlmutter und Elfenbein werden Furniere geſchnitten.

Furnieren, Aufleimen der Furniere auf das mittels eines Zahnhobels gerauhte Blindholz (ſ. Nutzhölzer) unter ſorgfältiger Auswahl der Furniere und Rückſichtnahme darauf, daß die einander zugekehrten Schnittſeiten zweier im Holzſtamm nebeneinander gelegenen Furniere nahezu gleiche Zeichnungen haben und daher, nebeneinander gelegt, ſymmetriſch wirken.

Hierdurch laſſen ſich z. B. durch Zuſammenlegen von vier, ſechs u. ſ. w. Blättern auf Tiſchen u. ſ. w. vier, ſechs u. ſ. w. zueinander ſymmetriſche Felder bilden. Schneidet man die Furniere als gleichſchenklige Dreiecke aus, ſo geben ſie, mit der Baſis zuſammengelegt, Sterne, mit den Spitzen zuſammengelegt, Polygone (auf Spitze furniert). Oft wechſeln hierbei Furniere von dunkeln Hölzern (Nußbaum, Ebenholz) mit ſolchen von hellen Hölzern (Eſche, Ahorn) ab, auch in der Weiſe, daß mit der Laubſäge gemachte gleiche Ausſchnitte aus verſchiedenen Hölzern beim Furnieren miteinander vertauſcht werden. Dieſes Verfahren bildet den Uebergang zu den eingelegten Arbeiten und dem ſogenannten Holzmoſaik. Die Arbeit des Furnierens beſteht darin, daß man das Blindholz mit ſehr heißem, nicht zu dickflüſſigem Leim beſtreicht, mit dem zugeſchnittenen Furnier bedeckt und letzteres ſo anpreßt, daß keine Luftblaſen zurückbleiben. Zum Anpreſſen dienen Schraubzwingen und Preſſen mit Zulagen, d. h. Brettern oder Stäben von der Geſtalt der zu furnierenden Flächen, die auf die Furniere und unter die Schraubzwingen oder Preſſen gelegt werden. Nach D.R.P. Nr. 127 876 wird folgendermaßen beim Furnieren auf Blindholz verfahren: Das Furnierblatt ſowohl als auch das Blindholz werden mit ſchwachem Leim beſtrichen; iſt der Leim vollſtändig getrocknet, ſo werden die Teile zuſammengelegt. Sodann wird das Werkſtück ungefähr eine Minute in einen Dampfkaſten geſtellt und der Leim durch Dampf aufgeweicht. Dadurch erhalten die betreffenden Hölzer die Eigenſchaft, daß ſie, zuſammen durch die unter Federdruck ſtehenden Walzen eines Preßwerkes hindurchgeführt, ſich unzertrennbar feſt zuſammenpreſſen laſſen. Bei runden und geſchweiften Säulen gebraucht man zuweilen zum Anpreſſen ſehr ſtraff geſpannte Gurte, die um die Arbeitsſtücke gewickelt werden, indem man dieſe auf einem Geſtell (Furniermaſchine) dreht. Um die Furniere biegſam zu machen, werden ſie erwärmt. Auf ſchmalen Flächen erfolgt das Anpreſſen mit einem angewärmten Hammer (Furnierhammer), den man unter Druck über das Furnier

hin und her reibt. Um beim Umbiegen der Furniere um Kanten ein Abbrechen derſelben zu verhindern, werden die Furniere auf der Außenfläche mit Papier beklebt und an der Innenfläche längs der Biegkante mit einer ſogenannten Kippſäge mit einer dreieckigen Furche verſehen, die ſo wenig Holz ſtehen läßt, daß das Umlegen ohne Abſplittern ſtattfinden kann und keine ſichtbare Fuge zurückläßt. Ein Verfahren (D.R.P. Nr. 118522), um Rundſtäbe aus Holz oder dergl., beſonders ſolche von ſehr geringem Durchmeſſer, wie z. B. Billardſtäbe, zu furnieren, beſteht darin, daß ein oder mehrere Papier-, Gewebe- oder dergl. Bandſtreifen mit dem Rand an den Stab angeleimt werden. Auf dieſen Streifen wird dann das außen angefeuchtete und innen mit Klebſtoff verſehene Furnier gelegt und ſamt dem Bandſtreifen gleichzeitig in ſeiner ganzen Länge um den Rundſtab gewickelt. Der Furnierſtreifen hat eine ſolche Länge und Breite, daß er gerade für einmalige Umwicklung reicht. Iſt er zu ſchmal, ſo wird in den fehlenden Zwiſchenraum nachträglich ein beſonderes Furnierſtück als Ergänzung eingeſetzt. Der Papierſtreifen dagegen iſt bedeutend länger als das Furnier, ſo daß er mehrere Male um den Rundſtab gewickelt werden kann und dadurch ungemein feſt an den Stab angedrückt wird. Gleichzeitig nimmt der Papierſtreifen von dem überſchüſſigen, durch die Wicklung am Ende des Furniers herausgepreßten Klebſtoff auf und wird dadurch, ſelbſttätig das Furnier feſthaltend, an den Stab angeklebt. Nach vollſtändigem Trocknen des Klebſtoffes wird der über das Furnier vorſtehende Papierſtreifen entfernt und nötigenfalls das zur vollſtändigen Umwicklung des Stabes noch fehlende Furnierſtück nachträglich eingeleimt. *Dalchow.*

Furnierhobelmaſchine, zum Schneiden der Furnierblätter mit Hilfe eines breiten ſcharfen Hobeleiſens dienende Vorrichtung.

Die Maſchine iſt entweder ſo gebaut, daß der zu verarbeitende Holzblock unter dem Hobeleiſen fortgezogen wird, während dieſes nach jedem Schnitt um die Dicke eines Furniers geſenkt wird, oder das Hobeleiſen wird in wagerechter oder ſenkrechter Richtung über das feſtliegende Holz bewegt.

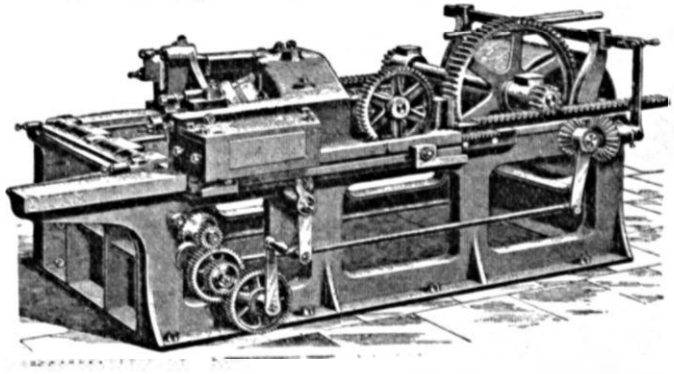


Fig. 1

Auf der Maſchine Fig. 1 von der Maſchinenfabrik Kappel in Kappel-Chemnitz können Furniere und Brettchen bis 1000 mm lang und 350 mm breit in einer Stärke bis etwa 3 mm aus Laubhölzern aller Art, beſonders aus Pappel-, Buchen- und Erlenholz, auch aus dichtgewachſenen Nadelhölzern geſchnitten werden. Die Hölzer müſſen gedämpft bezw. eingewäſſert werden, bevor man ſie auf dem Tiſch der Maſchine zwecks Hobelns mittels Spannbacken befeſtigt. Edle Hölzer werden auf Unterlagen geleimt, um ſie bis zum letzten Reſt aufſchneiden zu können. Der Tiſch hebt ſich nach jedem Schnitt ſelbſttätig um ein der zu ſchneidenden Dicke entſprechendes Maß. Die verſchiedenen Dicken werden durch Wechſelräder eingeſtellt. Der Meſſerſupport wird auf prismatiſchen Bahnen geführt und durch Zahnſtangen, Kurbeln und Rädervorgelege hin und her bewegt; er führt etwa 20 Schnitte in der Minute aus. Die ſeitliche ziehende Bewegung des Meſſers wird von der hin und her gehenden des Meſſerſupports abgeleitet.

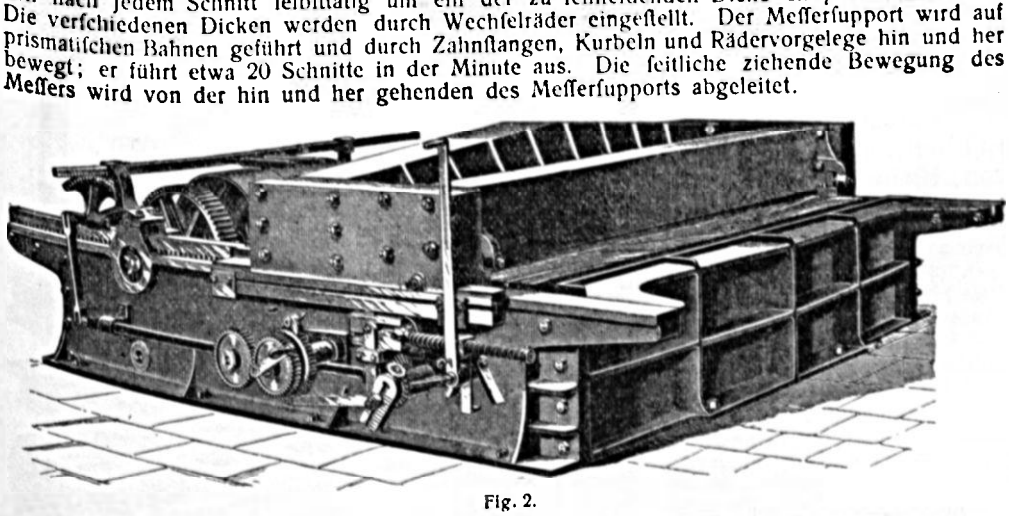
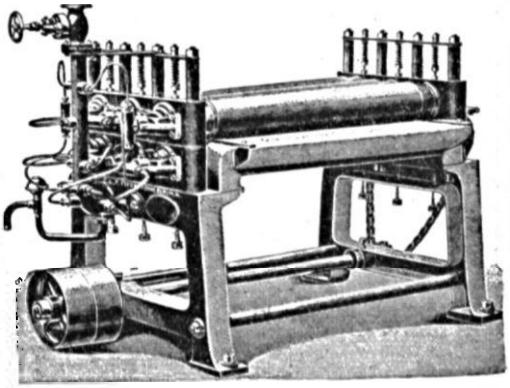


Fig. 2.

Die Furnierhobelmaſchine Fig. 2, ebenfalls aus der Maſchinenfabrik Kappel in Kappel-Chemnitz, ſchneidet Furniere von Papierdicke bis zu 4 mm. Die Holzblöcke müſſen, ehe ſie auf die Maſchine kommen, in hölzernen oder eiſernen Behältern oder in gemauerten Gruben geſpannten oder Abgangsdämpfen ausgeſetzt werden. Der Tiſch, auf dem der Holzblock in der Maſchine befeſtigt iſt, hebt ſich nach jedem Schnitt ſelbſttätig um die Furnierdicke; durch Stellung eines Handhebels kann die Tiſchſchaltung während des Ganges ein- und abgeſtellt

werden. Das Meſſer iſt an einem durch Prismen geführten Querſupport befeſtigt, der durch Zahnſtangen, Rädervorgelege, einen offenen und einen gekreuzten Riemen vor- und rückwärtsbewegt wird. Die Umſteuerung der Bewegung erfolgt ſelbſttätig, der Blockbreite entſprechend. Vor dem Meſſer liegt ein genau der Furnierdicke entſprechend eingeſtellter Druckbalken, der mit einer juſtierbaren Preßſchiene verſehen iſt. Um das Meſſer einbringen zu können, ohne die Maſchine in Betrieb ſetzen zu müſſen, kann ſowohl der Meſſerſupport wie auch der Tiſch mittels Handkurbel bewegt werden.

Literatur: Katalog der Maſchinenfabrik Kappel in Kappel-Chemnitz. *Dalchow.*



Furnierglättmaſchine.

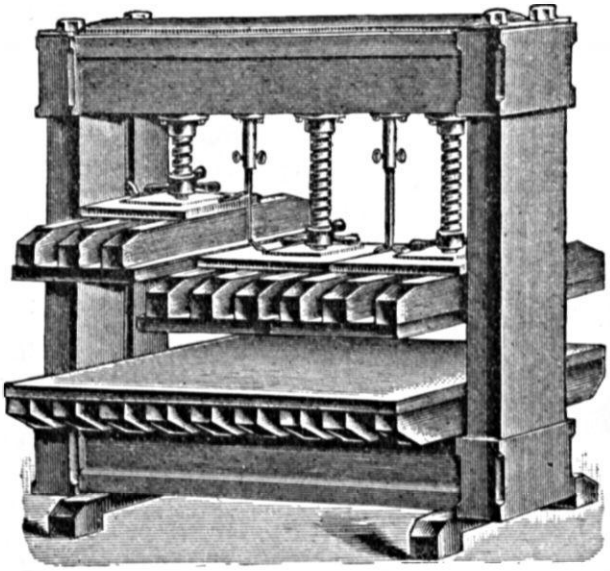


Fig. 1.

Furniermaſchinen, Maſchinen zum Furnieren von Hölzern, wie Schraubzwingen und Preſſen (ſ. Furnierpreſſen). Hierher gehören auch Furnierglätt-, Furniertrocken- u. dergl. Maſchinen.

Obenſtehende Figur zeigt eine Furnierglättmaſchine; ſie dient dazu, Brettchen mittels heißer Walzen einen hohen Glanz zu geben. Die Brettchen gehen zwiſchen drei Paar durch direkten Dampf geheizten Walzen (Zylindern), die ſämtlich durch Ketten angetrieben ſind, hindurch. Die mittlere untere und die hintere obere Walze machen in ihrer Achſe eine ſeitliche hin und her gehende Bewegung, ſo daß die Brettchen ſauber geglättet aus der Maſchine kommen. Die Glättmaſchine wird für Brettchen bis 1 m Breite ausgeführt und hat einen Kraftbedarf von etwa 1—1½ PS. bei 60 Umdrehungen pro Minute. *Dalchow.*

Furnierpreſſen dienen zum Verleimen und Furnieren von Brettern und Platten.

Fig. 1 zeigt eine ſolche Maſchine von F. Grünig, Offenbach a. M., mit drei Spindeln; auch ſolche mit vier und fünf baut dieſe Firma. Zu jeder Spindel gehört eine geſonderte obere Preßplatte, die unabhängig von den andern auf und nieder bewegt wird. Zur Führung der Preßplatten dienen teils die Ständer, teils verſtellbare Stangen. Zur Drehung jeder Spindel ſind die an ihrem unteren Ende ſitzenden Handgriffe beſtimmt. Die Abbildung zeigt eine in Holz und Eiſen ausgeführte Preſſe; es werden aber auch Preſſen ganz in Eiſen gebaut, ſo die in Fig. 2 dargeſtellte, bei der nur die Druckplatten aus Holz beſtehen. Sie leiſtet beim

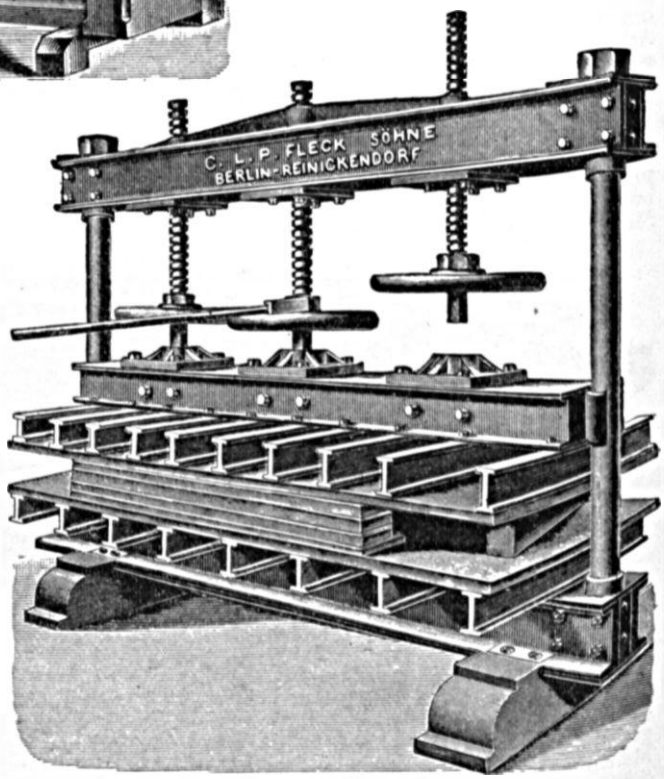


Fig. 2.

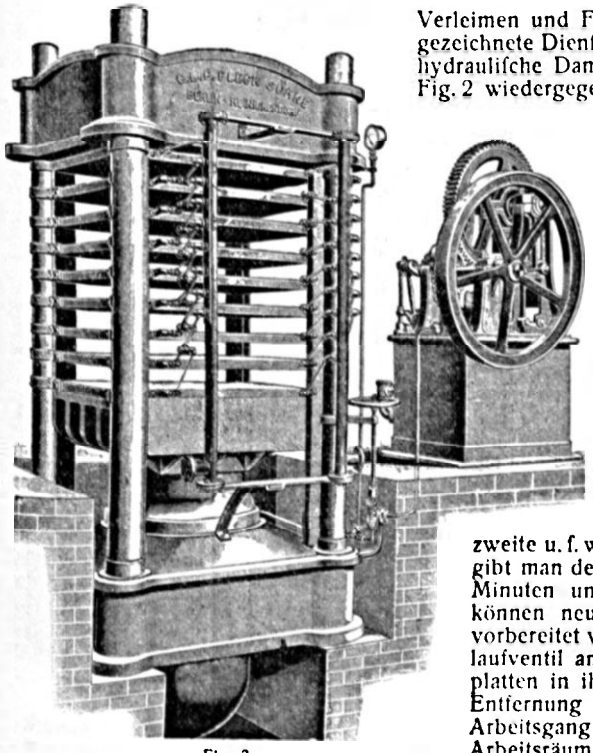


Fig. 3.

Verleimen und Furnieren von Brettern und Platten ausgezeichnete Dienſte und iſt ſehr einfach zu bedienen. Die hydrauliſche Dampfplattenfurnierpreſſe Fig. 3, wie die in Fig. 2 wiedergegebene ebenfalls von Fleck Söhne, Reinickendorf, wird beſonders zum kreuzweiſen Zuſammenkleben von Furnieren zu Platten benutzt, wie ſolche für Kiſten, Stuhlſitze u. ſ. w. vielfach gebraucht werden; auch können mittels derſelben Tiſchplatten furniert und ähnliche Arbeiten ausgeführt werden. Als Bindemittel wird eine beſondere Klebemaſſe verwendet, die billiger wie Tiſchlerleim iſt und außerdem den Vorteil beſitzt, daß ſie ihre Bindekraft in der Näſſe nicht verliert. Der Raum zwiſchen den einzelnen mit Dampf geheizten Preßplatten dient als Arbeitsraum. Bei der Beſchickung der Preſſe, die von unten anfängt, wird gleichzeitig die hydrauliſche Preßpumpe in Bewegung geſetzt. Zunächſt wird vom Preßkolben die unterſte Preßplatte angehoben, dann die zweite u. ſ. w., bis alle Räume beſchickt ſind. Hierauf gibt man den nötigen Druck und läßt die Preſſe einige Minuten unter Druck ſtehen. Während dieſer Zeit können neue Furniere zum Einlegen in die Preſſe vorbereitet werden. Nach dem Preſſen wird das Rücklaufventil an der Pumpe geöffnet, worauf die Preßplatten in ihre Anfangsſtellung zurückkehren. Nach Entfernung der fertigen Furnierplatten kann der Arbeitsgang von neuem beginnen. Die Höhe der Arbeitsräume zwiſchen den Preßplatten beträgt etwa 100 mm. Bei Furnierpreſſen, bei denen die zu furnierenden Holzplatten mittels einer gleichmäßig abwärtsbewegten heizbaren Preßplatte aufeinander gepreßt werden, macht ſich nicht ſelten der Uebelſtand bemerkbar, daß durch die an einzelnen Stellen in ſtärkerem Maße auftretende Anſammlung von Leim die Bildung von Blaſen unter dem Furniere bewirkt wird, welche die Haltbarkeit der Verbindung weſentlich beeinträchtigen. Dieſer Uebelſtand wird bei der in D.R.P. Nr. 107648 beſchriebenen Preſſe vermieden, indem die Preßplatte an ihrer Unterſeite mit einer abwärts federnden Druckplatte verſehen iſt, die beim Abwärtspreſſen zuerſt in ihrer Mitte mit den zu furnierenden Teilen in Berührung kommt und infolge ihrer hierauf erfolgenden elaſtiſchen Durchbiegung ein Zurſeiteſtreichen des Bindemittels (Leimes) bewirkt. In Patentſchrift D.R.P. Nr. 120194 iſt eine Preſſe beſchrieben mit federnden Preßplatten, aus denen ſenkrecht geführte Platten hervorragen, die ſich bei zunehmendem Druck allmählich in die erſteren federnden hineinlegen.

Literatur: Zeitſchr. für Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge 1898 99, S. 306; 1899 00, S. 206; 1900 01, S. 391; Katalog von Fleck Söhne, Berlin-Reinickendorf. *Dalchow.*

Furnierfägen (Furnierfägemaſchinen), Sägen mit liegendem Gatter zum Herſtellen von Furnieren. Das Sägeblatt iſt ſehr dünn, fein gezahnt und nicht geſchränkt, um den Verluſt durch Spanbildung möglichſt herabzuſetzen. Es ſchneidet von oben nach unten, indem es ſelbſt in ein und derſelben wagerechten (oder annähernd wagerechten) Linie hin und her geht, wobei der zu zerſägende Block, der an einem Schlitten befeſtigt iſt, mit dieſem allmählich in die Höhe gezogen wird.

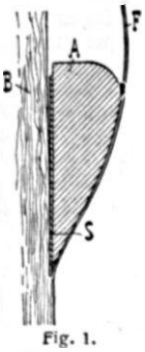


Fig. 1.

Fig. 1 iſt ein ſenkrechter Schnitt der zu zerlegenden Bohle *B*, des Sägeblattes *S*, des abgetrennten Furniers *F* und eines eiſernen Führungsſtabes *A*, der quer über das Werkſtück *B* reicht und links und rechts von dem Furnier mit der Platte, welche die Führungen des Gatters enthält, feſt verbunden iſt. Das Sägeblatt *S* ſtützt ſich in ſeiner ganzen Breite gegen *A*, nur ſeine Zähne über den unteren Rand des Stabes *A* hinwegragen laſſend. Um ein Ausweichen nach links (in bezug auf die Figur) zu verhindern, hat man *A* in wagerechter Richtung ſchwach gekrümmt und lenkt das Gatter ſo, daß das Sägeblatt die beiden Enden des Stabes *A* berührt. Die Furnierſäge ſchneidet faſt ſtets in beiden Bewegungsrichtungen; man verſieht ſie daher meiſtens mit einer Bogenführung in der Sägeblattfläche.

Die in Fig. 2 dargeſtellte Maſchine von Kölle & Pflüger, Eßlingen, eignet ſich ebenſogut zum Schneiden von dünnen Furnieren als zum Abtrennen von beliebig dicken Brettern. Das zur Verwendung kommende ſehr dünne Sägeblatt verurſacht nur geringen Schnittverluſt und gibt einen reinen und geraden Schnitt, weshalb die Maſchine meiſt zum Schneiden von wertvollen Hölzern Verwendung findet. Um ein Verlaufen des dünnen Sägeblattes zu verhindern, ſind ſeitlich am Blatt zwei ſtellbare Anlaufleiſten aus gehärtetem Stahl angebracht;

beim Schneiden dünner Furniere wird das Blatt außerdem durch eine meſſerähnliche Führung, der ganzen Länge des Schnittes folgend, in genauer Lage gehalten. Das zu ſchneidende Holz wird gegen einen ſenkrecht geführten Schlitten geſtellt und durch eine Anzahl handlicher Aufſpannvorrichtungen befeſtigt. Der Schlitten iſt durch Gegengewichte ausgeglichen, die dem Blattgewicht entſprechend erſchwert werden können. Beim Arbeiten der Säge wird der Schlitten mittels Reibungsgetriebe, Zahnradüberſetzung und Zahnſtange nach oben bewegt; dieſe Bewegung (Vorſchub) kann während des Betriebes vom Arbeiterſtand aus bequem verändert und geregelt werden. Die ſelbſttätige Abwärtsbewegung des Aufſpanntiſches erfolgt mit beſchleunigter Geſchwindigkeit, bei ausgerücktem Triebwerk mittels Handbremſe. Alsdann wird durch genaues, mit Maßteilung verſehenes Kurbelgetriebe der Aufſpannſchlitten der jeweiligen Furnier- oder Brettdicke entſprechend gegen die Säge bewegt und mittels Exzenterhebels augenblicklich feſtgeſpannt, worauf der Schnitt bei ſich aufwärtsbewegendem Tiſch von neuem beginnt. Mit der Maſchine können Furniere und Bretter von 0,5–60 mm Stärke abgetrennt werden. Die Maſchine beſitzt eine hohe Umdrehungsgeſchwindigkeit; ihre Leiſtung iſt eine ſehr große und es kann der Vorſchub bis zu 1 m/min betragen.

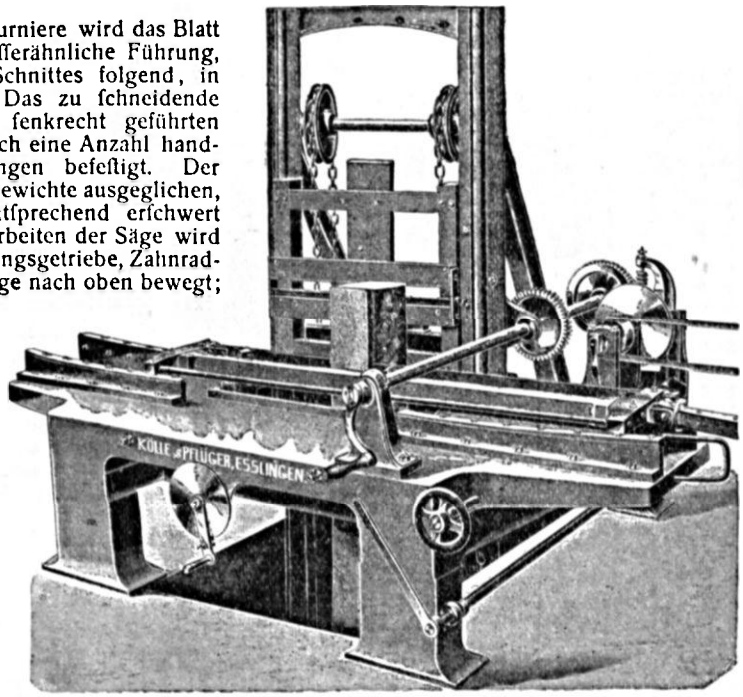


Fig. 2.

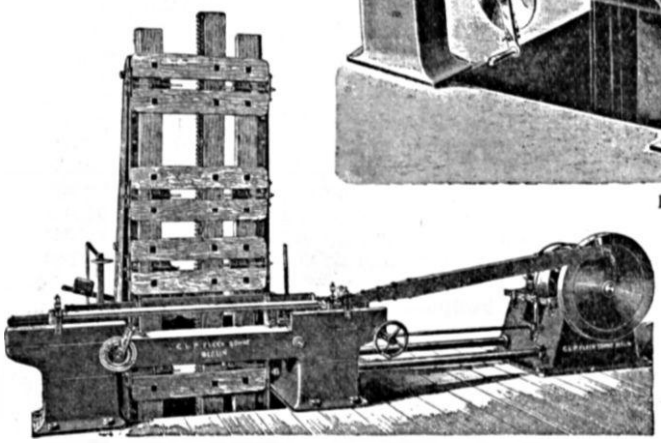


Fig. 3.

Fig. 3 zeigt eine Furnierſäge von **Fleck Söhne**, Berlin-Reinickendorf. Sie dient ſowohl zum Sägen edler Hölzer zu Furnieren wie auch zum Zerlegen von Bohlen in dünne Bretter bei geringſtem Schnittverluſte. Der leichte, ganz aus Stahl und Eiſen gebaute, leicht auswechſelbare Sägerahmen läuft in Führungen mit ſelbſttätigen Schmiervorrichtungen. Wegen der geringen Stärke der Säge iſt ein Führungsmeſſer vorgeſehen, das beim Furnierſägen zur Anwendung gelangt, während bei ſtärkeren Abmeſſungen ſogenannte Gittermeſſer zur Führung der Säge dienen Das zu ſägende Holz wird entweder auf dem in ſenkrechter Richtung gehenden Schlitten mit Spannklauen unmittelbar feſtgehalten oder beſſer erſt auf beſondere Rahmen geleimt. Die genaue Einſtellung der Furnierſtärke wird durch eine Teilſcheibe bewirkt. Der Vorſchub iſt veränderlich und kann auch ſofort abgeſtellt werden. Beim Herunterlaſſen des Schlittens tritt nach Auslöſung des Vorſchubrades eine Differentialbremſe in Tätigkeit, durch die man den Schlitten in jeder Höhenlage leicht feſthalten kann. Das Ausbalancieren des Schlittens ſamt dem aufgeſpannten Holze geſchieht durch Gegengewichte, die bei den kleineren Maſchinen in einem Kaſten untergebracht, bei den größeren unmittelbar aufeinander geſchichtet werden und durch über Rollen laufende Ketten mit dem Schlitten verbunden ſind. Der aus einem Hohlgußkörper beſtehende Kurbelbock iſt durch Anker mit dem Untergeſtell der Maſchine verbunden.

Literatur: Karmarſch-Fiſcher, Handbuch der mechaniſchen Technologie, Leipzig 1891; Kataloge der Firmen Kölle & Pflüger, Eßlingen, und Fleck Söhne, Berlin-Reinickendorf. *Dalchow.*

Furnierſchälmaſchinen (Spiralſchneidmaſchinen), zum Herſtellen von Furnieren, bei denen ein Holzblock um eine wagerechte Achſe gedreht wird, während ſich ein ſcharfes wagerechtes Meſſer von gleicher Länge wie der Block tangential dagegen legt und allmählich der Drehachſe genähert wird, ſo daß die Furniere in Spirallinien von dem Block abgeſchält werden; ſie laſſen ſich dann bei ihrer geringen Dicke leicht geradebiegen.

Dieſe Maſchinen werden nur gebraucht zur Herſtellung ſehr langer Holzblätter (Wandbekleidung), da die hiermit geſchnittenen Furniere der ſchönen flammigen Zeichnung entbehren

Fig. 1 zeigt eine Furnierſchälmaſchine der Firma Fleck Söhne, Berlin, zur Herſtellung von bruchfreien Furnieren oder Brettchen bis zu 8 mm Dicke für Zigarrenkiſten, Wickelbretter u. dergl. aus Rundhölzern. Letztere werden in friſchem oder naſſem Zuſtande, nachdem ſie von der Borke befreit ſind, in die Maſchine, ähnlich wie in eine Drehbank, geſpannt und in Drehung verſetzt, wobei ſich der Stamm nicht nur um ſeine Achſe dreht, ſondern auch gleichzeitig in der wagerechten Richtung hin und her gehend bewegt wird. Dabei ſchiebt ſich ein der Block- bezw. Rundholzlänge entſprechendes Meſſer von ſelbſt langſam und gleichmäßig parallel zur Längsachſe des Stammes vor und ſchält von dieſem ſpiralförmig ein langes, gleichmäßig dickes Band ab. Die Dicke des abgeſchälten Furniers iſt durch entſprechende Wechſelräder beliebig einzuſtellen. Das hervorgebrachte Holzband zeigt auch bei größter Dicke auf beiden Seiten ein dichtes und feſtes, nicht gebrochenes Gefüge. Die Leiſtungsfähigkeit der Maſchine beträgt für den Tag etwa 10 cbm Rundholz zu 4 mm dicken Furnieren.

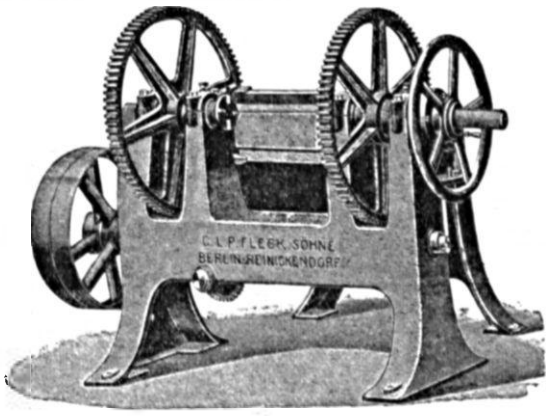


Fig. 1.

Mit der Furniermaſchine der Maſchinenfabrik Kappel in Kappel-Chemnitz (Fig. 2) laſſen ſich Furniere von den dünnſten Sorten bis 10 mm Stärke herſtellen. Der runde Stamm wird zwiſchen zwei durch ſtarke Rädervorgelege getriebene Spindeln geſpannt und in Umdrehung geſetzt; gleichzeitig ſchiebt ſich ein auf einen ſelbſttätigen Schlitten befeſtigtes Meſſer gegen den Block. Iſt der Block bis auf einen verbleibenden Kern abgeſchält, ſo bleibt der Schlitten ſelbſttätig ſtehen, um dann ebenfalls ſelbſttätig mit erhöhter Geſchwindigkeit zurückgeſchoben

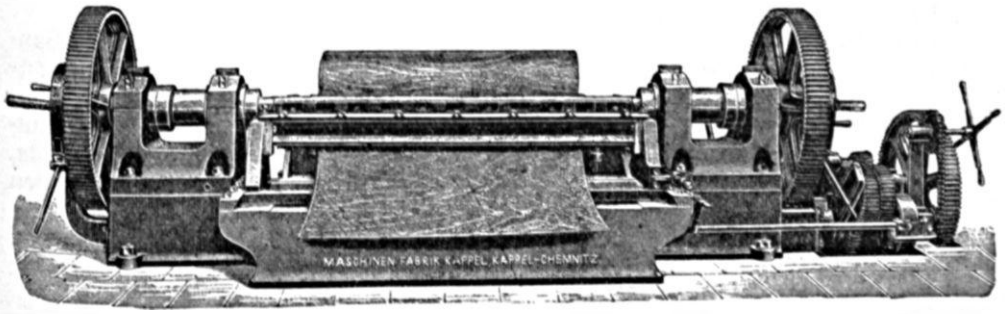


Fig. 2.

zu werden. Ferner iſt eine Einrichtung zur Verſtellung des Meſſerſchlittens von Hand vorgeſehen. Die verſchiedenen Furnierſtärken werden durch Einſchaltung von Wechſelrädern, welche die Bewegung auf den Meſſerſchlitten übertragen, beſtimmt. Das Einſpannen der Blöcke, die zweckmäßig durch einen Deckenkran auf die Maſchine gehoben werden, erfolgt durch die Maſchine ſelbſt, wobei der Arbeiter nur einen Handhebel zu bewegen hat. Um ſchwächere Furniere (bis 4 mm dick) beim Schälen zugleich an den Rändern geradezuſchneiden oder in Streifen von beſtimmter Breite zerlegen zu können, iſt der Druckbalken zum Aufſpannen von Ritzmeſſern eingerichtet. Sollen ſtärkere Furniere geſäumt oder zerteilt werden, ſo wird zu dieſem Zwecke eine beſondere Welle mit verſtellbaren Kreisſägeblättern an der Maſchine angebracht.

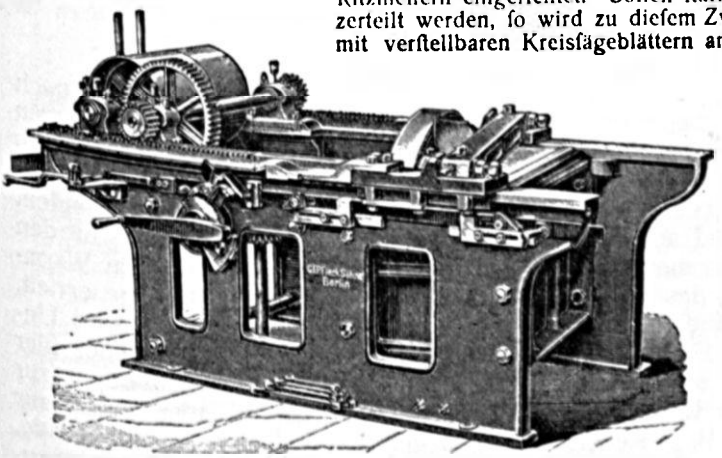


Fig. 1.

Literatur: Zeitſchrift für Werkzeugmaſchinen u. Werkzeuge 1903 04, S. 94; Katalog der Firma Fleck Söhne, Berlin. *Dalchow.*

Furnierſchneidmaſchinen, zum Schneiden von Furnieren (vgl. a. Furnierhobelmaſchine und Furnierſchälmaſchinen). Mit den in Fig. 1 und 2 dargeſtellten Maſchinen von Fleck Söhne, Berlin, werden Hölzer ohne jeden Verluſt quer zur Holzfaſer des präparierten Materials in beliebiger Furnierdicke zer-

legt. Die Maſchinen verarbeiten ohne Unterbrechung das auf einem feſten Tiſch aufgeſpannte Holz; der Vorſchubmechanismus des Tiſches iſt ſo eingerichtet, daß Dicken von 1,5—6 mm geſchnitten werden können. Die Leiſtungsfähigkeit beträgt 4–8 Furniere in der Minute, je nach Breite des Holzes. Die Meſſer werden mit je einem beſonders ſtarken Gegeneiſen verbunden und müſſen mit dieſem auf einer beſonders dazu her-

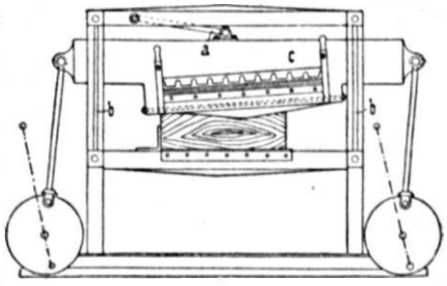


Fig. 3.

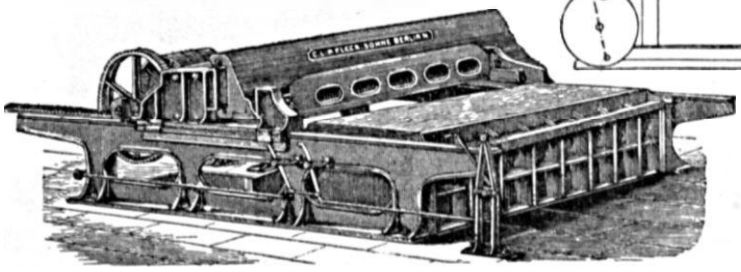


Fig. 2.

geſtellten Schleifmaſchine geſchliffen werden. Nach D.R.P. Nr. 134407 (Fig. 3) wird das an einem Meſſerkopf ſitzende Meſſer derart bogenförmig durch das Holz geführt, daß gleichzeitig eine ſchneidende und ziehende Wirkung des Werkzeugs eintritt. Ein vollkommenes homogenes Erzeugnis wird inſofern hergeſtellt, als die in dieſer Weiſe beſchnittenen Furniere oder Bretter bruchfrei ſind. Die Maſchine iſt derart eingerichtet, daß der Meſſerkopf mit Hilfe eines Lenkers *a* geführt wird, deſſen eines Ende am Maſchinengeſtell drehbar befeſtigt, während ſein andres Ende mit dem in entſprechenden Führungen *b* auf und ab beweglichen Meſſerkopf *c* gelenkig verbunden iſt.

Literatur: Zeitſchr. für Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge 1902/03, S. 29; Katalog der Firma Fleck Söhne, Berlin-Reinickendorf. *Dalchow.*

Fuſelöl, ſ. Spiritusfabrikation.

Fuß, Bezeichnung für die Unterſtützung oder den unteren Teil von Bau- und Maſchinenteilen, z. B. Säulenfuß, Pilaſterfuß, Fußgebinde u. dergl.; ſ. Längenmaße. *Dalchow.*

Fußbäder, bei örtlichen Heilprozeſſen oder zur Beeinfluſſung des Blutumlaufes benutzt, werden in reinem Waſſer oder in Laugen von Aſche, Soda, Senfmehl u. ſ. w. kalt und warm genommen. Die Gefäße müſſen den Angriffen der letztgenannten Zuſätze widerſtehen können; ſie ſind deshalb aus Holz, Zinkblech, Porzellan oder emailliertem Eiſen hergeſtellt und eventuell mit Drahteinlage und Füßeſtützen verſehen.

Fig. 1.

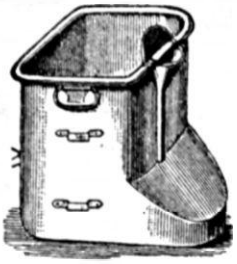


Fig. 2.

Fig. 1 zeigt die gewöhnliche Fußbadewanne mit rundem Wulſt aus Zinkblech, Fig. 2 eine ſolche mit Füllvorrichtung zum Nachgießen von Waſſer (Syſtem Schwenninger). Auch Dampfbadeapparate für einen oder beide Füße, deren Behälter mit Roſt zum Aufſtellen der Füße und mit Abſchlußſtruppen verſehen ſind, werden angewendet. Zur Dampferzeugung dient in dieſen Fällen eine Spirituslampe oder Gasflamme. — Näheres aus den Katalogen der Fabriken für Sanitätsgerätſchaften.

Fußblock, ſ. Block und Takelage.

Fußboden, begehbarer Belag von Innenräumen; derſelbe muß je nach den Zwecken und der Lage des Raumes den verſchiedenſten Anforderungen genügen. Im allgemeinen ſoll er eine vollkommen ſcheitrechte Ebene bilden, die ein ſicheres und bequemes Begehen zuläßt. Zur Erhaltung der Reinlichkeit und Geſundheit ſoll er aus Stoffen beſtehen, die wenige und enge Fugen bilden, ſo daß Staub, Näſſe und anſteckende Stoffe nicht eindringen können. In den Wohnräumen verwendet man zumeiſt Holzfußböden, und hier werden Warmhaltung und Dämpfung des Schalls durch die Dichtigkeit der Unterlage erzielt. In den Gängen fallen die letzteren Anforderungen hinweg, dagegen wird Undurchläſſigkeit und oft Feuerſicherheit (wie bei Treppen) verlangt, daher hier Böden aus natürlichen oder künſtlichen Steinen (ſogenannte Plattenböden) zur Verwendung kommen. In Räumen, wo Feuchtigkeit herrſcht oder Waſſer zur Verwendung kommt, z. B. in Kellern, Waſchküchen, Laboratorien, Küchen u. ſ. w., iſt Härte und vollkommene Undurchläſſigkeit, alſo Ausſchluß von Fugen anzu-

fordern. Bei Durchfahrten, bei denen der Lärm des Wagengeraſſels vermieden werden ſoll, iſt eine Holzpflaſterung (ſ. Straßenbau) anzuwenden. Hier iſt auch Anordnung von Gefäll zuläſſig. In den einfachſten Räumen, z. B. bei landwirtſchaftlichen Gebäuden, kann Erde, Lehm oder Gips, im übrigen Kalk, Zement oder Aſphalt zu dem Boden (ſ. Eſtriche) Verwendung finden.

Holzfußböden.

Ueber einfachſte Holzfußböden ſ. unter Dielungen, Bd. 2, S. 752. — Wenn möglich, legt man die Fußbodenbretter ſo, daß ihre Längenrichtung mit der Hauptgehrichtung in dem betreffenden Raume zuſammenfällt, damit nur ein oder zwei Bretter abgenutzt werden, die dann leicht ausgewechſelt werden können. Außerdem ſind die Bretter ſtets auf die Kernſeite zu legen. Den Anforderungen, eben und dicht zu ſein, genügen ſolche einfachen Bretterböden nur in unvollkommener Weiſe, weil durch die Eigenſchaft des Holzes, bei der Hitze zu ſchwinden, bei Näſſe ſich auszudehnen, Fugen und Riſſe entſtehen. Dieſem Uebelſtand ſucht man auf verſchiedene Weiſe zu begegnen:

Fig. 1.

I. durch Teilung des Holzes in ſchmale Riemen oder Stäbe. Hierdurch entſtehen:

a) der Riemenboden aus 30—35 mm ſtarken, 10—16 cm breiten Brettern, ſogenannten Riemen, wodurch auf der Bodenfläche mehr, aber enge Fugen entſtehen. Um ein Durchbiegen der einzelnen Riemen zu verhüten, werden ſie ſeitlich mit Spunten oder Nut und Feder unter ſich verbunden (Fig. 1). Aehnlich iſt

b) der Schiffboden in Weich- oder Hartholz aus Riemen von 6—10 cm Breite, in Längen von 1,5—1,8 m, die verſchränkt geſtoßen befeſtigt ſind;

c) der Stabfußboden (Parkettriemenboden) aus 25 mm ſtarken, 8—10 cm breiten und 35—60 cm langen genuteten Stäben aus Hartholz (ſ. unten II. g), die durch ſeitliche Federn zuſammenhalten; ſie werden meiſt in ſchrägen Bahnen (Fiſchgrat, Fig. 2) verlegt, entweder auf Blindboden oder, wie in Paris, direkt auf dem Gebälke (Fig. 3). Auf Eiſengebälken, über Gewölben oder im Erdgeſchoſſe, wo Feuchtigkeit abzuhalten iſt, legt man die Stäbe in Aſphalt. Solche erhalten an der Unterſeite einen verkehrt keilförmigen Falz (Fig 4), mit dem ſie, in den noch heißen dünnflüſſigen Aſphalt eingedrückt, mechaniſch feſthaften. Es iſt Vorſorge zu treffen, daß eine Ausdehnung des Holzes ringsum am Rande der Fläche ſtattfinden kann, um ein Anſtoßen an der Mauer und Heben des Bodens zu verhüten, ſind dieſe zu ſtoßen.

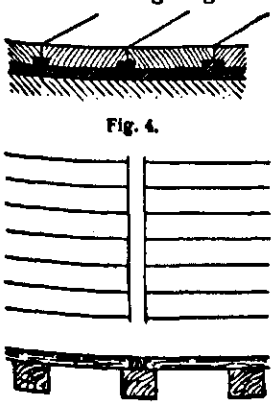


Fig. 4a. Frieſenfußboden.

Fig. 4.

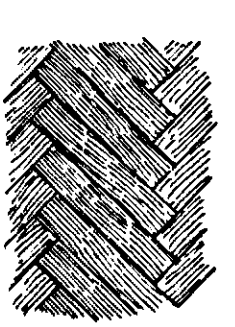


Fig. 2.

Fig. 3.

d) Bei größeren Räumen, wo einfache Brettlängen nicht ausreichen, ſind dieſe zu ſtoßen. Hier kommt mit Vorteil der Frieſenboden zur Anwendung, der längs der Wände von Frieſen, d. i. 15—20 cm breiten, meiſt eichenen ſogenannten Ortfrieſen, umzogen, öfter auch durch Lang- und Querfrieſe in Zwiſchenfelder geteilt iſt (Fig. 4a). Die Bedeutung der Querfrieſe beruht darin, daß durch ſie ein unmittelbares Stoßen zweier Langbretter an ihren Enden und damit ein unſchönes Zuſammentreffen von Fugen (Fig. 5) verhindert wird. Wand- oder Ortfrieſe bieten den Vorteil, daß die Bodenfelder ausgebeſſert oder erneuert werden können, ohne die Täferungen oder Lambris von den Wänden loszunehmen (Fig. 6). Die Befeſtigung der Frieſe erfolgt, wenn nicht Blindböden (ſ. d.) vorhanden ſind, auf den Balken oder auf dazwiſchen anzuordnenden Wechſeln, Füllhölzern oder Dielenlagen (Fig. 7). Der Anſchluß der Bodenbretter an die Frieſe geſchieht nicht in ſtumpfem Stoß, ſondern durch Falz. — Hierher iſt auch die Bodenbildung von Otto Hetzer in Weimar (D.R.P. Nr. 63018) zu rechnen, bei der durchgehende lange Frieſe kurze dazwiſchenliegende Riemen faſſen und mit Spuntung feſthalten [4], [5] (Fig. 8).

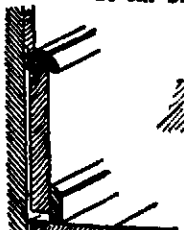


Fig. 6.

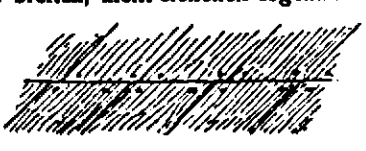


Fig. 5.

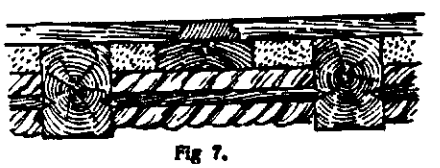


Fig. 7.

II. Durch Verleimen der Bretter zu Tafeln u. ſ. w.:

e) der Tafelboden, gebildet aus Bretterflächen von 80—90 cm Breite, die beim Schwinden

wenige, aber breite Fugen bilden, die dann nach einiger Zeit durch ſchmale Leiſten, ſogenannte Späne, geſchloſſen werden;

f) Patentboden (im Jahre 1830 von Badmeier in Berlin erfunden) [3], [1], S. 64. Hierbei ſind die Bretter auf die ganze Raumbreite zuſammengeleimt und an der Unterſeite durch Einſchubleiſten gegen Werfen geſchützt. Letztere greifen in ſeitlich an den Balken angebrachte Leiſten, ſo daß eine ungehinderte Bewegung des Bodens in der Fläche möglich iſt (Fig. 9). Nach dem Schwinden des Holzes wird an einem Ende das Endbrett durch ein breiteres erſetzt. — Ueber eine ähnliche Bodenbildung bei den Holzhäuſern der Schweiz und des Schwarzwaldes ſ. Decken (Bd. 2, S. 680, Abſ. 1), ferner eine Befeſtigung mit Eiſenwinkeln (Fig. 10) [1], S. 61.

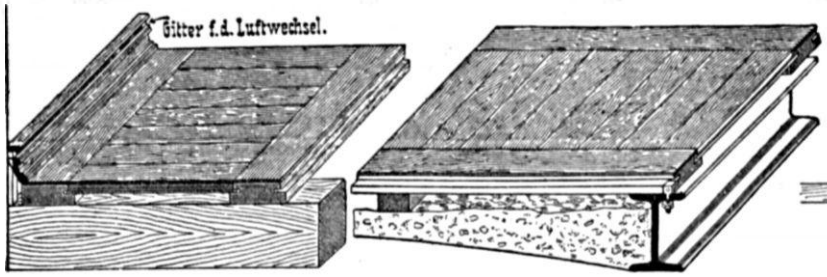


Fig. 8. Deutſcher Fußboden von O. Hetzer, Weimar (D.R.P. Nr. 63018).

Fig. 9. Patentfußboden.

Fig. 10.

g) Der Parkett-(Tafel-)boden bildet den ſchönſten und vollendetſten Bodenbelag in Holz. Er beſteht aus einfachen quadratiſchen oder rautenförmigen Tafeln von 25–30 cm Seite (Fig. 12 und 13) oder aber aus größeren, aus mehreren Stücken zuſammengeſetzten von 40–75 cm Breite, bei denen Frieſe oder Firnleiſten quadratiſche Felder umfaſſen oder trennen (Fig. 14). Das hierzu verwendete, ſehr ſorgfältig ausgewählte Holz muß ganz aſtlos, ſplintfrei und von gleichmäßiger Faſerung, ſchönem Farbenwechſel und Spiegelglanz ſein. Von den Harthölzern

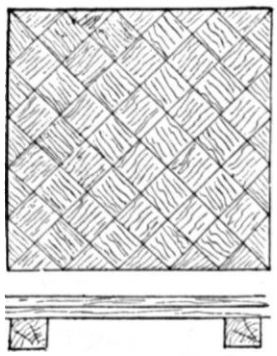


Fig. 11.

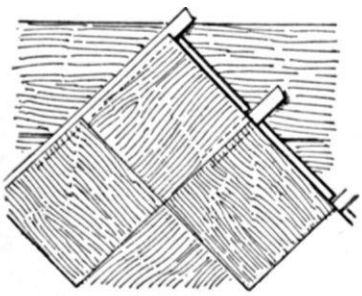


Fig. 12.

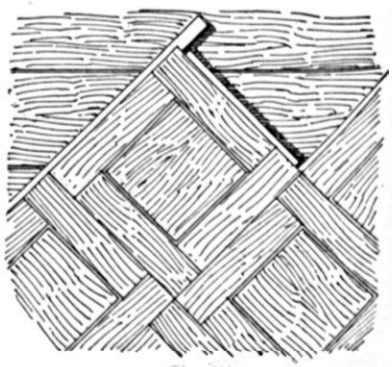


Fig. 14.

kommen in erſter Linie Eichenholz, dann Nuß- und Birnbaumholz als dunkle, Ahorn- und Eſchenholz als helle Arten in Betracht. Buchenholz eignet ſich nicht für feine Böden, ſondern nur für ſolche, wo es auf Reinhaltung und Glanz weniger ankommt (Kaſernen, Schulen, Wirtſchaften). Ebenſo empfiehlt ſich Weichholz nicht. — Die Tafeln ſind in allen Teilen durch Nut und Feder

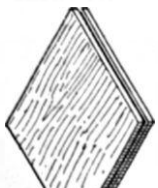


Fig. 13.

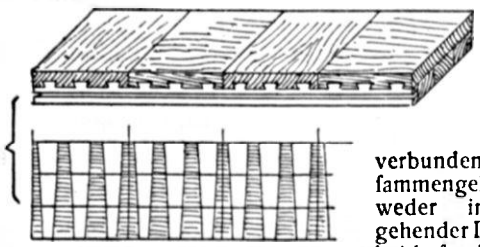


Fig. 15. Wahle-Boden.

Fig. 17.

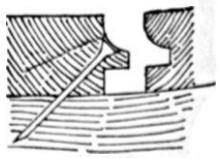


Fig. 16.

verbunden und zuſammengeleimt, entweder in durchgehender Dicke oder bei beſonders feinen Holzarten mit ſogenannten Furnieren (ſ. d.) von 6—15 mm Stärke belegt. — Als weitere Ausbildung des Prinzips der Parkette zählt hierher:

h) der Wahle-Boden, Fabrik in Breslau (D.R.P. Nr. 76972). Hierbei werden kleine Parkettafeln von 20—30 cm Seite durch ein Zuſammenpreſſen (Fig. 15) und Leimen in keilförmigen Furchen auf das quer dazu laufende und entſprechend gefurchte Blindholz zu einem unlöslichen Ganzen verbunden und dann in üblicher Weiſe verlegt [6];

i) der Schultzſche Holzplattenboden (D.R.P. Nr. 118404), bei dem das von † H. Hübſch in Karlsruhe im Jahre 1833 in Anwendung gebrachte Prinzip der Teilung des Holzſtammes ſo, daß an der Bodenoberfläche die Holzfaſer möglichſt ſenkrecht durchſchnitten wird [8], zur Verwendung gebracht iſt. Hiernach ſind aus 45—55 mm im Geviert ſtarken Stäben

durch Verleimen und eingelegte Eiſenfedern unbewegliche Platten erſtellt (Fig. 11), die einen ſehr dauerhaften, gegen Abnutzung äußerſt widerſtandsfähigen Boden bilden.

Von Wichtigkeit iſt bei allen Böden die Zeit des Legens, weil hiervon bezüglich des Schwindens des Holzes viel abhängt. Am beſten ſind die warmen Sonnentage, aber auch kalte, trockene Tage im Winter, während bei naſſem Wetter das Holz viel Feuchtigkeit aufgenommen hat, gequollen iſt und daher ſpäter bei trockenem Wetter ſtärker ſchwinden und größere Fugen bilden wird. Anderſeits iſt zu heißes und trockenes Wetter auch ſchädlich, indem hierdurch bei eintretender feuchter Witterung ein Quellen des Holzes und damit ein Heben des Bodens bewirkt wird. Um die Fugen tunlichſt dicht zu erhalten, werden beim Legen die Tafeln oder Riemen durch Klammern und Keile angetrieben und dann mit Nägeln, am beſten geſchmiedeten ſogenannten Spitzköpfen, befeſtigt, die unter die Oberfläche eindringen. Bretter von gewöhnlicher Breite (25—30 cm) ſind auf jedem Balken zu beiden Seiten feſtzunageln. Da dies aber ein unſchönes Ausſehen gibt, ſucht man bei allen beſſeren Böden die Befeſtigung unſichtbar zu machen. Man erreicht dies durch die Spuntung, Nut und Feder (Fig. 1 und 2), wobei die Nägel, an der Fuge ſeitlich eingeſchlagen, beide Bretter zugleich befeſtigen. Andre Befeſtigungsweiſen zeigen Fig. 16 und 17 [1], S. 59 ff. Nach dem Legen der Böden ſind dieſe nochmals mit dem Hobel zu übergehen und die feineren dann zur beſſeren Erhaltung entweder zu wichſen, d. h. mit heißem Wachſe zu tränken und mit wollenen Lappen oder Bürſten abzureiben, oder aber mit heißem Leinöl zu tränken; letzteres geſchieht bei Böden, die zur Reinigung mitzuwaſchen ſind, während bei den mit Leim verbundenen und gewichſten Parkettafeln Waſſer peinlich fernzuhalten iſt.

Steinfußböden.

Bei Steinfußböden unterſcheiden wir zweierlei Arten:

A. Pflaſterung, bei der die einzelnen Stücke ſo geſtaltet und verſetzt werden, daß ihre größere Abmeſſung in lotrechter Richtung zu ſtehen kommt; ſie findet ihre Anwendung überall da, wo ſtarker Druck oder Laſt auszuhalten iſt (Näheres ſ. Straßenbau).

B. Plattenboden, aus natürlichen oder künſtlichen Steinen gebildet, bei denen im Gegenſatz zu A. die größte Ausdehnung in Richtung der Fläche zu liegen kommt. Die hierdurch entſtehenden dünnen Lagen können nur wenig Druck aushalten. Die Unterlage bildet eine Sandlage oder einen Kalk- oder Zementguß. Für die techniſche Behandlung gilt dieſelbe Regel wie beim Mauerverband: die größten Platten liegen ſicher in trockener Sandlage; je kleiner die einzelnen Platten, deſto feſter und unnachgiebiger muß die Unterlage und das Bindemittel ſein.

1. Von natürlichen Steinen kommen zur Verwendung Sandſteinplatten verſchiedener Stärke und Größe, Ton- und Kalkſchiefer, Marmor u. ſ. w. Für gute Erhaltung der Bodenfläche iſt von Wichtigkeit, daß die verwendeten Platten von gleicher Härte ſind, damit kein ungleiches Austreten entſteht. a) Die größten Sandſteinplatten (bis zu 2 und 3 qm Fläche), die durch eigne Schwere feſtliegen, bedürfen nur einer Sandbettung, in der Mitte mit einer Höhlung. Die Fugen ſind mit Sand und Waſſer zu ſägen wie bei Quadern. b) Kleinere Sandſteinplatten werden in Bahnen von annähernd gleichen Breiten, etwa 60—90 cm breit, feſt in Mörtel verlegt, die Fugen mit Mörtel ausgegoſſen. c) Karo- oder Geviertplatten von 40—60 cm Seite, meiſt übereck gelegt, verlangen genau durchgehende Fugen. Beim Verlegen iſt zu beachten, daß zuerſt die Mittelachſe durch Abſchnüren feſtzulegen iſt, wonach die Platten der mittleren Bahn zu legen (Fig. 18) und nach beiden Seiten anzuſchließen ſind. Für dieſe Bodenart bieten die geſchliffenen Solnhofener Kalkſchieferplatten beſonders ſchönes Material von großer Haltbarkeit mit haarſcharfen Fugen und in einem angenehmen Farbenwechſel von Grau und Gelb. Bedenklich iſt nur deren große Glätte, die leicht ein Ausgleiten verurſacht und durch den Gebrauch ſich ſteigert. d) Die vollendetſten Steinböden ſind die Plattenböden aus verſchiedenfarbigem Marmor in reicher Zeichnung und Muſterung, wie ſie ſchon im Altertum in höchſter Pracht zur Ausführung kamen, aber auch heute namentlich in Italien zur Anwendung kommen. Nach Verlegung der Platten mit aufs ſauberſte geſchliffenen Kanten wird die Oberfläche mit Steinen, Sand und Waſſer geſchliffen und zuletzt poliert, wodurch ſie einen überraſchenden Spiegelglanz erhält. In Paläſten und Kirchen Roms ſind viele glänzende Beiſpiele zu finden.

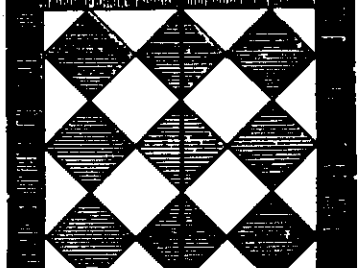


Fig. 18. Karoboden.

Bei der ſtiliſtiſchen Behandlung der Fußböden erſcheint weder ein Rechts bezw. Links noch ein Oben oder Unten betont. Der Boden würde ſich am beſten durch eine ungeteilte und ungemuſterte, mit einem Saume umgebene rechteckige oder kreisrunde Bedeckung charakteriſieren laſſen, deſſen wichtigſte Beziehung die zu einem Mittelpunkt iſt. Dieſe Beziehung zu einem Zentrum wird durch ein Syſtem von ſich kreuzenden Linien nicht geſtört; ein Saum wird den notwendigen Bezug auf das gedachte Zentrum vermitteln müſſen. Der geſchulte Formenſinn wird den Mittelpunkt gerne durch ein in Form und Farbe betontes Mittelfeld auszeichnen, wodurch ein Dreiklang hervorgerufen wird, der aus dem Mittelfeld, dem Saum und dem dazwiſchenliegenden räumlich größten Teil gebildet wird [9]. Die dekorative Behandlung muß ſo beſchaffen ſein, daß ſie den Blick des Eintretenden nicht zu ſehr auf ſich zieht und vor allem nicht das Gefühl der Unſicherheit im Gehen hervorruft. Es werden demnach alle ſcharf abgeſchnittenen Teile ſowie alle ſtarken Kontraſte, desgleichen plaſtiſche Reliefornamente, erhabenes Leiſtenwerk, Wappenſchilder, Nachahmungen von Früchten, Muſcheln,

Speifereften u. dergl. abfolut zu verwerfen fein, ausgenommen etwa, wenn fie an Stellen angebracht erfcheinen, die nicht beftimmt find, betreten zu werden. Für den Hauptteil des Fußbodens werden jene unbegrenzten Flachornamente zu empfehlen fein, die ein Spiel von Linien bilden, aus dem fich ftets wiederholende regelmäßige Figuren geftalten (Fig. 19a—h). Von der

Fig. 19g.

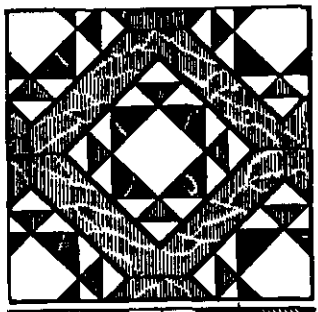


Fig. 19a.

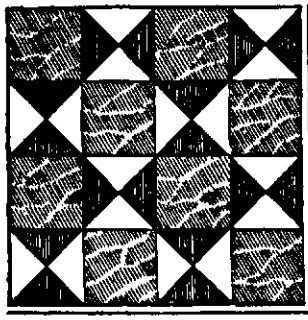
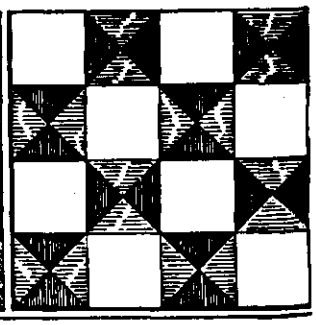


Fig. 19b.



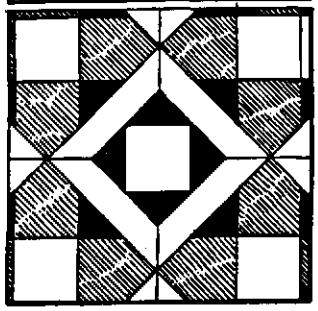


Fig. 19h.

Fig. 19c.

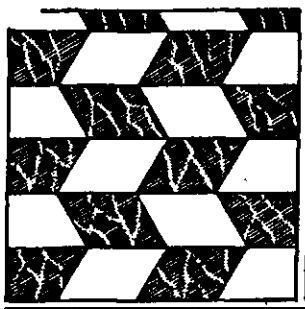
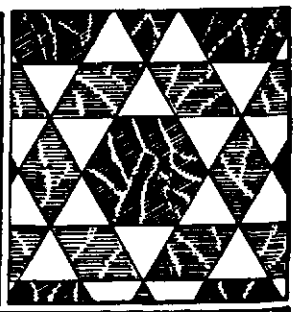


Fig. 19e.



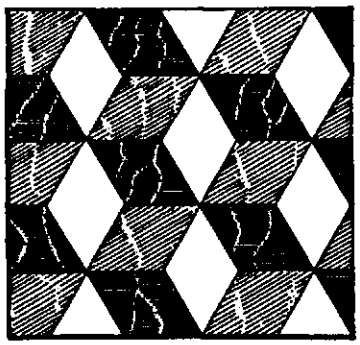


Fig. 20.

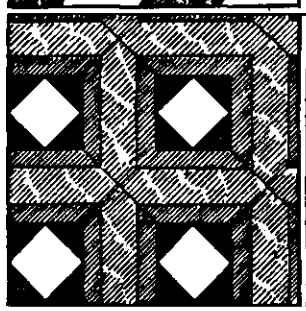


Fig. 19d.

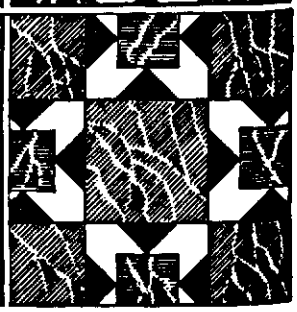


Fig. 19f.

Farbe läßt fich dasfelbe fagen wie von dem Ornamente; auch die Farbe foll eine tertiäre und von der Befchaffenheit fein, daß fie das Auge nicht ungebührlich auf fich zieht. Ferner ift zu beachten, daß die Zufammenftellung der Farben nicht den Eindruck erwecken darf, als ob die

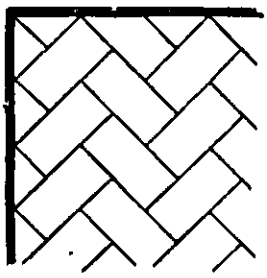


Fig. 21.

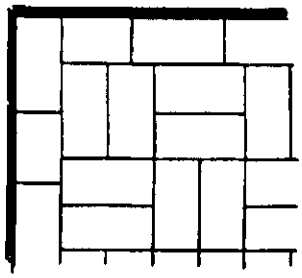


Fig. 22.

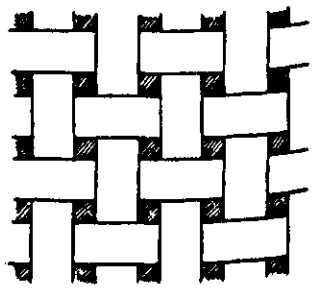


Fig. 23.

Flächenmufter wie erhabene Körper in verfchiedenen Richtungen zueinander ftehen, fo daß man auf Kanten oder Spitzen zu gehen wähnt, was befonders bei dem Rautenmufter eintritt (Fig. 20).

2. Bei den **künftlichen Steinen** bedingen die meift kleine Abmeffung (12, 16, 30 *cm*) und die gleichmäßige Form (Quadrat, Raute, längliches Viereck, Sechs- oder Achteck) die Art

der Muſterung. Hinzu tritt als wichtiger Faktor ein mehr oder weniger reicher Wechſel in Farben, der ſich bis zu größter Wirkung und den herrlichſten Teppichmuſtern ſteigern laßt. Auch ſind die neueſten Fabrikate von großer Härte und Dauer. — Die höchſte Farbenſchönheit und prachtvolle Muſter zeigen die Bodenbelage aus farbig glaſierten Fliefen der Blütezeit italieniſcher Renaiſſance (Loggien Raffaels im Vatikan zu Rom, St. Petronio in Bologna, Venedig). Da aber die auf gewöhnlichen Ton aufgetragene Glaſur zu dünn war, ſind die im Verkehr begangenen Stellen ausgetreten und die Muſter nur noch an den geſchützten Stellen zu erkennen [10]. a) Als einfachſte Art dienen die Backſteinböden aus beſonders hartgebrannten Steinen, am beſten ſogenannten Klinkern (ſ. d.), die in ein oder zwei Lagen in Mörtel verlegt und an den Fugen vergoſſen werden. Verwendung in Küchen, Waſchküchen u. ſ. w., Muſterung in Bahnen, im Verband, im Fiſchgrat (Fig. 21, 22, 23). b) Ein beſſeres Ausſehen zeigen die Bodenplatten von quadratiſcher Grundfläche und 28—35 cm Seite, meiſt in zweierlei Tönen aus beſſerem Ton angefertigt und in ihrer Oberfläche und an den Kanten ſauberer bearbeitet. Das Verlegen in Mörtel hat ſo zu geſchehen, daß die Platten rings am Rand feſt, in der Mitte aber hohl liegen; ſie werden zuerſt eingepaßt, dann nochmals hinweggenommen und eine Kelle voll Sand und Mörtel in der Mitte herausgenommen. c) Eine hohe Stufe der Vollendung bilden die Ton- und Moſaikplatten aus den Fabriken von Villeroy & Boch in Mettlach bei Trier, Utzſchneider & Jaunez in Saargemünd, Moſaikfabrik in Sinzig (Rhein) und Lamberty, Servais & Comp. in Ehrang. Dieſe Tonwaren (ſ. d.) ſind von einer Härte und künſtleriſchen Ausführung, die bis jetzt unerreicht daſteht. Die einzelnen Stücke ſind von kleiner Form, meiſt 16:16 cm im Geviert, ſo daß etwa 36 Stück auf einen Quadratmeter gehen. Die Unterlage bildet ein Ziegelboden oder ein Zementguß von 10—12 cm Stärke, auf welche die Plättchen in Zementmörtel verſetzt werden. Da die Plättchen an den Seiten abgeſchrägte Kanten haben, ſind die Fugen ſehr eng und nicht auszugießen.

Fußböden aus Surrogaten,

wie Linoleum (ſ. d.), Xylolith, Korkſtein, Steinholz (ſ. d.), Doloment u. a. m., werden in neueſter Zeit da verwendet, wo es ſich in erſter Linie um Reinhaltung des Bodens, Fernhaltung von Anſteckungsſtoffen und Schalldämpfung handelt. Da meiſt die Anſchaffungskoſten keine großen ſind, kommen ſie auch für Wohnräume mehr in Gebrauch, beſonders um ein Umlegen alter Böden zu vermeiden. Dieſe Stoffe in Bahnen bis 2 m Breite und in Stärke von 2—5 mm werden auf eine möglichſt glatte Unterlage, ſei es Holz, Beton oder Kork, ausgebreitet und entweder aufgeklebt (an den Stoßfugen) oder aufgenagelt (an den Rändern). Ueber die Dauer und Widerſtandsfähigkeit liegen lange Erfahrungen noch nicht vor [1], S. 84.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 3, 3. Heft, 4. Kap., Fußböden u. ſ. w., von H. Koch, Stuttgart 1903. — [2] Baukunde der Architekten, Bd. 1, 1. Teil, Aufbau, 5. Kap., Fußböden, S. 301—307, Berlin 1903. — [3] Breymann, G., Allgem. Baukonſtruktionslehre, 2. Teil, 3. Aufl., Stuttgart 1860, Fußböden, S. 175, Taf. 75, Fig. 1 und 2. — [4] Zentralbl. der Bauverw. 1892, 12. Jahrg., Nr. 45, Fußböden aus Rotbuchenholz. — [5] Deutſche Bauztg., 26. Jahrg., Nr. 100, S. 609. — [6] Lauterbach, H., Breslau, Wahle-Bodenfabrik (ohne Jahreszahl). — [7] Schultzſche Holzplatten für Bodenbelag u. ſ. w., Straßburg (ohne Jahreszahl). — [8] Hübſch, H., Bauwerke, S. 17 ff., Karlsruhe (ohne Jahreszahl). — [9] Semper, G., Der Stil, Bd. 1, Frankfurt a. M. 1860. — [10] Gruner, L., Décorations de palais et d'églises en Italie, Paris und London 1854. *Weinbrenner.*

Fußbodenanſtrich. Den haltbarſten Fußbodenanſtrich gewährt Oelfarbe mit darauffolgendem Lacküberzug, der aber nur in unbewohnten Räumen und unter der Vorausſetzung gemacht werden kann, daß die nötige Zeit für jeden zu machenden Farbenauftrag (wenigſtens 48 Stunden) zur Verfügung ſteht. Wenn es ſich um Anſtrich von Fußböden in bewohnten Räumen handelt, können ſolche nur mit Bernſteinlackfarben (fetten) oder mit ſpirituöſen Lackfarben ausgeführt werden, die in verhältnismäßig kurzer Zeit (12—16 bezw. ½—1 Stunden) trocknen. Für bewohnte Räume gibt es keine beſſere als eine Spirituslackfarbe, die ſofort trocknet, die Benutzung des Raumes nicht hindert, keinerlei unangenehme oder geſundheitsſchädliche Dünſte entwickelt und auch keine zurückhält, wie z. B. die fetten Lackfarben. Die Dauer der Fußbodenanſtriche iſt abhängig von der Beſchaffenheit der Lackfarbe, von dem Zuſtande, in dem ſich der Boden vor dem Anſtreichen befand, von der größeren oder geringeren Sorgfalt, mit welcher der Boden geſtrichen wurde, und endlich von dem Grad der Benutzung. Ein ſachgemäß mit Oelfarbe geſtrichener Fußboden wird ein Jahr andauern, ohne einer Ausbeſſerung zu bedürfen, während eine ſolche bei fetten und ſpirituöſen Lackfarben nach etwa ¾ Jahren nötig wird. Ueber gewichſte Fußböden ſ. u. Fußbodenwichſen. *Andés.*

Fußbodenlacke, ſchnell trocknende (ſpirituöſe) oder langſam trocknende (fette) Lacke, mit Farbkörpern (Ocker, Terra di Siena u. ſ. w.) zuſammengerieben, zum Anſtriche von tannenen Fußböden dienend, geben Farbe und Glanz in einem Strich. Sie führen verſchiedene Namen, wie Fußbodenglafur, Fußbodenemail, Fußbodenglanzlack (ſpirituös), Lack-, Bernſteinlack-, Linoleumlackfarbe (fett) und trocknen in ½—1 bezw. 8—16 Stunden. *Andés.*

Fußbodenlager (Polſterhölzer in Oeſterreich, Bodenrippen) dienen zur Auflage der Dielenbretter des Fußbodens und ſind in das Füllmaterial der Deckenkonſtruktion eingebettet. Sie werden zumeiſt aus wohlgetrockneten Eichen- oder Lärchenhölzern durch Behauen erzeugt. Ihr Querſchnitt iſt rechteckig, häufig mehrkantig: 10/14—13/16 cm ſtark. Ihre Entfernung voneinander beträgt 0,8—1,0 m; ſ. a. Fußboden. *Weinbrenner.*

Fußbodenöl, reines, dünnflüſſiges Mineralöl von 0 850—0,920 ſpez. Gew., auch Miſchungen dieſes mit vegetabiliſchen Oelen (Leinöl, Rüböl), mit Mirbanöl parfümiert, zum Imprägnieren von Weichholzfußböden, verhindern die Staubbildung; das Holz wird aber durch den vom Oel aufgenommenen Staub und Schmutz faſt ſchwarz und an der Oberfläche ſchmierig. *Andés.*

Fußbodenwichſen, Wachsſeifen in teigartiger (Bohnermaſſe) oder flüſſiger (Wachsmilch) Form oder mittels Terpentinöl in Salbenform gebrachtes Bienenwachs, Ceresin und Paraffin. Sie dienen zum Einlaſſen von eichenen Parkett- und Brettelböden, auch von weichen (tannenen) Fußböden, nehmen durch Reiben oder Bürſten hübſchen Glanz und Glätte an und laſſen die Textur neuen und hellen Holzes voll zur Geltung kommen. Beide Arten werden mit vegetabiliſchen (Orlean, Curcuma) oder Körperfarben (Ocker, gebrannte Siena u. ſ. w.) gefärbt, konſervieren den Boden, ſind aber ziemlich raſcher Abnutzung unterworfen. *Andés.*

Fußbodenziegel (Eſtrichſtein), ſcharfgebrannte Ziegel (ſ. d.), glatt oder gemuſtert, in letzterem Falle mit eingebrannter Glaſur.

Fußgerüſt, niederer, bis 0,60 m hoher Unterſatz aus Backſteinen mit Dielenbelag, oder aus Böcken gebildetes niederes Gerüſt, meiſt zur Ergänzung einer nicht ausreichenden Einrüſtung. S. a. Baugerüſt, Bd. 1, S. 576. *L. v. Willmann.*

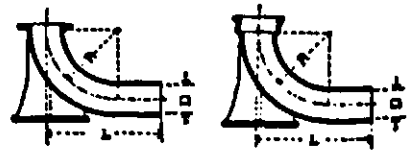
Fußgeſims. Jede dekorativ behandelte Wand ſowie die meiſten Unterabteilungen derſelben erhalten außer dem räumlich überwiegenden Mittelteil ein bekrönendes und ein Fußgeſims. Ebenſo wie das ganze Haus einen Sockel, eine Baſis, erhält, ſo erhält jedes Geſchoß ein analoges Bauglied; aber auch dieſe Sockel haben in der Regel wiederum die obenerwähnten drei Teile aufzuweiſen.

Alle dieſe Sockel zeigen zumeiſt eine freie Nachbildung der römiſchen Säulenpoſtamente, und das Fußgeſims beſteht dann zumeiſt aus einer umgekehrten Karniesform oder einem Rundſtab, die durch Bandſtreifen verbunden erſcheinen und auf einem hohen Plinthus aufzuſitzen pflegen. Oft iſt das Fußgeſims noch einfacher geſtaltet und beſteht bloß aus einem kleinen Abſatz mit oder ohne Ablauf, ſtets aber aus einem hohen Plinthus. *Weinbrenner.*

Fußhammer, Hammer mit zwei zylinderartig abgerundeten, quer gegen den Stiel ſtehenden Bahnen.

Fußkreis, in der Verzahnung von Zahnrädern (ſ. d.), begrenzt die vom Teilkreiſe ausgehenden Fußkurven.

Am fertigen Rade fällt er mit dem Zahnboden zuſammen. Er liegt bei Vollrädern innerhalb, bei Hohlrädern außerhalb des Teilkreiſes und iſt meiſt um das 0,4fache der Teilung von dieſem entfernt. *Lindner.*



Flanſchenkrümmer. Muffenkrümmer.

Fußkrümmer, die Faſſonſtücke, die bei Rohrleitungen am Uebergange der horizontalen Rohrachſe in eine vertikale Lage erforderlich werden, wie aus nebenſtehenden Figuren erſichtlich. Die Verhältniſſe von *R, D* und *L* ſind bei den größeren Röhrengießereien feſtſtehend (vgl. deren Kataloge).

Fußlager, Lager zur Stützung des unteren Endes ſenkrecht ſtehender Wellen; ſ. Spurlager.

Fußlambris (Fußtäferung), an dem unteren Teil der Zimmerwände des beſſeren Ausſehens und der Schonung der Wände wegen hinlaufende Bretterverkleidung (ſ. Fußboden, Fig. 6).

Sie beſteht aus einem etwa 25 cm breiten Brett, oben mit Kopf- oder Setzleiſte, unten mit Fußſockel oder Sockelleiſte aus Hartholz verſehen. Letztere iſt vorteilhafter als Dreikantleiſte gebildet wegen beſſerer Reinhaltung von Staub. Bei größerer Höhe (etwa 40—60 cm) iſt eine geſtemmte Fußtäferung anzuwenden mit langen oder quadratiſchen Feldern (Fig. 1 und 2).

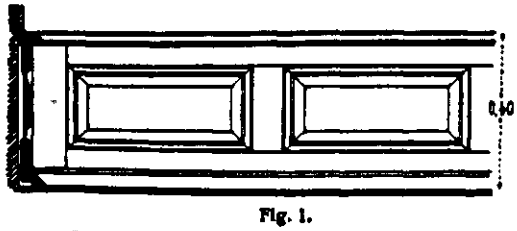


Fig. 1.

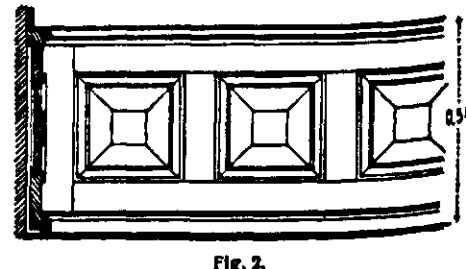


Fig. 2.

Literatur: [1] Handb. d. Architektur, 3. Teil, Bd. 3, 3. Heft, Stuttgart 1903. — [2] Krauth, Th., Die geſamte Bauſchreinerei, Leipzig 1890. *Weinbrenner.*

Fußlaſche der Eiſenbahnſchienen, ſ. Oberbau.

Fußleiſte (Sockelleiſte), ſ. Fußlambris.

Fußpfette, ſ. Dachſtuhl, Bd. 2, S. 514.

Fußpfund, ſ. Arbeit, Bd. 1, S. 268.

Fußplatte, bei gußeiſernen Säulen die ebene Unterlagsplatte zur Uebertragung des Drucks auf das Fundament; ſ. a. Bremsbergförderung.

Fußpreſſe, ſ. Preſſe.

Fußpunktflächen. Fällt man von einem feſten Punkte (a, b, c), dem Pol, Lote auf die Tangentialebenen einer Fläche $F(x, y, z) = 0$, ſo bilden die Fußpunkte (ξ, η, ζ) dieſer Lote die Fußpunktfläche. Ihre Gleichung erhält man durch Elimination von x, y, z, p, q aus $p(\xi - x) + q(\eta - y) = \zeta - z$; $\xi - a = -p(\zeta - c)$; $\eta - b = -q(\zeta - c)$; $F(x, y, z) = 0$; $\frac{\partial F}{\partial x} + p\frac{\partial F}{\partial z} = 0$; $\frac{\partial F}{\partial y} + q\frac{\partial F}{\partial z} = 0$.

Literatur: [1] Schlömilch, Uebungsbuch zum Studium der höheren Analyſis, 1. Teil, 4. Aufl., Leipzig 1887. — [2] Schumann, Unterſ. über Fußpunktflächen, Brandenburg 1863. *Wölffing.*

Fußpunktkurven. Fällt man von einem feſten Punkte (a, b), dem Pol, Lote auf die Tangenten einer Kurve $F(x, y) = 0$, ſo bilden die Fußpunkte (ξ, η) dieſer Lote die Fußpunktkurve. Ihre Gleichung erhält man durch Elimination von x, y, $\frac{dy}{dx}$ aus $\eta - y = \frac{dy}{dx}(\xi - x)$; $\eta - b = -\frac{dx}{dy}(\xi - a)$; $F(x, y) = 0$; $\frac{\partial F}{\partial x} + \frac{dy}{dx}\frac{\partial F}{\partial y} = 0$. Man kann von der Fußpunktkurve wieder die Fußpunktkurve bilden: zweite Fußpunktkurve u. ſ. w. Das Verfahren kann auch nach rückwärts fortgeſetzt werden: die erſte negative Fußpunktkurve von $F = 0$ iſt die Kurve, deren Fußpunktkurve $F = 0$ iſt.

Literatur: [1] Salmon, Analytiſche Geometrie der höheren ebenen Kurven, deutſch von Fiedler, 2. Aufl., Leipzig 1882, S. 125, 132. — [2] Haas, A., Lehrbuch der Differentialrechnung, Bd. 3, Stuttgart 1894, S. 230 ff. — [3] Schotten, Ueber Fußpunktkurven, Hersfeld 1887. — [4] Klaas, A., Die Normalfußpunktlinien, Wiesbaden 1871. *Wölffing.*

Fußſchar (Fußſchicht, Traufſchicht), bei der Dachdeckung unterſte Schicht der ſchuppenförmigen Deckungsweiſe alſo Ziegel, Schindeln u. dergl.

Fußtrittbohrmaſchine, Bohrmaſchine, die mittels eines Fußtrittes von dem Arbeiter angetrieben wird; ſ. Bohrmaſchinen, Bd. 2, S. 191.

Fußtrittdrehbank, Drehbank, die mittels eines Fußtrittes von dem Arbeiter angetrieben wird; ſ. Drehbank, Bd. 3, S. 58.

Fußventile, Rückſchlagventile am Beginn der Saugrohre von Pumpen; Zweck derſelben iſt die Verhinderung des Leerlaufens der Saugrohre bei längerem Stillſtand der Pumpe. In

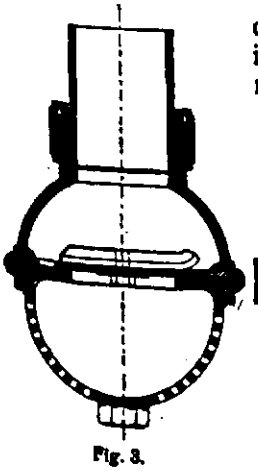


Fig. 3.

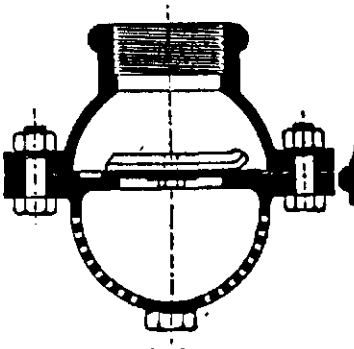


Fig. 2.

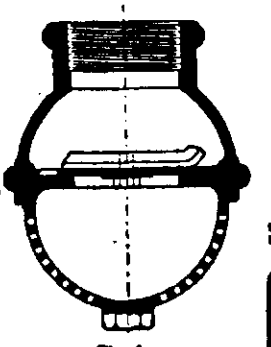


Fig. 1.

der Regel ſind die Fußventile mit einem Saugkorb (ſ. d.) verbunden. Sie können als Klappen-, Teller- oder Kegelventile konſtruiert ſein und werden mittels Muffen, Flanſchen oder Lötſtücken mit der Saugleitung verbunden, je nachdem dieſe aus Schmiedeeiſen-, Flanſch- oder Bleiröhren hergeſtellt wird.

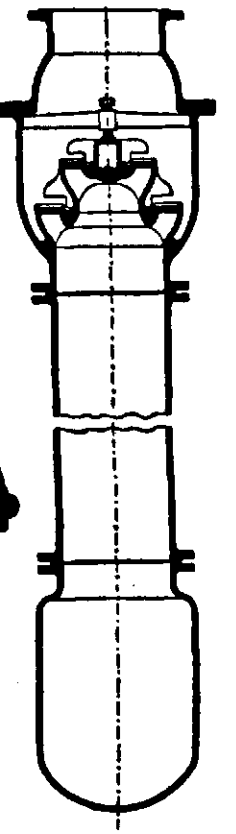


Fig. 4.

Die Fig. 1—3 zeigen die bei den gewöhnlichen Hand- und Maſchinenpumpen üblichen Konſtruktionen mit Lederklappen und gegoſſenem, angeſchraubtem oder angeflanſchtem Saugkorb, Fig. 4 ſtellt ein größeres Ventil dar mit beweglichen Ringen. Der Körper iſt Gußeiſen, die Ringe gewöhnlich Rotguß; der angeflanſchte Saugkorb kann aus Gußeiſen oder verzinktem Eiſenblech oder verzinntem Kupferblech hergeſtellt werden. Preiſe: Fig. 1 für 1″ Rohr 4 ℳ, 1¼″ 5 ℳ, 2″ 6 ℳ, Fig. 2 und 3 etwas teurer, Fig. 4 für $D = 400$ mm 250 ℳ; ſ. a. Pumpen. *Blecken.*

Fußwege liegen bei Landſtraßen meiſt in gleicher Höhe mit der Fahrbahn und werden in dieſem Fall durch das die Steinbahn begrenzende unbefeſtigte Erdbankett gebildet. Beſſer iſt es, die Fußwege wenigſtens zu bekieſen und durch eine Baumreihe oder durch Abweisſteine (ſ. Prellſteine) von der Fahrbahn abzuſondern.

Da das von der Straßenoberfläche abfließende Regenwaſſer bei der niedrigen, dem Quergefäll ſich anſchließenden Lage nur über den Fußweg hinwegfließen kann, ſo ſind ſolche Fußwege bei naſſem Wetter ſchlecht zu begehen. Das einzige Mittel gegen dieſen Uebelſtand beſteht darin: die Fußwege gegen die Straßenfläche um 10—15 cm erhöht anzubringen, wie es bei Klinkerſtraßen (ſ. d.) auch gewöhnlich geſchieht. Dadurch wird jedoch die Waſſerableitung erſchwert, und eine ſolche Anlage bedingt entweder die Anbringung von Gräben zwiſchen den Fußwegen und der Fahrbahn oder man kann ſich mit einer Goſſe begnügen, die alle 30 m mittels Röhren durch die Fußwegerhöhung entwäſſert wird. Die Einfaſſung der Fußwege geſchieht in dieſem Fall am beſten durch Bord- oder Randſteine; weniger dauerhaft iſt eine Raſeneinfaſſung. Eine Pflaſterung oder ſonſtige Befeſtigung der Fußwege findet nur in der Nähe von Städten ſtatt. Das Quergefälle wird entweder nach dem Graben oder nach der Goſſe zu mit $^1/_{20}$—$^1/_{25}$ angenommen. *L. v. Willmann.*

Fuſtik, junger (Fuſtelholz), ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, und Nutzhölzer.

Futter bezeichnet im allgemeinen eine innere Verkleidung. 1. Bei Türen iſt es die ſeitliche Bekleidung der Pfoſten oder Wände in der Lichtöffnung. Je nach der Breite unterſcheidet man: a) das glatte Futter, aus einerſeits gehobeltem Brette von 13—25 cm Breite beſtehend, b) das geſtemmte Futter von 25 cm und mehr Breite (ſ. Türen). In beiden Fällen bildet es einen ringsum laufenden Rahmen, an den Ecken durch Verzinkung (ſ. d.) verbunden, deſſen untere Seite das eichene Schwellbrett. 2. Bei dem Fenſter iſt es die Bekleidung des Anſchlags am Gewände (ſ. Fenſter, Bd. 3, S. 693, und Fenſterrahmen). 3. Einlage aus Holz oder Metall zum Schutze gegen Beſchädigung oder Erſchütterung. *Weinbrenner.*

Futter, die innere Auskleidung einer Hohlform (beiſpielsweiſe wird ein Keſſel für Säure mit Bleiplatten „ausgefüttert"), auch wohl eine äußere Bekleidung. Futterſtücke heißen auch Beilagen von abgepaßter Dicke.

Futter, gewöhnlich mit der Arbeitsſpindel einer Werkzeugmaſchine (Bohrmaſchine, Drehbank, Fräs-, Hobelmaſchine u. ſ. w.) zu verbindende Ein- oder Aufſpannvorrichtungen für Werkzeuge oder Werkſtücke. Aus Holz oder Metall hergeſtellt, wechſeln ſie die Form und den Namen je nach der Maſchinengattung und der Befeſtigung des Einſpannſtückes im Futter.

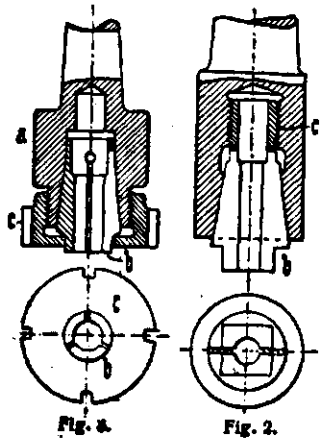


Fig. 1. Fig. 2.

Für leichtere Futter genügen die Leim-, Kitt- und Lötfutter, bei denen die Werkſtücke zwecks Bearbeitung auf eine ebene, mit der Arbeitsſpindel verbundene Scheibe geleimt u. ſ. w. werden.

Einfache Klemmfutter an Drehbänken ſind hölzerne Klötze oder Scheiben auf der Spindel mit ausgehöhlter Stirnfläche zum Einklemmen des Werkſtückes, während für größere Arbeitsſtücke das Achtſchraubenfutter Verwendung findet, das aus einer auf die Arbeitsſpindel geſchraubten Hülſe beſteht, die das Werkſtück aufnimmt und durch acht am Umfang verteilte Schrauben feſtſpannt. Eine große Rolle ſpielen die Backenfutter, bei denen mehrere radial verſchiebbare Backen das Einſpannſtück zwiſchen ſich feſtklemmen.

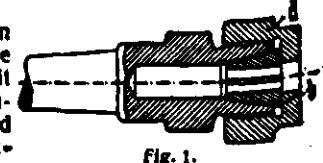


Fig. 1.

Meiſt verwendet ſind die einfachen und billigen Bohr- und Fräsfutter. Bei dem Futter Fig. 1 dieſer Art wird das kegelige zweiteilige eigentliche Futter *b* von der Ueberwurfmutter *d* nach innen gepreßt, wodurch der Bohrerſchaft zentriert und feſtgeklemmt wird. Bei dem Bohrfutter der Fig. 2 hat der Hauptkörper ein kegeliges Loch und in deſſen Fortſetzung ein Innengewinde *c*. In dasſelbe paßt das Ende der Spannbüchſe *b*, welche geſchlitzt iſt und federt. Am andern Ende iſt die Büchſe *b*, die dem Schaft des Werkzeuges entſprechend ausgebohrt iſt, mit Vierkant verſehen, um durch Anziehen der Büchſe das Einſpannſtück feſtzu-

klemmen. Ein Bohrfutter, in welches Werkzeuge mit verſchieden ſtarken Schäften eingeſteckt werden können, zeigt Fig. 3. In das koniſche Loch des Körpers *a* paßt das geſchlitzte Futter *b*, das ſich je nach der Schaftſtärke des Werkzeuges durch ein andres auswechſeln läßt. Die Mutter *c* ſorgt für das Feſtklemmen. Die Auswahl der verſchiedenen Bohrfutter mit oder ohne auswechſelbare Büchſe richtet ſich naturgemäß nach den jeweiligen Verhältniſſen.

Die Univerſalbohrfutter ſind für Bohrmaſchinen zum Bohren von Löchern aller Größen in Anwendung. Fig. 4 und 5 zeigen eines der gebräuchlichſten Univerſalbohrfutter. Dasſelbe beſteht aus vier Teilen: dem Körper, den zwei Backen und der mit Rechts- und Linksgewinde verſehenen Schraube. In die Backen ſind Gewindegänge eingeſchnitten, in welche die Schraube eingreift. Der Körper trägt eine durch Verſchmelzung zweier Löcher entſtandene, zur Achſe rechtwinklige Oeffnung, wobei das größere Loch glatt und das kleinere in der Mitte eingeſchnürt iſt. Durch die Einſchnürung wird die Schraube an einer Verſchiebung verhindert. Der Körper iſt der Achſe nach durchbohrt und kann ſowohl Werkzeuge mit rundem als auch mit vierkantigem Schaft aufnehmen, weil in jedem Fall die Spannbacken gleich gut wirken. Aehnlich iſt das Univerſalbohrfutter der Fig. 6, bei dem die Backen rechtwinklig zur Achſe einen rechtwinkligen Querſchnitt, aber längs derſelben einen T-förmigen Querſchnitt haben. Fig. 7—9 zeigen das Weſtcottſche verbeſſerte Bohrfutter, bei dem die Backen ſägezahnartig ſind und deſſen Wirkungsweiſe ohne weiteres aus der Zeichnung hervorgeht. Die Bohrfutter können nicht nur Bohrer, ſondern auch Fräſer, Reibahlen u. ſ. w. aufnehmen.

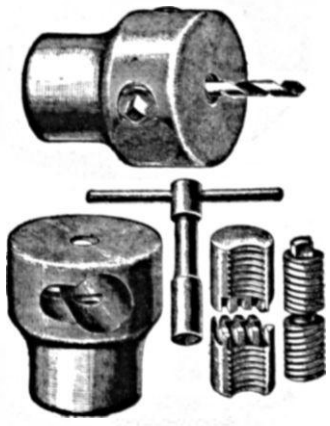


Fig. 4 und 5.

Meiſt in der Dreherei Verwendung finden die Spann- und Drehfutter. Für die Dreherei kann man drei verſchiedene Aufſpannarten unterſcheiden: 1. ſolche, bei denen die Arbeitsſtücke von der Stange abzuſtechen ſind; 2. ſolche zur Feſthaltung von Teilen, die teilweiſe fertig von der andern Seite aus bearbeitet werden ſollen; 3. Einſpannungen für Guß- und Schmiedeſtücke.

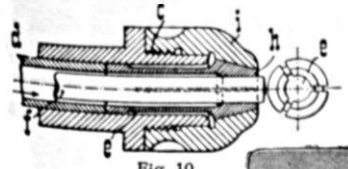


Fig. 10.

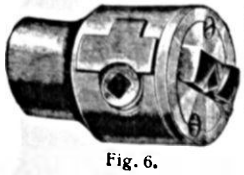


Fig. 6.

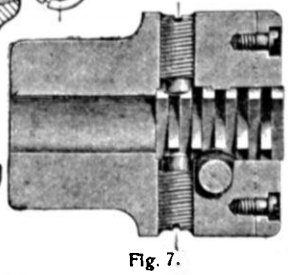


Fig. 7.

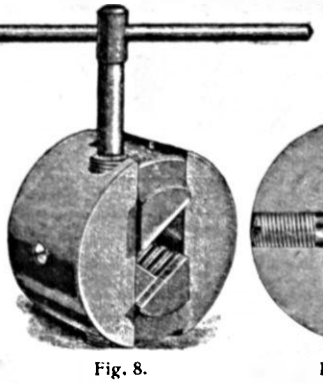


Fig. 8.

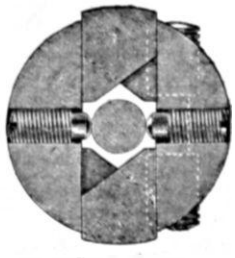


Fig. 9.

Unter die Gruppe 1 fällt die Einſpannvorrichtung Fig. 10, insbeſondere für Revolverdrehbänke. Um die Stange *f* feſtzuſpannen, iſt über das Spindelende *c* eine Kappe *i* geſchraubt, die genau auf den Spindelanſatz paßt. In der Spindelbohrung befindet ſich die Spannzange *e*, die bei *h* kegelig und dreimal geſchlitzt iſt. Dieſe Spannzange iſt aus Stahl und vor dem Härten auseinander geſpreizt. Hinter der Spannzange ſitzt eine Büchſe *d* in der Spindelbohrung.

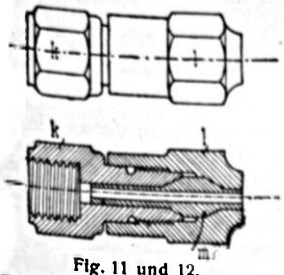


Fig. 11 und 12.

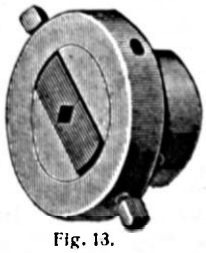


Fig. 13.

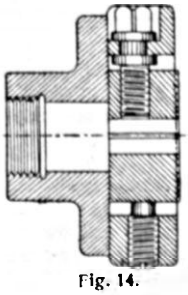


Fig. 14.

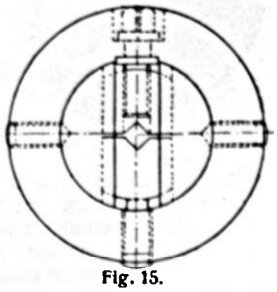


Fig. 15.

Bei einem Druck nach vorwärts wird naturgemäß die Zange *e*, mit ihrem Kegel *h* an der Höhlung der Kappe *i* gleitend, feſt auf das Arbeitsſtück *f* gepreßt. Um Arbeitsſtücke verſchiedenen Querſchnitts zu verarbeiten, braucht nur eine entſprechende Zange eingeſetzt zu werden. Eine ähnliche Konſtruktion amerikaniſcher Herkunft zeigt Fig. 11 und 12. Auf das Spindelende der Drehbank wird die Büchſe *k* und auf dieſe die Kappe *l* geſchraubt. Zwiſchen beiden ſitzt die doppelkegelförmige Spannzange *m*, die dreifach geſchlitzt iſt und bei einem Druck auf das Arbeitsſtück feſt gegen dieſes und die Spannbacken *k*, *l* gepreßt wird.

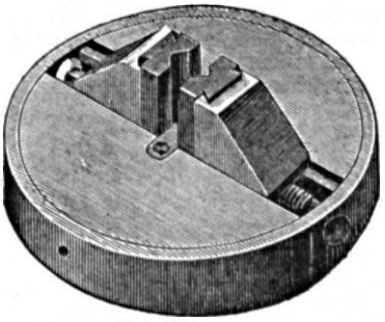


Fig. 16.

Zur zweiten Gruppe der Spannfutter gehört das Zweibackenfutter nach Fig. 13, bei dem das Einſpannſtück durch Zuſammenſchrauben der Backen in dieſen feſtgeklemmt wird. Aehnlich iſt das Spannfutter nach Fig. 14 und 15, bei dem ein Vorſtehen der Schrauben vermieden iſt. Fig. 16 zeigt ein ſelbſtzentrierendes Spannfutter mit vorſtehenden Backen, das eine vielſeitigere Verwendung zuläßt als die vorbeſchriebenen Futter. Es beſteht aus einer quergefräſten Scheibe mit umgebendem Ring und den im Querſchlitz der Scheibe verſtellbaren Backenhaltern mit auswechſelbaren Backen. Die Backenhalter ſitzen als Muttern auf einer mit Rechts- und Linksgewinde verſehenen Schraubenſpindel, ſo daß beim Drehen derſelben beide Spannbacken ſich gleichzeitig bewegen. In vielen Fällen iſt es vorteilhaft, ein Futter mit drei Spannbacken zu verwenden, um Ringe u. ſ. w. ſo einzuſpannen, daß ſie ſowohl von innen als auch von außen und an der Hinterſeite bearbeitet werden können. Bei dem Hortonſchen Vierbackenfutter (Fig. 17) laſſen ſich die Backen leicht gegeneinander auswechſeln und

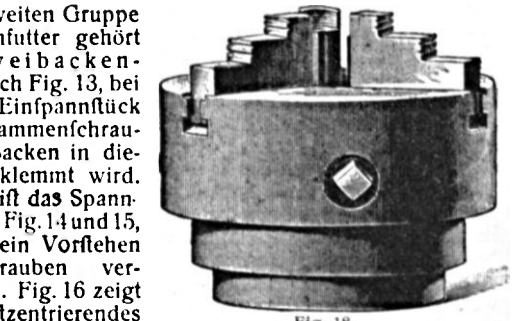


Fig. 18.

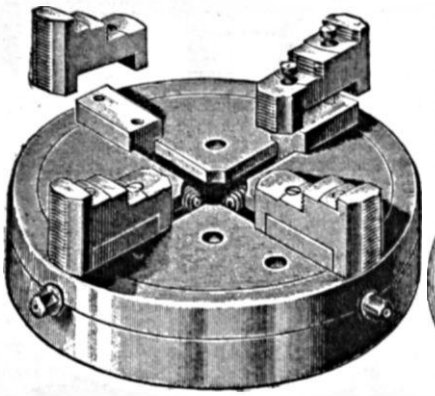


Fig. 17.

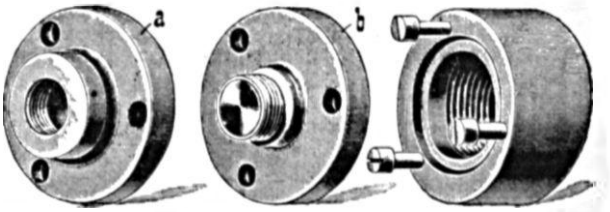


Fig. 19.

können allein gehärtet ſein, während die übrigen Teile weich bleiben. Fig. 18 zeigt ein Cuſhmanſches Dreibackenklemmfutter von Karl Haſſe & Wrede, Berlin N., bei dem die drei Backen das Aufſpannen zu durchbohrender Gegenſtände ermöglichen. Das Futter hat drei Kegelräder, von denen jedes einzelne mittels Zahnkranzes ſämtliche auf der Unterſeite entſprechend gezahnten Backen bewegt. Fig. 19 zeigt ein ſogenanntes Aufſchraubfutter derſelben Firma mit den Einſatzſcheiben *a*, *b*, um mit Hilfe derſelben verſchiedene Werkſtücke auf dem Futter durch Aufſchrauben feſtzuſpannen.

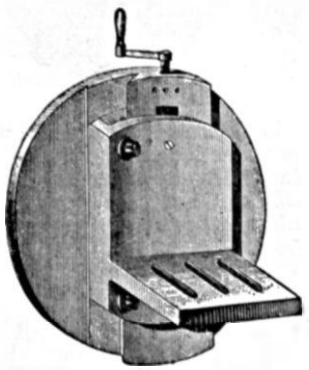


Fig. 21.

Die Einſpannvorrichtungen nach Gruppe 3 erfordern oft zuſammengeſetzte Spannbacken. Hierzu laſſen ſich Futter mit mehreren gegenüberliegenden Spannbacken der vorerwähnten Art verwenden, wobei in dieſen der Form der Werkſtücke entſprechende Ein- oder Ausſchnitte angebracht ſind.

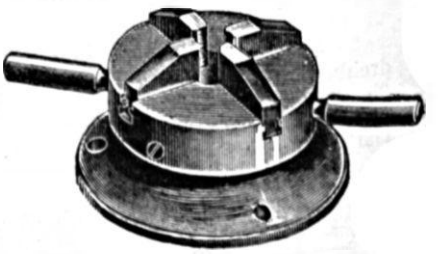


Fig. 20.

Außer den vorerwähnten Futtern ſind noch ſolche für beſondere Zwecke in Verwendung. Das Futter Fig. 20 z. B. dient dazu, das Werkſtück zwecks genauen Ankörnens zentriſch einzuſpannen, und heißt deshalb Ankörnfutter. Unter die Spezialfutter gehören auch die Winkelfutter mit winklig zueinander ſtehenden Spannteilen, die gegenſeitig verſchiebbar ſind und von denen der eine Teil das Werkſtück trägt. Fig. 21 ſtellt ein ſolches Winkelfutter von J. G. Weißer Söhne, St. Georgen im Schwarzwald, dar.

Für Drückarbeiten ſind die Drückfutter in Verwendung, die aus einem an der Arbeitsſpindel befeſtigten Holzmodell beſtehen, das die zu drückende Form beſitzt und an welches das Blech oder dergl. von Hand mittels des Drückſtahles angepreßt wird.

Literatur: [1] Fiſcher, Die Werkzeugmaſchinen, 2. Aufl., Bd. 1, Berlin 1905. — [2] Weisbach-Herrmann, Ingenieur- und Maſchinenmechanik, Braunſchweig 1896. — [3] Uſher-Elfes, Moderne Arbeitsmethoden im Maſchinenbau, Berlin 1900. — [4] Grimſhaw, Beſondere Verfahren im Maſchinenbau, Hannover 1902. — [5] Stübling, Das geſamte Drechſlergewerbe, Weimar 1896. — [6] Zeitſchrift für Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge 1896—1906. — Ferner die Patente in Patentklaſſe 49 ſowie die Kataloge der Werkzeugmaſchinenfabriken.

Dalchow.

Futterale, Benennung für eine Gattung von Einhüllungen, vorzugsweise aus Pappe hergeſtellt, zum Einſchieben von allerlei Gegenſtänden.

Die gebräuchlichſte Form iſt das Buchfutteral, ein aus Pappe geritzter, an einer Längsſchmalſeite offener Kaſten mit beiderſeitigem Ausſchnitt, um das Buch herausziehen zu können. Ferner das Brillenfutteral. Hier wird ein Pappſtreifen über einen länglichen, an beiden Seiten abgerundeten Klotz mit ovalem Querſchnitt geſchloſſen, wobei die Enden durch Flechten und Klopfen vereinigt werden. Die ſo entſtandene Hülſe wird nach dem Trocknen mit Papier oder Leder überzogen und durch Querſchnitt getrennt. Durch Einſetzen eines über einen entſprechend kleineren Klotz geſchloſſenen Pappzylinders — Hals genannt — wird ein völlig dichter Abſchluß erzielt. *Saalfeld.*

Futterbarren, ſ. Pferde-, Rindvieh-, Schaf- und Schweineſtälle.

Futterblech, 1. Einlage beim Abſchlitzen und Schroten der Werkſtücke in Steinbrüchen, dient zum Schutze des Steines beim Eintreiben der Eiſenkeile, um ein Ausbrechen der Steinkanten zu verhüten; 2. fälſchlich für Firſt- und Gratblech; 3. Blechverkleidung an Helmſtange. *Weinbrenner.*

Futterbrett (Futterſtufe, Setzſtufe), aufſteigende Bretterverkleidung zwiſchen zwei aufeinander folgenden Trittſtufen. Bei leichten ſogenannten eingeſchobenen Treppen kommt ein Futterbrett nicht in Anwendung. *Weinbrenner.*

Futtergänge, beſondere Wege in größeren Viehſtällen, um die Krippen unmittelbar zugänglich zu machen und damit die Fütterung zu erleichtern.

In Schweineſtällen (ſ. d.) ſind ſie ſtets unentbehrlich; in kleineren Rindviehſtällen (ſ. d.) kann man ſich damit behelfen, daß der Viehwärter zwiſchen die Tiere tritt, um an die Krippe zu gelangen. *v. Tiedemann.*

Futterkochapparate, ſ. Dämpfapparate.

Futterküchen ſind in ſolchen Viehſtällen anzulegen, in denen gekochtes Futter verabreicht wird (namentlich in Schweineſtällen, ſelten in Rindviehſtällen); ſie erhalten gewöhnlich ſteinerne Fußböden.

Zum Kochen des Viehfutters wird mit Vorteil Dampf verwendet. Der Dampfentwickler, häufig zugleich zum Betrieb landwirtſchaftlicher Gewerbe benutzt, ſteht dann in einem andern Gebäude. Will man das Futter mit direktem Feuer kochen, ſo muß nach den polizeilichen Vorſchriften die Futterküche durch Brandmauern von dem Stallgebäude getrennt werden, worunter der Wirtſchaftsbetrieb leidet. Daher wird in Bauernhäuſern das Viehfutter meiſt in der Küche oder Waſchküche des Wohnhauſes zubereitet. Die Dampffäſſer werden gern paarweiſe aufgeſtellt, damit ſie abwechſelnd benutzt werden können. Futterküchen in Schweineſtällen erhalten eine Größe von 0,4—0,5 qm für das Schwein. *v. Tiedemann.*

Futtermailleuſe, ſ. Wirkerei.

Futtermauern. Manche nennen jede gemauerte Stützwand Futtermauer, ſo daß die Bezeichnungen Futtermauer und Stützmauer alsdann identiſch ſind. Andre verſtehen unter Stützmauern Mauern, welche die Böſchung von Anſchüttungsmaſſen, unter Futtermauern dagegen ſolche, welche die Böſchung von Abgrabungen ganz oder teilweiſe zu erſetzen haben. Noch andre nennen diejenigen Mauern, die bis an die Dammkrone einer Straße oder einer Eiſenbahn reichen, Futtermauern, dagegen jene, die dieſe Höhe nicht erreichen, Stützmauern. *Schmitt-Darmſtadt.*

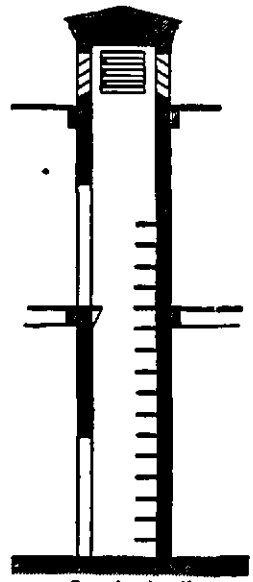
Futtermeſſer (Futterklinge, Strohmeſſer), meiſt aus Stahlblech hergeſtelltes, in der Landwirtſchaft zum Schneiden von Futtermitteln wie Stroh, Grünfutter, Hackfrüchte u. ſ. w. gebrauchtes Schneidzeug.

Dasſelbe wird bei Handbetrieb gewöhnlich als einarmiger Hebel ausgebildet, der um einen durch das am Meſſerende befindliche Loch geſteckten Zapfen drehbar iſt, und mittels eines Griffes am andern Meſſerende bewegt. Bei Maſchinenbetrieb (Häckſelmaſchinen, ſ. d.) ſind die Futtermeſſer auf Trommeln oder Scheiben in der Regel durch Schrauben auswechſelbar befeſtigt. *Dalchow.*

Futterquetſchmaſchinen, landwirtſchaftliche Maſchinen, durch die Körnerfutter (Hafer, Mais u. ſ. w.), nicht wie es bei Schrotmühlen der Fall iſt, mehr oder weniger fein zermahlen, ſondern nur gequetſcht werden, ſo daß ſie ihren Zuſammenhang in der Hauptſache behalten. Die Quetſchung erfolgt durch zwei Walzen mit ungleichem oder demſelben Durchmeſſer, die enger oder weiter zueinander angeſtellt werden können. Vielfach im Gebrauch iſt die Futterquetſchmaſchine von Turner in Ipswich, die von zahlreichen deutſchen Fabriken hergeſtellt wird. Zum Quetſchen von Lupinen erhalten die Walzen Vertiefungen.

Futterrohre, ſ. Tiefbohren.

Futterſchlot. Wenn der Heuboden über dem Viehſtall liegt, was die Regel bildet, bringt jede Durchbrechung der Decke zur Schaffung von Einwurföffnungen, ſelbſt wenn dieſe mit gut ſchließender Klappe geſchloſſen ſind, die Gefahr mit ſich, daß die Stalldünſte in den Heuboden eindringen, worunter die Güte des Heues erheblich leidet. Um das zu vermeiden, verbindet man Stall und Boden durch den Futterſchlot, einen aus ½ oder 1 Stein ſtarkem Mauerwerk aufgeführten Schacht von 0,9—1,0 m im Geviert Lichtweite, der unten und oben mit Türen geſchloſſen und bis übers Dach verlängert wird. In einer Ecke vermauert man wohl Steigeiſen zum Verkehr des Viehwärters. Vgl. die nebenſtehende Figur [1].



Durchſchnitt.

Grundriß

Literatur: [1] Tiedemann, L. v., Das landwirtſchaftl. Bauweſen, 3. Aufl., Halle a. S. 1898. *v. Tiedemann.*

Futterſchneidmaſchine, ſ. Häckſelmaſchine.

Futterſtock, Bezeichnung für den aufſteigenden Teil des Futters von Türen oder Fenſtern.

Futterſtück, ſ. v. w. Rahmſtück, ſ. Fenſterrahmen, Türen.

Futterſtufe, ſ. Futterbrett.

Futtertenne, ein erhöhter Platz mit glattem Steinfußboden in Viehſtällen zur Bereitung und Miſchung des Viehfutters, namentlich in Rindviehſtällen und Schafſtällen gebräuchlich. *v. Tiedemann.*

Fylfoot, auch Vierfuß, Torskreuz, Tempeleiſenkreuz u. ſ. w. genannt, iſt ein myſtiſches Zeichen von verſchiedener Form, das ſowohl im Altertum als auch im Mittelalter angewendet wurde (ſ. die Figur). Es findet ſich

auf griechiſchen und ſiziliſchen Münzen, ferner in den Katakombenmalereien, auf bronzenen Grabplatten, beſonders häufig im Mittelalter als Ornament des prieſterlichen Ornats.

G

als Abkürzungszeichen bedeutet auf den neuen deutſchen Reichsmünzen die Münzſtätte Karlsruhe, auf älteren preußiſchen Stettin, auf öſterreichiſchen Nagy-Banya (Oberungarn), auf ſchweizeriſchen Genf, auf älteren franzöſiſchen Poitiers. — g, amtliche Abkürzung für Gramm, auch übliche Bezeichnung für die Beſchleunigung der Schwere.

Ga, in der Chemie Zeichen für Gallium.

Gabbro, in der Geſteinskunde ein granitiſch-körniges Geſtein, das vorwiegend aus Feldſpat und Diallag beſteht, zu denen ſich noch in einigen Arten der Olivin (Olivingabbro) als weſentlicher Gemengteil geſellt.

Der Feldſpat bildet meiſt größere, unregelmäßig begrenzte, graue, bräunliche oder grünliche Körner und nähert ſich in ſeiner Zuſammenſetzung dem Labrador. Manche Feldſpate ſind in Sauſſurit (Zoiſit) umgewandelt. Auffälligerweiſe entſteht bei der Umwandlung der Feldſpate trotz ihres Kalkreichtums in den wenigſten Fällen Kalkſpat, ſehr oft aber Hornblende und Epidot neben Zoiſit. Der Diallag macht ſich als graues, braunes oder ölgrünes blättriges Korn von unregelmäßiger Form, aber mit einem deutlichen perlmutterartigen Metallglanz (Schiller) kenntlich. Die Zerſetzungsprodukte des Diallags ſind Hornblendeasbeſt oder faſerige Chlorit- und Serpentinaggregate. Auch der Olivin erleidet eine ähnliche Umwandlung zu Serpentin. Neben dieſen Hauptgemengteilen treten noch untergeordnet dunkler Glimmer, Magnet- und Titaneiſen, Apatit, Quarz auf. Die Verwitterung des Gabbros geht verhältnismäßig ſchwer vonſtatten, jedenfalls widerſteht er ſtark dem Zerfall, weil die faſerigen Umwandlungen der Feldſpate und des Diallags eine ſehr feſte Verbindung erzeugen. Die Gabbros ſind daher im allgemeinen zäh und ſchwer zu ſprengen, leichter zu ſchneiden und zu ſägen. Die Härte des Gabbros bewegt ſich zwiſchen 5 und 6. Was das Gefüge angeht, ſo iſt dasſelbe in der Mehrzahl der Fälle ein ſo grobkörniges, daß die einzelnen Gemengteile mit bloßem Auge erkannt werden können. Gewiſſe italieniſche Gabbros gehören zu den grobkörnigſten Eruptivgeſteinen überhaupt. Dichte Arten ſind ſelten, und porphyriſche, alſo ſolche mit Grundmaſſe und Einſprenglingen, nirgends beobachtet worden. Auch blaſige und Mandelſteinbildungen fehlen durchweg.

Die chemiſche Zuſammenſetzung charakteriſiert die Gabbro als kalk- und magneſiareiche und an Kieſelſäure und Alkalien arme Geſteine. Sie enthalten 46—52 % SiO_2, 12—20 % Al_2O_3, 7—16 % $Fe_2O_3 + FeO$, 9—18 % CaO, 2—10 % MgO, 0,5—1,5 % K_2O, 1—2,5 % Na_2O. — Das ſpez. Gew. ſchwankt zwiſchen 2,95 und 3,05. Das geologiſche Auftreten und die Art der Entſtehung des Gabbros wechſelt. Wohl die meiſten ſind echte Eruptivgeſteine, alſo Erſtarrungsprodukte eines glutflüſſigen Magmas. Sie bilden Gänge, Lager und Stöcke in den Sedimenten und auffallenderweiſe von ſehr grobkörniger Beſchaffenheit im Apennin in ſehr jungen Schichten (Kreide und Tertiär). Andre Gabbros bilden lavaartige Ergüſſe in häufiger Wiederholung. — Eine nicht unbeträchtliche Zahl der Gabbroarten ſtellt Ein- und Zwiſchenlagerungen in kriſtallinen Schiefern dar; ihnen kommt demnach eine Entſtehung zu, die von derjenigen ihrer Nebengeſteine nicht abweicht. Solche kriſtalline Gabbros treten in Niederſchleſien, Sachſen, Böhmen auf.

Man unterſcheidet hinſichtlich der petrographiſchen Beſchaffenheit zunächſt zwiſchen olivinfreiem und olivinhaltigem oder Olivingabbro. Dieſem ſteht der ſogenannte **Forellenſtein** (Volpersdorf in Schleſien, Bormio im Veltlin) nahe, der aus Anorthit, Olivin und Diallag in mittel- bis grobkörniger Miſchung beſteht. Ein Olivingabbro iſt der Granitone der Florenzer Gegend. Die ſauſſurit- und zoiſitführenden Gabbros werden als Sauſſurit- (Euphotid-) oder Zoiſitgabbro bezeichnet. Ein ſehr ſchönes dunkelgrünes Geſtein iſt der als Verde di Corſica oder Verde d' Orezza bezeichnete, ſmaragditführende Sauſſuritgabbro (Oſtküſte von Korſika). Der mit Hornblendeſchiefer verbundene Zoiſit-Sauſſurit-Gabbro vom Zobten (Zobtenit, Zobtenfels) ſchließt ſich hier an. Als Schillerfels ſieht man ein dunkles Gemenge von viel Enſtatit und Olivin neben wenig Feldſpat an. Enſtatit iſt meiſt in Baſtit (tombakglänzend) und Olivin in Serpentin umgewandelt. Als Labradorfels oder Labradorit kann das die ſchönen, farbenſpielenden Labradore führende Feldſpat-Diallag-Geſtein von der Küſte Labrador und das neuer-

dings von Kiew (Rußland) als dunkler, farbenſchillernder Dekorationsſtein in den Handel gebrachte Geſtein bezeichnet werden. Hyperſthenit oder Hyperit, Hyperſthenfels werden dunkle, körnige Geſteine genannt, die aus Feldſpat und Hyperſthen neben etwas Diallag beſtehen.

Die techniſche Verwendung der Gabbros wird in erſter Linie durch ihre Farbe und ihre mäßige Härte bedingt. Die Farben der Gabbros ſind meiſt dunkle, grüne, graue bis ſchwarze, oft auch grünlichweiße (Feldſpat) mit ſchwarzen Körnern (Olivin, Diallag) im Verde di Corſica; im allgemeinen ſind es ſchöne Farbentöne, die den Gabbro als Dekorationsſtein (Wandverkleidungen, Säulen, Poſtamente, Sockel, Baluſter, Treppen, Tiſchplatten, Vaſen, Kunſtgegenſtände) außerordentlich beliebt machen. Kommt dazu noch der Farbenſchiller der großkörnigen Labradore im Labradorit von Kiew (dunkelgrau bis ſchwarz), ſo gewinnt der Stein ein außergewöhnliches und farbenprächtiges, blau-, rot- und grünſchillerndes Ausſehen, das auf polierten Flächen noch beſonders hervortritt. Die Politur läßt ſich wegen der ziemlich gleichmäßigen Härte der einzelnen Gemengteile in großer Schönheit ausführen. Da die Härte unter derjenigen des Quarzes und harten Stahles liegt, ſo iſt eine Bearbeitung durch Zerſägen und Schneiden leicht möglich. Die durch den Reichtum an faſerigen Gemengteilen erzeugte Zähigkeit erſchwert dagegen das Behauen und Zerſprengen. Die Druckfeſtigkeit bewegt ſich zwiſchen 700 und 1800 kg pro 1 qcm beim 6-cm-Würfel. Die Widerſtandsfähigkeit gegen Verwitterung iſt beim Gabbro eine ſehr bedeutende, da ſeine Mineralien wohl zu andern Silikaten umlagern, ſelten aber ganz zerfallen. Die gegen Granit, Quarzporphyr und andre quarzhaltige Geſteine etwas geringere Härte läßt den Gabbro etwas leichter abnutzen als dieſe, geſtattet aber als Pflaſterſtein ſtets eine rauhe Oberfläche und vergrößert damit den Reibungswiderſtand. Bedeutend iſt die Benutzung des Gabbros aus dem Radautal im Harz als Pflaſtermaterial (Druckfeſtigkeit 1030—1813 kg pro 1 qcm im 6-cm-Würfel).

Literatur: Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., Leipzig 1894, Bd. 2, S. 739. *Leppla.*

Gabel, im Bauweſen 1. ſ. v. w. Schere oder Schlitz bei Endverzapfungen, z. B. der Sparren, Zuganker u. ſ. w.; 2. auch für Hängeeiſen (ſ. d.) gebraucht; 3. der Punkt, an dem die Firſt einer Dachgaube oder eines niederen Daches an eine andre Dachfläche anſtößt. *Weinbrenner.*

Gabel, ein in zwei Glieder auslaufendes Stangenende.

In der Regel ſind beide Glieder ſymmetriſch geſtellt und ſitzen mit ihren Augen auf einem Gelenkbolzen (ſ. Gabelzapfen), entweder loſe drehbar (Fig. 1) oder feſt (Fig. 2) (vgl. Pleuelſtangen); ſeltener kommen einſeitige Gabeln vor, wie bei den an einer Kuliſſe angreifenden Exzenterſtangen (Fig. 3).

Man pflegt die Gabelarme nach der in Fig. 1 angegebenen Lage der Kräfte zu berechnen: Die Spannung s in einem beliebigen Querſchnitt wird beſtimmt als Summe der Zugſpannung σ und der Biegungsſpannung β; dabei findet man σ aus der Normalkraft $P_n = b\,h\,\sigma$ mit $P_n = \frac{1}{2} P \cos\alpha$, wogegen die andre Seitenkraft ſowie die zugehörige Schubſpannung in der Querſchnittsebene zu vernachläſſigen iſt, und die Spannung β aus dem Moment $\frac{1}{2} P a = \frac{1}{6} b^2 h \beta$ mit a als Querabſtand von Mitte Auge bis Mitte Querſchnitt. — Für die als Beiſpiel im Maßſtab 1 : 10 gezeichnete Sicherheitskupplung von Eiſenbahnwagen (Fig. 1) für

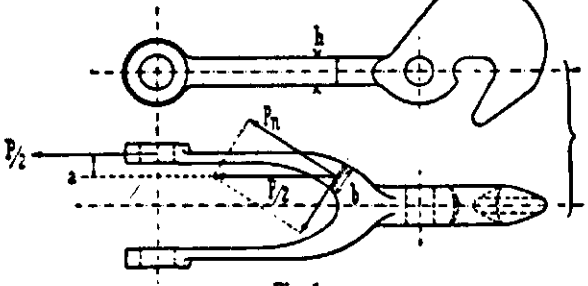


Fig. 1.

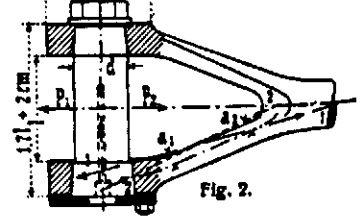


Fig. 2.

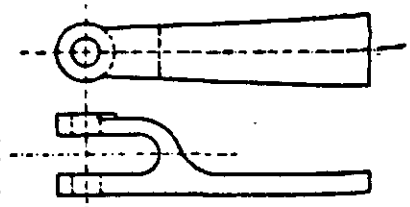


Fig. 3.

$P = 3000$ kg Zugkraft am Haken, bei den Abmeſſungen $h = 3{,}6$ cm, $b = 4$ cm, $a = 3{,}5$ cm mit $P_n = 1200$ kg erhält man $\sigma = 83$ und $\beta = 547$, daher die Beanſpruchung $s = 630$ kg/qcm. In den parallelen Strecken der Arme würde, in gleicher Weiſe berechnet, neben $\sigma = 1500/1{,}4 \cdot 3{,}6 = 300$, die Biegungsſpannung $\beta = 1500 \cdot 0{,}5$ cm $6/1{,}4^2 \cdot 3{,}6 = 637$, alſo die Beanſpruchung $s = 937$ auftreten. Dieſe Berechnung gibt aber zu große Spannungswerte an. Infolge der Verbiegung der Arme unter dem in Rechnung geſetzten Moment müßte jedenfalls die Mittelkraft des Auflagerdruckes im Auge näher nach dem inneren Rande hin rücken, ſo daß bei einer Verſchiebung der Kraft um 0,5 cm $\beta = 0$ wäre und s bis auf 300 zurückgehen könnte. In gleichem Sinne wird ſich auch die ſeitliche Biegung der Exzenterſtange (Fig. 3) infolge ungleicher Verteilung der Kraft auf die beiden Augen etwas günſtiger geſtalten, als die einſeitige Kraftwirkung rechnungsmäßig unter Vernachläſſigung der elaſtiſchen Formänderung angibt.

Wenn beide Augen auf einem gemeinſamen Bolzen feſtſitzen, wie bei der Pleuelſtangengabel (Fig. 2), iſt das Syſtem ganz unbeſtimmt. Man gelangt hierbei zu angemeſſenen Querſchnittswerten bei normaler Beanſpruchung von 300 kg/qcm, indem man die Kraft $\frac{1}{2} P \cos\alpha$ von dem Auge in ſchräger Richtung zum Stangenſchaft übergehend einzeichnet — freilich nicht ohne

einige Willkür in der Wahl der Lage, die allenfalls für Zug (P_1) und Druck (P_2) verfchieden angenommen werden kann — und danach den Abftand a_1 und a_2 der Kraftrichtung von der Schwerpunktslinie des Gabelarmes entnimmt, um damit die Rechnung wie vorher durchzuführen.

Zur Herftellung einer Scharniergabel (Fig. 4) wird ein ftärkeres Quadrateifenftück gelocht, bis ans Ende aufgefchrotet, über einem Dorn paffend aufgetrieben, am hinteren Teil

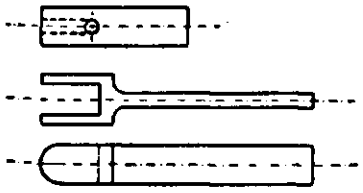


Fig. 4.

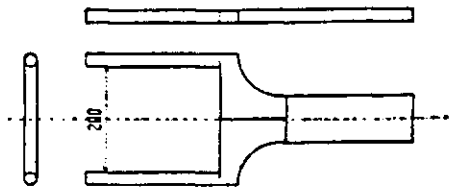


Fig. 5.

auf Schaftftärke abgefetzt und ausgeftreckt, fchließlich nach Maß befchellt. Mit einer Warmfäge läßt fich eine Gabel aus dem Vollen durch zwei Einfchnitte und nachfolgendes Abfchroten am Grunde bilden. Die Riemengabel (Fig. 1) läßt fich innen beffer ausarbeiten, wenn jedes Endglied für fich ausgebildet, danach mit dem andern und mit dem Stiel verfchweißt wird. Lange Gabeln werden aus Flacheifen oder dergl. gebogen und durch Schweißung mit dem Stiel verbunden. Auch hilft man fich durch Vernieten oder Zufammenfchrauben der einzelnen Teile. *Lindner.*

Gabelpfanne, f. Eifengießerei, Bd. 3, S. 365.

Gabelrohr (Hofenrohr), das Uebergangsftück aus einer weiten in zwei engere Rohrleitungen (f. d.).

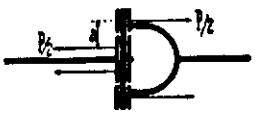
Gabelfchlüffel, ein gegabelter Schraubenfchlüffel (f. d.).

Gabelftation (Trennungsftation), f. Bahnhöfe, Eifenbahnbetrieb IV.

Gabelzapfen, Gelenkbolzen in einer Gabel (f. d.).

Der Zapfen kann in beiden Bauteilen lofe drehbar liegen, wie bei ruhenden Gelenken in Dachkonftruktionen, wobei der Flächendruck bis zur zuläffigen Druckfpannung des Materials anfteigen darf, oder er wird wie bei Kreuzkopfbolzen in dem einen der beiden Stücke befeftigt und im andern drehbar gelagert. Jedenfalls ift er gegen Verfchiebung zu ficher.

Die Scherfpannung τ, beftimmt durch $P = \tau\, 2\pi d^2/4$, kommt nur in Betracht, wenn die Länge l des Mittelftückes kleiner als der Durchmeffer d des Bolzens ift. Sonft wird allein die Biegung in Rechnung gezogen, und zwar mit dem Moment $\frac{1}{2} P a = 0{,}1\, d^3 \beta$, wobei $a = \frac{1}{4} l + \frac{1}{2} b$ die Entfernung von Mitte Auge bis zur Mitte der nächften Hälfte des Mittelftückes bedeutet. Die Breite b des Gabelauges ift gewöhnlich 0,4 l bis 0,5 l. Die Biegungsfpannung β beträgt 500 kg/qcm für Stahl. Statt der Feftigkeit ift mitunter der Flächendruck $p = P/l\, d$ bezw. $P/2\, b\, d$, bei einem angemeffenen Längenverhältnis l/d zwifchen 1 und 2, für die Bolzenftärke maßgebend. *Lindner.*



Gaden (altdeutfch, in Süddeutfchland von Oeſterreich bis zur Schweiz noch gebräuchlich), 1. kleines Haus oder Hütte, Sennhütte, Stadel (Heufchopf), Vorratshaus; 2. Raum, Kammer, Gemach, z. B. Werkgaden, Kaufgaden, Milch- und Fleifchgaden, Gefchirrgaden; 3. Stockwerk, daher zweigadiges, dreigadiges Haus. *Weinbrenner.*

Gadolinit (Melanerz), Beryll-Yttrium-Eifenoxyd-Silikat $Be_2FeY_2Si_2O_{10}$ mit Beimengungen von Lanthan, Didym, Cer, Thorium, als Ytterbit frei von Beryll; kriftallifiert monoklin; meift aber derb. Pechfchwarz, Strich grün bis grau; glas- bis fettglänzend, kantendurchfcheinend bis undurchfichtig. Härte 6,5—7, fpez. Gew. 4—4,3. Vorkommen im Granit von Fahlun, Hitteröe in Norwegen, Radautal im Harz u. f. w. Zur Gewinnung feltener Erden für Glühkörper verwendbar. *Leppla.*

Gänze (Maffeln, Kolben), in der Eifengießerei Formen in Sand oder Eifen, in welche das Roheifen einfließt.

Gärbottich, f. Bierbrauerei, Spiritusfabrikation, Stärkefabrikation.

Gärbftahl, f. Stahl.

Gärraum (Gärkeller), f. Bierbrauerei, Spiritusfabrikation.

Gärröhre, von Gall angegebene, zweimal rechtwinklig gebogene Röhre, die zur Ableitung der Kohlenfäure bei gärendem Moſte dient. Der eine Schenkel ift in dem hohlen Spunde des Faffes befeftigt, in dem fich die gärende Flüffigkeit befindet, der andre Schenkel taucht in ein mit Waffer gefülltes Gefäß. *H. Herzfeld.*

Gärfpund, Vorrichtung zur Verhinderung des Luftzutrittes zu gärenden Flüffigkeiten.

In der Weinkellerwirtſchaft iſt der ſogenannte hydrauliſche Gärſpund ſehr gebräuchlich. Er beſteht aus einer lotrecht in den Faßſpund eingeſetzten Röhre, die von einem mit Waſſer gefüllten ringförmigen Gefäße umgeben iſt. Ueber das Rohr iſt ein Gefäß geſtülpt, deſſen Rand in das Waſſer hineinragt. Die aus dem Faſſe entweichende Kohlenſäure gelangt zunächſt in dieſes Gefäß, von da in das Sperrwaſſer, durch das ſie in die Luft entweicht. Der automatiſche Gärſpund von Berſch dient vorwiegend zum Spunden von Bier und beſteht aus einem unter beliebigen Druck zu ſtellenden Ventil, mit dem Flüſſigkeiten unter beſtimmtem Druck mit Kohlenſäure geſättigt werden können. *H. Herzfeld.*

Gärung nennt man eine Reihe von Prozeſſen, bei denen, meiſtens unter Mitwirkung von Mikroorganismen, eine Zerſetzung komplizierter zuſammengeſetzter anorganiſcher Stoffe in einfachere ſtattfindet. Von dieſen Erſcheinungen pflegt man die Zerſetzung ſtickſtoffhaltiger Stoffe ſpeziell als Fäulnis und Verweſung abzuſondern und mit Fäulnis die unvollkommenen Zerſetzungsprozeſſe, mit Verweſung diejenigen zu bezeichnen, bei denen ein völliger Zerfall in Kohlenſäure, Waſſer und Ammoniak bezw. Salpeterſäure eintritt. Unter Gärung in engerem Sinne verſteht man dann die Zerſetzung von Kohlehydraten.

Zur Erklärung der Gärungserſcheinungen waren zahlreiche Theorien aufgeſtellt [1], [2]. Im Gegenſatz zu der von Paſteur verbreiteten Annahme, daß die Gärung durch die Lebenserſcheinungen der ſie erregenden Organismen bedingt und ein von den lebenden Zellen nicht zu trennender Vorgang ſei, iſt durch die Arbeiten von Buchner [3] für die Erreger der geiſtigen Gärung, die Hefen, nachgewieſen, daß ein von den lebenden Zellen trennbares Ferment, die Zymaſe, die Gärungserſcheinungen verurſacht.

Von den verſchiedenen Arten der Gärung iſt techniſch die wichtigſte die alkoholiſche oder geiſtige Gärung, welche die Grundlage der Bierbrauerei, der Weinbereitung und der Spiritusfabrikation bildet. Dieſe Gärung wird hervorgerufen durch die in den verſchiedenen Hefearten (ſ. d.) befindliche Zymaſe. Die Hefen zerlegen hauptſächlich die einfachen Zuckerarten nach der Gleichung $C_6H_{12}O_6 = 2\,C_2H_6O + 2\,O_2$. Doch ſind Alkohol und Kohlenſäure nicht die einzigen Produkte der Gärung; es bilden ſich nebenher ſtets geringe Mengen Bernſteinſäure und Glyzerin. Auch höhere Alkohole, namentlich Amylalkohol, zuſammengefaßt unter der Bezeichnung Fuſelöl, ſind unter den Produkten der geiſtigen Gärung faſt immer nachzuweiſen, doch verdanken dieſe ihre Entſtehung wahrſcheinlich nicht der Zymaſegärung; ſie werden vielmehr von andern Mikroorganismen gebildet, die über kurz oder lang wohl auch techniſch für die Darſtellung des immer mehr im Preiſe ſteigenden Amylalkohols herangezogen werden dürften. Die Gärung findet nur bei Temperaturen zwiſchen 0 und 50° ſtatt. Die günſtigſte Temperatur hängt von den Hefearten ab und liegt im allgemeinen zwiſchen 25 und 35°. In Zuckerlöſungen von mehr als 22% tritt keine Gärung ein, ebenſo wenn mehr als 14 Gewichtsprozent Alkohol in der Löſung ſind. Ueber Stoffe, welche die Gärung fördern oder beeinträchtigen, ſ. Hefe.

Die Eſſigſäuregärung verwandelt den Alkohol und auch Kohlehydrate in Eſſigſäure. Erreger der Gärung iſt der Eſſigpilz Mycoderma aceti. Ueber große mit Buchenholzſpänen gefüllte Fäſſer, die ſogenannten Eſſigbildner, läßt man Alkohol von ca. 10 Gewichtsprozent fließen. Die auf den Spänen angeſiedelten Pilze verwandeln unter Mitwirkung des Sauerſtoffes der Luft den Alkohol in Eſſigſäure. Die günſtigſte Temperatur liegt zwiſchen 10 und 35°.

Milchſäuregärung wird durch eine Reihe von Mikroorganismen erregt; die Gärung wird jedoch durch die gebildete Milchſäure ſehr bald gehemmt. Zur Erzeugung größerer Mengen Milchſäure muß man durch Zuſatz von Calciumkarbonat die gebildete Milchſäure als Calciumſalz abſcheiden. Die Milchſäuregärung verläuft am beſten bei Temperaturen über 50°. Sinkt die Temperatur unter 50°, ſo tritt leicht eine Zerſetzung der ſchon gebildeten Milchſäure in Butterſäure ein.

Ueber die ſchleimige Gärung, durch die der Wein in eine ſchleimige, fadenziehende Maſſe verwandelt wird, ſ. Wein.

Literatur: [1] Schützenberger, Die Gärungserſcheinungen, Leipzig 1876. — [2] Nägeli, Theorie der Gärung, München 1879. — [3] Buchner, Berichte der Deutſchen chemiſchen Geſellſchaft 1897, S. 117—124. *H. Herzfeld.*

Gärungsküpe, ſ. Indigoküpen.

Gaffel, ein in der Längsrichtung des Schiffes achtern am Maſt angebrachtes Rundholz, zum Ausbringen und Befeſtigen des Gaffelſegels im Gegenſatz zur querſchiffs hängenden Raa.

Die Gaffel beſteht aus Holz, wird am Maſt bei großen Schiffen durch eine Gleitſchiene, bei kleineren durch eine Gaffelklaue geführt, durch das Klaufall am Maſt geheißt und durch das Piekfall unter einem Winkel von etwa 45° gegen den Maſt nach oben ſteifgeholt.

Literatur: Middendorf, F. L., Bemaſtung und Takelung der Schiffe, Berlin 1903. *T. Schwarz.*

Gaffelſchoner, ein Schoner, der außer im Breitfock nur Gaffelſegel führt, im Gegenſatz zum Raaſchoner (Schonerbrigg) (ſ. Segelſchiffstypen).

Gaffelſegel, ein trapezförmiges Segel, das zwiſchen Maſt, Baum und Gaffel ausgebracht wird (ſ. Beſegelung).

Gaffeltopſegel, ein dreieckiges oder trapezförmiges Segel, das zwiſchen Stenge und Gaffel ausgebracht wird (ſ. Beſegelung).

Gagatkohle, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 286.

Gaisfuß (Geißfuß), Gerät zum Ausziehen von Schienennägeln aus hölzernen Bahnſchwellen.

Gala-Gala, Klebſtoff der Malaien, harzartige ſchwarze Maſſe eines javaniſchen Baumes (Croton sp.?), die gleich dem Gummilack durch Einſtiche einer Lackſchildlaus entſteht [1].

Literatur: [1] Riedels Mentor, Berlin 1904, S. 71. *T. F. Hanausek.*

Galaktometer (Cremometer), zylindriſches, ca. 4 cm weites Glasgefäß zur Beſtimmung der in beſtimmter Zeit von friſch gemolkener Milch ſich abſcheidenden Menge des Rahms. Das Gefäß iſt mit einer Teilung verſehen, an der ſich die abgeſchiedene Rahmſchicht ihrer Höhe nach in Prozenten des Inhalts ableſen läßt. S. a. Milchprüfung.

Galaktoſe, eine zu den Aldohexoſen gehörige Zuckerart $C_6H_{12}O_6$, die in allen drei Modifikationen, den beiden optiſch aktiven und der racemiſchen, bekannt iſt. Die rechtsdrehende Modifikation, die Galaktoſe, iſt die am längſten bekannte und entſteht neben Traubenzucker bei der hydrolytiſchen Spaltung des Milchzuckers und ſolcher Gummiarten, die bei der Oxydation mit Salpeterſäure Schleimſäure liefern; ſ. Kohlehydrate. *H. Herzfeld.*

Galaktoſkop (Laktoſkop, Butyrometer), ein feines Aräometer zur Ermittlung des ſpezifiſchen Gewichts der Butter bei 100°. Reines Butterfett beſitzt das ſpez. Gew. 0,866—0,868, dagegen Kunſtbutter nur 0,859, Miſchungen von Butter mit Kunſtbutter oder fremden Fetten nur 0,859—0,865, Rinder- und Hammelfett nur 0,860, Schweine- und Pferdefett nur 0,861. Die allgemein gebräuchlichen Inſtrumente von Königs haben eine Skala von 0,845—0,870.

Galalith (ſollte richtiger Galaktolith = Milchſtein heißen), ein von den Vereinigten Gummiwarenfabriken Harburg-Wien, vorm. Menier & J. V. Reithofer, aus Kaſein erzeugter hornartiger Körper, der ſeine vielfache Verwendbarkeit mit der des Celluloids teilt.

Das durch Lab aus der Magermilch gefällte Kaſein wird nach entſprechender Vorbehandlung mit Formaldehyd gehärtet und die Maſſe durch Preſſen in Platten (von 1 Millimeter aufwärts) geformt. Galalith hat das ſpez. Gew. 1,317—1,35, iſt weiß, hornähnlich, weniger elaſtiſch als Celluloid, ſchlecht ſchneidbar, läßt ſich vorzüglich polieren, färben, quillt in Waſſer nach längerem Liegen auf und wird weich, iſt abſolut geruchlos und ſchwer verbrennlich. Es wird zur Herſtellung der verſchiedenſten Drechſlerwaren, zu Meſſerheften, Federhaltern, Schirm- und Stockgriffen, Schachfiguren, Zigarrenſpitzen, Spielmarken, Taſſeneinlagen, Möbelverzierungen, Bürſtendeckeln, Kämmen, Haarnadeln u. ſ. w. verwendet. Die Darſtellungsverfahren des Galaliths ſind patentiert.

Literatur: Haſſack, Galalith u. Zelluloid, Oeſterr. Chem. Ztg. 1906, Nr. 15. *T. F. Hanausek.*

Galambutter, ſ. Sheabutter.

Galanteriearbeit. Unter „Galanteriewaren" verſteht man Luxus- und Gebrauchsgegenſtände aus Elfenbein, Meerſchaum, Perlmutter, Bernſtein, Schildpatt, Hartgummi, Celluloid, Fiſchbein, Horn, Knochen, Haaren, Wurzeln, Faſern, ferner aus Holz, Bronze, Aluminium und andern Metallen, aus Papier, Pappe, Webſtoff und Leder; Galanteriearbeit bezeichnet ſpeziell die Verarbeitung der letztgenannten Materialgruppe. Die zur Ausſchmückung der Wohnung dienenden Produkte führen auch die Bezeichnung „Phantaſieartikel".

Die Technik iſt die des Schneidens, Preſſens und Klebens. Der Kern der Gegenſtände wird meiſt aus Pappe gefertigt. Weil, beſonders bei Hohlkörpern, ein öfteres Ueberkleben ſtattfindet, nennt man dieſe Gruppe „kaſchierte Arbeit", während die nur aus Leder und Stoff hergeſtellten Sachen als „weiche Arbeit" bezeichnet werden. Viele der Galanteriemaſſenartikel werden ebenſo wie die Kartonnagen auf maſchinellem Wege hergeſtellt (Rahmen, Uhrenhalter, Hand- und Taſchenſpiegel); die beſſeren und teureren werden aber faſt ausſchließlich von Hand gearbeitet. Nur zum Schneiden und Ausſtanzen einzelner Teile ſowie zum Aufprägen von Schrift und Verzierungen werden einfache Hilfsmaſchinen benutzt. Kaſtenzargen werden durch Zuſammenleimen der vier oder mehr Seiten verbunden oder, falls es ſich um geſchweifte Grundformen handelt, durch Zuſammenkleben mehrerer Schrenzſtreifen um einen Klotz hergeſtellt. Rahmendicken und Paraventſeiten werden aufeinander geleimt und durch Abraſpeln der Kanten profiliert. Kaſtenzargen werden meiſt an den Ecken abgerundet und durch mehrfaches Ueberkleben verſtärkt. Sollen Käſten verſchließbar gemacht und mit Metallſcharnieren verſehen werden, ſo macht man die Langſeiten aus Holz, um Nägel und Schrauben einbringen zu können. Auch ſonſt wird vielfach Holz in Geſtalt von Leiſten, Sockelplatten und ganzen Zargen verwendet. Das Ueberzugsmaterial beſtand früher häufig aus dekorierten Papieren; ſpäter wurden Samt und Plüſch viel verwendet; jetzt iſt das geſpaltene und echte Leder wieder in Aufnahme gekommen. Daſſelbe wird ſorgfältig nach hinten, unten oder innen eingeſchlagen, bei Käſten werden beſonders überzogene Böden aufgeklebt, profilierte oder wattierte

Deckel aufgeſetzt. Häufig ſetzt man in vertiefte Ränder bei Kaſſetten, Rahmen und Ständern mit Farbendruckbildern beklebte, flachwattierte Kiſſen ein, die mit Seidengaze überzogen und übermalt ſind, ſo daß der Eindruck einer Originalhandmalerei entſteht. Nachdem etwaige Metallbeſchläge angebracht ſind, wird das Kaſteninnere bei billigen Sachen mit Brokat- oder Skytogenpapier, bei beſſeren mit Atlas, der auf Schrenz geſpannt iſt, bei Zigarrenkäſten mit Zedernfurnier ausgeklebt. Erfolgt die Vergoldung durch Preſſendruck, ſo müſſen die betreffenden Teile vor dem Ueberziehen gepreßt werden. Bei Handvergoldung kann das fertige Objekt verziert werden (ſ. a. Goldpreſſung). — Galanteriearbeiten ſind in hohem Grade Modeartikel, und daher ſind Form, Material und Verzierung häufigem Wechſel unterworfen. Hauptfabrikationsſtätten ſind: Wien, Berlin, Paris.

Literatur: Zeitſchr. f. die Portefeuille- und Galanteriebranche, Dresden 1896, 11. Jahrg.; Illuſtr. Zeitung für Buchbinderei u. f. w., Berlin 1896, 29. Jahrg.; Allgem. Anzeiger für Buchbinderei u. f. w., Stuttgart, 11. Jahrg.; über die Technik verbreiten ſich: Bergmeiſter, Galanteriearbeiten, Halle 1881; Adam, Lehrbuch der Buchbinderei, Dresden 1885; Franke, Papp- und Galanteriearbeiten, Leipzig 1897. *Saalfeld.*

Galeaſſen, Galeeren mit größerem Freibord, völligeren Schiffsformen und drei bis vier Maſten mit Raa- und lateiniſchen Segeln. Neuerdings Segelſchiffe mit einem Großmaſt vorne und einem kleinen Maſt hinten, ſtarkem Sprung, überhängendem Vorſteven und Spiegelheck (Plattgatt). *T. Schwarz.*

Galeere, mittelalterliches, ſcharf gebautes Ruderſchiff von niedrigem Freibord mit ausfallenden Bordwänden und Schiffslängen bis zu 50 m.

Die Riemen, die meiſt von fünf Mann bewegt wurden, befaßen eine Länge von 15 m. Die Kriegsſchiffsgaleeren trugen auf den Plattformen oder in den Kaſtellen im Bug und Heck Rohrgeſchütze, die nur gerade voraus oder achteraus feuern konnten. Sie führten ein bis zwei Maſten mit lateiniſchen Segeln.

Literatur: Charnock, John, History of Marine Architecture, London 1800. *T. Schwarz.*

Galeerenöfen, ſ. Arſen und Oefen, metallurgiſche.

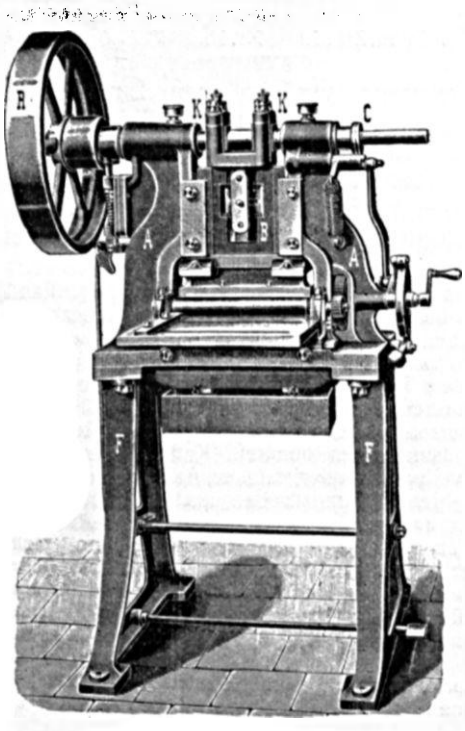
Galenit, ſ. v. w. Bleiglanz (ſ. d.).

Galenoide, ſ. v. w. Glanze (ſ. d.).

Galerie entſtand aus Wallerei, Gang auf dem Wall; dann wurden breite Gänge in großen öffentlichen Bauten ſo genannt, und ſchließlich wurde der Name auf elegante Säle übertragen, bei denen die Länge die Breite bedeutend überragt.

Solche Säle wurden namentlich in Schlöſſern angelegt und eigneten ſich der guten Beleuchtung wegen vorzüglich zur Unterbringung von Bildergalerien. Es werden aber auch andre langgeſtreckte Räume ſo genannt, namentlich die oberen abgeteilten Sitzreihen in Theateranlagen, breite Verbindungsgänge, auch bedeckte Gänge in Feſtungen u. ſ. w. *Weinbrenner.*

Galerieſchneidmaſchine (Exzentergalerieſtanze), Maſchine in der Blechfabrikation zur Herſtellung ſogenannter galerieartiger Durchbrüche, wie z. B. in der Lampenbrennerfabrikation.



Die Herſtellung von Durchbrüchen, die durch Wiederholung ein und desſelben Muſters eine Reihe (Galerie) bilden, geht mit einer Maſchine nach nebenſtehender Figur weit ſchneller von ſtatten als mit gewöhnlichen Spindel- oder Exzenterpreſſen. Infolge der möglichen großen Umdrehungszahl wird die Leiſtungsfähigkeit der Maſchine vergrößert, und es empfiehlt ſich daher mehr, dieſe Maſchine durch Elementarkraft anſtatt mit der Handkurbel in Gang zu ſetzen. Das dem vorderen Walzenpaar zugeführte und von dieſem erfaßte Blech wird nach jedem Durchſtoß für den nächſtfolgenden unter dem Stempel ſelbſttätig weitergerückt, hinter demſelben von einem zweiten Walzenpaare mit fortgeſchafft, und nachdem es der ganzen Länge nach durchbrochen iſt, verläßt es die Maſchine. Das Geſtell *A* erweitert ſich unten, ſo daß je nach der Größe der Maſchine Bleche von 160—280 mm Breite durchgeführt werden können. Der Stößel *B*, der durch die angedrehten Exzenterzapfen der oben im Geſtell gelagerten Welle auf und nieder bewegt wird, iſt mit den beiden Lagerköpfen *k* durch eine Schraube verbunden, um eine Höhenlage verändern zu können. Das Unterteil des Stößels iſt mit einem Prisma verſehen, auf dem zwecks Einſtellens nach der gewünſchten Lage des Durchbruches das Stanzoberteil verſchiebbar angeordnet iſt. Die

Befeſtigung der Matrize auf der Sohlplatte des Geſtelles erfolgt entweder mit Hilfe zweier ſeitlicher Stemmſchrauben oder mit den durch die Durchfallöffnung gehenden Befeſtigungsſchrauben, Vorlegeplatten und zugehörigen Spanneiſen. Beide Walzenpaare ſtehen durch Rädereingriff mit dem Schaltwerk in Verbindung, von dem aus ſie auch während des Betriebes der Maſchine in und außer Tätigkeit geſetzt werden können. Eine an der Kuliſſe verſchiebbare Schubſtange überträgt die Wirkung des auf der Antriebswelle ſitzenden Exzenters *c* auf den Schaltmechanismus und bewirkt dadurch die ſelbſttätige, genau gleichmäßige Weiterſchaffung des Bleches zwiſchen den Walzen. Eine Spiralfeder, die während der Schaltung durch den Exzenter geſpannt wird, vermittelt den Rückgang der Kuliſſe ſowie den des Schaltwerks. Die Einrückung des Stößels erfolgt durch einen Druck auf den Fußtritt. *Daſchow.*

Galette, ſ. v. w. Kokon; Galettſeide, Seidenabfälle von den Kokons, die verſpinnbar ſind.

Galloten, Fahrzeuge mit Beſegelung wie die Galeaſſen, aber ohne Heck oder Spiegel.

Galitzenſtein, blauer, ſ. v. w. Kupfervitriol (ſ. d.); Galitzenſtein, weißer, ſ. v. w. Zinkvitriol (ſ. d.).

Galläpfel (Gallen, Cecidien), abnormale Veränderungen (Neubildungen) an Geweben vorwiegend pflanzlicher, ſehr ſelten tieriſcher Organismen, die durch einen organiſierten (lebenden) Paraſiten verurſacht werden. Letzterer, der Gallenerzeuger, kann ein Pilz (Spore, Mycelfaden) ſein, und die von dieſem erzeugten Gallen heißen Mykocecidien (Pilzgallen); weitaus häufiger ſind aber die Zoocecidien, die von Tieren hervorgerufen werden [3]—[5], [7].

Das von einem weiblichen Tier an oder in einen (noch jugendlichen, in Entwicklung begriffenen) Pflanzenteil abgelegte Ei beginnt ſich auf Koſten der Nährſtoffe ſeines Wirtes zu entwickeln und übt dabei einen oft weithin ſich erſtreckenden Reiz auf das Pflanzenorgan (vielleicht mittels eines ſpezifiſchen Enzymes oder unmittelbar durch die lebende Subſtanz ſelbſt) aus, der ein Hinzuſtrömen und eine Anhäufung plaſtiſcher Stoffe zur Folge hat. Die hierdurch energiſch geſteigerte Zellentätigkeit äußert ſich in verſchiedener Weiſe, z. B. in der Vergrößerung und Verdickung des Pflanzenorgans, in abnormer Haarbildung, in Kräuſelung und Faltung (an Blättern) oder in der Bildung eines deutlich differenzierten, mitunter recht kompliziert gebauten Körpers, der dann Galle im engeren Sinne oder Gallapfel heißt [7], [8]. Die techniſch verwendeten Gallen werden nur von Gallweſpen (Cynipiden [1], [2], [6], [9]) und Pflanzenläuſen hervorgerufen; ſie ſind Gewebewucherungen mit innerlich lebenden Paraſiten, an denen in vielen Fällen eine Außengalle (Parenchymſchicht) und eine Innengalle mit äußerer Steinzellen- und innerer ſtärkereicher Nahrungsſchicht unterſchieden werden kann.

Abgeſehen von den als Nahrungsmittel im Orient gebrauchten Gallen auf Salviaarten findet die Mehrzahl der Galläpfel wegen ihres hohen Gehaltes an Gallusgerbſäure (Galläpfelgerbſäure, Tannin, Acidum tannicum $C_{14}H_{10}O_9$) in der Technik zum Gerben, Färben, zur Erzeugung von Tinte, in der Pharmazie zur Reindarſtellung des Tannins als Adſtringens, Desodorans u. ſ. w. Anwendung. Als Gerbmaterialien haben ſie infolge der Einfuhr gerbſtoffreicher exotiſcher Rinden und deren Extrakte ſowie wegen der vielfach geänderten Gerbverfahren ſehr an Bedeutung eingebüßt [27].

Eichengalläpfel, durch Gallweſpen (Cynips) auf verſchiedenen Eichenarten erzeugt [1], [5]. Hierzu gehören: 1. Aſiatiſche, türkiſche, levantiniſche Galläpfel. Dieſe entſtehen durch Cynips gallae tinctoriae *Oliv.* auf den jungen Zweigen der orientaliſchen Quercus infectoria *Oliv.* (aus dem Formenkreis der Quercus lusitanica *Lam.*), ſind kugelig (im Durchmeſſer 1—2 cm), an dem Grunde in einen kurzen Stiel verſchmälert, in der oberen Hälfte mit kurzen, kegelförmigen Stacheln, Höckern und Leiſtchen verſehen, von grünſchwarzer, braungelber bis ſelbſt ſtrohgelber Farbe, häufig mit dem kleinen Flugloch verſehen, hart und ſo ſpröde, daß ſie unter dem Hammer in ſcharfkantige Stücke zerſpringen, am Bruche faſt hornartig, mitunter körnig-locker. Am Querſchnitt ſind Außen- und Innengalle wohl zu unterſcheiden; letztere umſchließt eine Höhlung, in der (bei undurchbohrten Gallen) Reſte des Inſekts in verſchiedenen Stadien der Ausbildung vorhanden ſind. Die Außengalle, der hauptſächlichſte Träger der Gerbſäure, ſetzt ſich aus einem Parenchym ziemlich großer, dünnwandiger Zellen zuſammen, deren Inhalt farbloſe, kantige, in Waſſer zerfallende, in Alkohol faſt vollſtändig lösliche, durch Eiſenſalzlöſung ſchwarzblau gefärbte Maſſen bildet; außerdem ſind verſchiedene Zellen mit Sphärokriſtallen und Kriſtallen von Calciumoxalat erfüllt. Nach innen zu gehen dieſe Zellen allmählich in ſtark verdickte poröſe Steinzellen über, die ſchließlich als eine zuſammenhängende Schicht die zentrale Höhle abgrenzen; an der Innenſeite dieſer Sklerenchymſchicht iſt das urſprüngliche Nährgewebe nur mehr in Reſten vorhanden, deren dünnwandige Zellen kugelige, bis 50 μ meſſende Stärkekörnchen, braunrote, kugelige, aus Gerbſäure beſtehende Maſſen und merkwürdige, an Cyſtolithen erinnernde Wucherungen der Zellwände (Ligninkörper genannt, da ſie Holzſubſtanzreaktion zeigen) enthalten [10]—[12], [14], [23]. — Die beſten Sorten enthalten 60—70 % Gerbſäure, 3 % Gallusſäure, 3 % Zucker, Gummi, Harz, 1,5 % Aſche [22]. Im allgemeinen gelten die dunkleren, ſchweren, undurchbohrten als die wertvollſten. Nach der Farbe unterſcheidet man ſchwarze, grüne und weiße, nach der Provenienz [26] die geſchätzteſten: a) Aleppiſche Gallen von Aleppo (Gallae Halepenses), die wieder in die eigentlichen Aleppogallen (dunkelgrün bis ſchwarz, Durchmeſſer von 2,5 cm), Jerligallen (aus dem gleichnamigen Wilajet), in die Mardin-, Moſul- und Diarbekrgallen zerfallen. b) Die Smyrnaer Gallen bis 3 cm groß, mehr gelblich, weniger hart. c) Die Tripolitaner Gallen, den vorigen naheſtehend. Kleine,

bis 1 cm im Durchmeſſer haltende, ſehr dunkle und harte, durch Ausleſen gewonnene Gallen kommen als die beſonders geſchätzten Soriangallen in den Handel. d) Nicht ſicher bekannt iſt die Abſtammung der Baſſoragallen (Sodomsäpfel, Rove). Sie werden durch Cynips insana *Westw.* wahrſcheinlich auf der kleinaſiatiſchen und perſiſchen Quercus tinctoria (*Bart. Trav.*) hervorgerufen und ſind bedeutend größer (5 cm im Durchmeſſer), eirund bis kreiſelförmig, am Scheitel kurzkegelig, am Grunde in einen kurzen Stiel verſchmälert, rötlichbraun, glatt und glänzend, in der oberen Hälfte oder auch nur äquatorial mit kurzen, ſpitzen, hellen Höckern verſehen, ſehr leicht, weich, innen ſchwammig, dem Landgallus (ſ. unten) ſehr ähnlich. Das gröblich zerkleinerte Pulver kommt als Rove ſeit 1878 auf den europäiſchen Markt [24]. 2. Europäiſche Galläpfel, auf allen Eichenarten durch Cynipsarten erzeugt, ſind viel leichter als die aſiatiſchen, an der Oberfläche meiſt glatt, hell gefärbt, innen weich, arm an Gerbſäure (nur die Iſtrianer ſollen über 40% Gerbſäure enthalten). Die bekannteſten Sorten ſind: a) Moreagallen von Quercus Cerris, oft unter Aleppogallen gemiſcht, klein, 1 cm lang, kreiſelförmig, rotbraun und heller gefleckt, meiſt unregelmäßig, netzigrunzelig, um den Scheitel herum mit einem Kranze ſpitzer Höcker mit großem Flugloch; Gerbſäuregehalt 30%. b) Iſtrianer Gallen von Quercus Ilex. Nach Vogl [10] ſind ſie klein, durchſchnittlich 1,5 cm lang, kugelig, nach abwärts in einen kurzen dicken Stiel verſchmälert, am Scheitel ohne oder mit kurzer ſtumpfer Spitze, an der Oberfläche mattrotbraun oder gelblichbraun, grob und unregelmäßig runzelig, ohne Höcker, höchſtens mit Andeutung von ſtumpfen Leiſten am Scheitel oder in der oberen Hälfte. Sie enthalten bis 41% Gerbſtoff [22]. Im Handel ſcheinen auch andre Sorten unter dieſem Namen vorzukommen. c) Abruzzo- oder italieniſche Gallen, den vorigen ziemlich ähnlich, wahrſcheinlich von derſelben Abſtammung [25]. d) Kleine ungariſche Gallen, auf Quercus pedunculata und Quercus sessiliflora durch Cynips lignicola *Hart.* erzeugt, bis 1,5 cm lang, kugelig, ungeſtielt, grobrunzelig, dunkelrotbraun, weißlich gefleckt. e) Große ungariſche Gallen, der ſogenannte Landgallus, von Cynips hungarica *Hart.* auf Quercus pedunculata erzeugt, den obenbeſchriebenen Baſſoragallen ähnlich, bis 4 cm lang, kugelig, oft nach abwärts verſchmälert, meiſt ſchwach glänzend, aſchgrau bis gelblichbraun, mit ſtumpfen, drei- bis vierkantigen Höckern beſetzt, ſehr leicht, die Außengalle innen korkigweich, lederbraun, einen unregelmäßigen Hohlraum einſchließend, in dieſem die ſehr regelmäßig eirunde, 7 mm lange Innengalle mit kurzem Stiel befeſtigt. Die durch Cynips argentea *Hart.* auf jungen Aeſten von Quercus pubescens, ſeltener von Quercus sessiliflora und pedunculata erzeugten Gallen ſind den Baſſoragallen noch mehr ähnlich, vom Landgallus durch die Farbe der Oberfläche und die Form der Höcker verſchieden [17]. Der Landgallus wird auch zu Zigarrenpfeifchen verarbeitet. f) Deutſche, öſterreichiſche, böhmiſche Gallen, auf verſchiedenen Quercusarten durch Cynips Collari *Hart.* erzeugt, bis 2,5 cm lang, kugelig, ungeſtielt, glänzend gelb- bis rötlichbraun, glatt, ſelten runzelig, ſehr leicht, mit 25—30% Gerbſäure. Techniſch wertvoller als die angeführten europäiſchen Gallen ſind die Knoppern (eigentliche, ungariſche, ſlawoniſche Knoppern [12]), die aus der jungen Eichenfrucht durch Cynips quercus calycis *Burgsdf.* erzeugten Fruchtgallen. Sie ſind gewiſſermaßen mißbildete Eichenfrüchte und ſtellen kantig geflügelte und unregelmäßig höckerige, braune, bräunlichſchwarze Körper (Fruchtbecher) vor, an denen noch häufig die Eichel teilweiſe erhalten geblieben iſt. Sie kommen von Ungarn, Slawonien und der Bukowina in den Handel, enthalten bis 35% Gerbſäure, laſſen ſich leicht pulvern und geben ein vortreffliches, insbeſondere in Oeſterreich viel gebrauchtes Gerbmaterial für leichtere feine Lederſorten. Eine ganz andre, nicht hierher gehörige Ware dagegen ſind die orientaliſchen Knoppern, Ackerdoppen oder Valonen (ſ. Gerbſtoffe).

Sumachgallen [10], [14], [18], [19]. Die auf den Zweigſpitzen und Blattſtielen eines oſtaſiatiſchen Sumachbaumes (Rhus semialata *Murray* in mehreren Formen) durch eine Blattlaus (Schlechtendahlia chinensis *Lichtenst.* = Aphis chinensis *J. Bell*) erzeugten blaſigen Auswüchſe werden in China und Japan im Sommer eingeſammelt, mit kochendem Waſſer übergoſſen (in China in Weidenkörben heißen Dämpfen ausgeſetzt [10]), mehrere Tage an der Sonne getrocknet und als chineſiſche und japaniſche Gallen, erſtere aus Kanton, letztere über Hiogo in den Handel gebracht [14], [18]. Sie ſind blaſenförmige, hohle, leichte, bis 8 cm lange, höchſt mannigfaltig gefaltete, längliche, mit kürzeren und längeren, geraden oder gekrümmten hohlen Fortſätzen und Höckern verſehene, mitunter an eine unregelmäßige Waſſernuß erinnernde Gebilde, deren Oberfläche von einem kurzen, dichten grauen Filz überzogen iſt. Die Wand der Blaſe iſt gelblich- oder rötlichbraun, 1—2 mm dick, hornartig ſpröde, am Bruch glänzend, eben. In der weiten Höhlung liegen zahlreiche ſchwärzliche Blattläuſe in einem weißlichen, aus zuſammengeballten Fäden beſtehenden Sekret. Der Filz beſteht aus einzelligen, dickwandigen zugeſpitzten Haaren, die einer kleinzelligen Oberhaut entſpringen. Das Hauptgewebe der Wand iſt ein Parenchym aus dünnwandigen polyedriſchen Zellen, zwiſchen denen unregelmäßige Milchſaftgänge im Gewebe zerſtreut liegen. Auch die zahlreichen Gefäßbündel ſind von je einem Milchſaftgang begleitet. Neben kleinkörniger oder verkleiſterter Stärke findet ſich als Inhalt der Parenchymzellen hauptſächlich formloſe Gerbſäure. Die chineſiſchen Gallen gehören zu den gerbſtoffreichſten Materialien und enthalten bis 77% Gerbſäure, daneben etwas Gallusſäure, Harz, Fett und 2% Aſche [20], [21]. Sie werden in Europa beſonders zum Schwarzfärben und zur Erzeugung des Tannins verwendet. Hartwich [15] hat eine beſondere, völlig kahle pflaumenähnliche Sorte als chineſiſche Birngallen beſchrieben.

Piſtaziengallen (Terpentingallen, Judenſchoten, Carobe de Giudea, Ziegenhorn, Cornu caprae), die an den Blättern (bezw. an Stelle der Blätter) von Pistacia Terebinthus von der Blattlaus Pemphigus cornicularius erzeugten, bis 2 dcm langen, hohlen, hülſenförmigen, zylindriſchen oder zuſammengedrückten, friſch klebrigen Auswüchſe, kommen aus dem Orient über Trieſt und Marſeille in den Handel. Ein Jahr alte ſind ſchwarzbraun oder faſt ſchwarz, ſehr hart, ſpröde, aufgeſprungen. Sie enthalten bis 60% Gerbſäure und 15% Gallusſäure. Auf

den Blättern und Blattſtielen der genannten Piſtazie ſowie auch andrer Arten kommen kleine, knollige, an Kartoffeln in der Form erinnernde, erbſen- bis walnußgroße, braunrötliche Gallen vor, die als Busgundſch ein orientaliſcher Handelsgegenſtand ſind. Auch die echten Bokharagallen oder Gule-Piſtah ſtammen von einer Piſtazie (Pistacia vera), enthalten 32% Gerbſtoff und gelangen von Perſien auf den Markt von Bombay. Daſelbſt findet man auch die aus dem nördlichen Indien kommenden, (nach Dymock) von Pistacia integerrima *Stew.* ſtammenden Kakraſingheegallen (Kakdáſinghi) von flacher, ſcheibenrunder, häufig lappiger Geſtalt, deren Gerbſtoffgehalt dem der chineſiſchen Gallen nahekommt [12]. Sie werden auch von Rhus Kakraſinghee Royle (durch Aphis hervorgerufen) abgeleitet, enthalten aber weder Harzgänge noch Milchſaftgefäße.

Tamariskengallen von Tamarix articulata *Vahl* werden unter der Bezeichnung Busgundſch, Bokhara- oder bucharſche Gallen von Zentralaſien und Indien, unter dem Namen Takout von Algier und Marokko in den Handel gebracht und gleich den Piſtaziengallen verwendet. Sie ſind ſehr klein und beſitzen keine Balſamgänge [16]. Alle dieſe Gallenſorten werden gleich den Eichengallen verwendet.

Literatur: Ueber Abſtammung und Entwicklung, gallenbildende Tiere: [1] Mayr, G., Die mitteleuropäiſchen Eichengallen in Wort und Bild, Wien 1871/72 (Jahresbericht), zugleich eine vorzügliche Morphologie mit trefflichen Figuren. — [2] Idem, Die Cynipidengallen mit Ausſchluß der auf Eichen lebenden, Wien 1876. — [3] Rudow, F., Die Pflanzengallen Norddeutſchlands und ihre Erzeuger, Archiv der Ver. der Freunde der Naturgeſchichte in Mecklenburg, Neubrandenburg 1875. — [4] Thomas, F., Zeitſchr. f. d. geſamten Naturwiſſ. 1874 (Milbengallen). — [5] Sorauer, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 1. Teil, Berlin 1886, S. 751 ff. — [6] Adler, Deutſche entomolog. Zeitſchr., XXI, Generationswechſel der Cynipiden. — [7] Frank, A. B., Die Krankheiten der Pflanzen, III, Berlin 1896, Entwicklung der Eichengallen, allgemeiner Bau. — [8] Prillieux, Études sur la formation et le développement de quelques galles, Annales de scienc. naturell., 6. série, Bot., Bd. 3, S. 113, Entwicklungsgeſchichte der Eichengalle. — [9] Forſter, Ueber die Gallweſpen, Zool.-bot. Abhandlungen, Wien 1869. — Ueber Morphologie, Mikroſkopie und Chemie: [10] Vogl, A., Kommentar zur 7. Ausgabe der öſterr. Pharmakopoe, Bd. 2, Wien 1892, S. 394 ff. — [11] Flückiger, Pharmakognoſie, Berlin 1892, S. 266. — [12] Figdor in Wiesner, Rohſtoffe des Pflanzenreiches, 2. Aufl., Leipzig 1900, S. 674 ff., und Die techniſch verwendeten Pflanzenſtoffe Indiens, in Fachmänniſche Berichte über die öſterr. Expedition nach Oſtaſien, Wien. — [13] Hartwich, in Realencyklopädie der geſ. Pharmacie, 2. Aufl., Bd. 5, Wien 1905. — [14] Idem, Archiv d. Pharmacie, 1883, Bd. 221, S. 822, und Bd. 222, S. 904 (japan. Gallen). — [15] Idem, ebend., 1881, Bd. 219. — [16] Vogl, A., in Lotos, naturwiſſ. Zeitſchr., Prag 1875. — [17] Idem, in Karmarſch und Heerens Technolog. Wörterbuch, Prag 1878, Bd. 3. — [18] Schenk, Ueber die chineſiſchen Galläpfel, Buchners Repert., Bd. 3, V., S. 23. — [19] Schlechtendahl, in Bot. Ztg. 1850, Nr. 1. — [20] Stein, in Polytechn. Zentralbl. 1849, S. 237. — [21] Buchner, in Polytechn. Zentralbl. 1851, S. 999. — [22] Tod, W., Archiv d. Pharmacie, Bd. 84, S. 9. — [23] Hartwich, in Ber. d. Deutſchen Bot. Geſellſch., 1885, S. 146 ff. — [24] Moeller, J., in Dinglers Polyt. Journ. 1881, S. 152 ff. — [25] Maſſalongo, Le galle nella flora italica, Mem. dell' accad. d' agric. etc. di Verona, Verona 1893, Vol. 69, 3. Serie, 1. Heft (zitiert nach Figdor). — Ueber Handel: [26] Zwiedinek v. Südenhorſt, J., Syrien in ſeiner Bedeutung für den Welthandel, Wien 1873. — [27] Hartwich, Ueber die Ein- und Ausfuhr von Gerbmaterialien in Deutſchland, Beiheft zum „Tropenpflanzer" 1900, S. 13. *T. F. Hanauſek.*

Galle, das Sekret der Leber, eine ſchwach alkaliſch oder neutral reagierende, ſchleimige, gelblichgrüne bis braune oder ſchwarze, durchſcheinende Flüſſigkeit von eigentümlichem Geruch und ſehr bitterem, zuletzt ſüßlichem Geſchmack.

An ſpezifiſchen Beſtandteilen finden ſich in der Galle zwei weſentliche Stoffe, welche ſonſt nirgends mehr im Tierkörper vorhanden ſind: die Gallenſäuren und die Gallenfarbſtoffe. Die beiden Gallenſäuren, die Glykokoll- und die Taurokollſäure, ſind ſogenannte gepaarte Säuren (vgl. Glykokoll). Von dieſen Säuren ſpaltet ſich die Glykokollſäure beim Kochen mit Alkalien oder Säuren ſowie durch Einwirkung von Fermenten in die noch nicht näher ſtudierte Cholalſäure und Glykokoll, die Taurokollſäure in Cholalſäure und Taurin, einen ſtickſtoff- und ſchwefelhaltigen Körper. Die wichtigſten Gallenfarbſtoffe ſind ein grüner, das Biliverdin (ſ. d.), und ein rotgelber, das Bilirubin (ſ. d.), welche in nahem genetiſchen Zuſammenhang zum Hämatin ſtehen. Eingetrocknete Ochſengalle, Fel tauri inspissat., war früher als Arzneimittel offizinell. Zum Zwecke der techniſchen Verwendung wird die Galle gereinigt und entfärbt. Man kann dies zwar auf verſchiedene Art erreichen; ſehr zweckmäßig für grünlichgelbe friſche Galle iſt jedoch folgendes Verfahren: In 1 l gekochter und abgeſchäumter Ochſengalle löſe man 40—50 g feinpulveriſierten Alaun und verkorke die Löſung gut für längere Aufbewahrung. In einem zweiten Liter Galle werden 40—50 g Kochſalz aufgelöſt und ebenfalls aufbewahrt. Nach ca. 3 Monaten entſtehen in beiden Löſungen Niederſchläge, während die darüber befindliche Flüſſigkeit zwar noch gefärbt, aber klar geworden iſt. Letztere werden nun abfiltriert und gemiſcht, wodurch der gelbe Farbſtoff der Galle gefällt und ein klares, farbloſes, haltbares Produkt erhalten wird. — Man verwendet ſo geklärte Galle zur Appretur von Zeugen, als Reinigungsmittel (vgl. Fleckausmachen), zu Transparenten in der Buntpapierfabrikation, in der Elfenbeinmalerei, wo alle Farben an mit Galle eingeriebenem Elfenbein leichter haften.

Literatur: Liebigs Annalen: A. Strecker, Bd. 65, 67 und 70 (grundlegende Arbeiten über Galle); Bayer, Zeitſchr. für phyſiolog. Chemie, Bd. 3, 1879. — Neuere Literatur: v. Bunge, Lehrbuch der phyſiologiſchen und pathologiſchen Chemie, 4. Aufl., Leipzig 1898. *Bujard.*

Galle, in der Gießerei, kleine unganze Stellen (Höhlungen) in gegoſſenen Metallmaſſen; ſie beeinträchtigen die Haltbarkeit des Materials nur wenig. Beim

Gußſtahl pflegt man ſie durch Hämmern flachzudrücken; ſie erſcheinen deshalb beim ſpäteren Zutagetreten infolge der Bearbeitung als Riſſe (Gallenriſſe).

Gallein, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 632, und Alizarinfarbſtoffe.

Gallieren, ſ. Türkiſchrot.

Gallierung, ſ. v. w. Schnürung, ſ. Weberei; auch das Beizen (Tannieren, Schmackieren) von Baumwollgeweben im Abſud von gerbſtoffhaltigen Subſtanzen für das nachfolgende Grau- und Schwarzfärben.

Gallion, der vordere Auslauf des Stevens bei Schiffen mit ausfallendem Bug, der zugleich zur Lagerung des Bugſpriets dient. Das Gallion wird als vorderer Abſchluß meiſt ornamental oder figürlich (Gallionsfigur) auf den Schiffsnamen bezüglich verziert (Gallionsverzierung) und trägt auf einem ſeitlich angebrachten Gallionsbrett den Schiffsnamen. *T. Schwarz.*

Gallipot, ſ. Fichtenharz.

Galliſin, eine im Stärkezucker des Handels und ſomit auch in galliſierten, d. h. mit Stärkezucker aufgebeſſerten Weinen vorkommende unvergärbare, weiße, amorphe, hygroſkopiſche Subſtanz von ſaurer Reaktion, die keine einheitliche chemiſche Verbindung zu ſein, aber einen durch Hefe nicht vergärbaren Zucker von der Zuſammenſetzung einer Bioſe $C_{12}H_{22}O_{11}$ zu enthalten ſcheint.

Das Galliſin iſt erſt dann im Stärkezucker in reichlicher Menge vorhanden, wenn die Einwirkung der Säure auf Stärke genügend lange gedauert hat, um die Stärke vollſtändig in Traubenzucker umzuwandeln. Es ſcheint demnach erſt durch Einwirkung der Säure auf den durch Hydrolyſe gebildeten Traubenzucker, nicht aber unmittelbar aus der Stärke zu entſtehen. Das Galliſin iſt wahrſcheinlich identiſch mit der Iſomaltoſe von E. Fiſcher, wenigſtens ſind die Eigenſchaften des aus Galliſin und aus Iſomaltoſe erhaltenen Oſazons die gleichen. Nach Verſuchen von C. Schmitt iſt das Galliſin nicht geſundheitsſchädlich und liefert bei der hydrolitiſchen Spaltung wieder Traubenzucker.

Literatur: Fiſcher, Handbuch der chemiſchen Technologie, Leipzig 1893, S. 848; Schmitt, C., Berichte der Deutſchen chemiſchen Geſellſchaft, Bd. 17, S. 1000 und 2456; Hönig, Zeitſchr. für Unterſuchung von Nahrungs- und Genußmitteln 1902, S. 641. *Bujard.*

Gallium *Ga* (Atomgew. 69,9, ſpez. Gew. 5,9), ſehr ſeltenes, im Jahre 1875 von Lecocq de Boisbaudran in Zinkblende mittels der Spektralanalyſe entdecktes weißes Metall, bei 30° C. bereits ſchmelzend. In Salzſäure, Ammoniak und Kalilauge löslich. Mit Aluminium geht es Legierungen ein und zeigt viel Aehnlichkeit mit dem Aluminium hinſichtlich ſeines chemiſchen Verhaltens. *Bujard.*

Gallizenſtein, ſ. Kupfervitriol, Zinkvitriol.

Gallocyanin, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 628, und Alizarinfarbſtoffe.

Galloflavin, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche, Bd. 3, S. 627.

Gallon, Einheit des engliſchen Hohlmaßes, entſpricht dem Raum, den 10 Pfund Avoirdupois deſtilliertes Waſſer bei 62° F. und 30 Zoll engl. Barometerſtand einnehmen.

Das Gallon iſt daher gleich 4,546 l. Als Trockenmaß (Getreidemaß) iſt 1 Imperial-Quarter = 8 Imp.-Buſhels = 64 Imp.-Gallons. Als Flüſſigkeitsmaß iſt 1 Imp.-Gallon = 4 Quarts = 8 Pints = 32 Gills. Die wichtigſten Vielfachen des Flüſſigkeitsmaßes ſind das Tun = 252 Imp.-Gallons = 1145 l., die Pipe oder Butt = 162 Imp.-Gallons = 572,5 l, das Hogshead (Oxhoft) = 63 Imp.-Gallons = 286,25 l. In Amerika iſt als Getreidemaß noch das alte Wincheſter-Buſhel (amerikaniſche Buſhel) = 35,238 l und als Flüſſigkeitsmaß das alte Wein-Gallon (jetzt amerikaniſche Gallon) = 3,785 l gebräuchlich. *Plato.*

Gallotin (Carbolineumart), beſteht aus 3% Kreoſot, 14% leichtem Teeröl, 80% ſchwerem Teeröl und Pech. *Andés.*

Gallowaydampfkeſſel, nach dem Erfinder und Erbauer genannte Keſſel mit ſogenannten Gallowayröhren, die vermöge ihrer Konſtruktion eine größere Heizfläche, lebhaftere Dampferzeugung und beſſere Verſteifung der Flammrohre haben als gewöhnliche Flammrohrkeſſel.

Die geſchweißten Röhren (Fig. 1) ſitzen in der Mitte eines jeden Schuſſes und ſind um 60—70° gegen die horizontale Flammrohrachſe geneigt. Die Stutzen ſind koniſch und mit umgebördelten Flanſchen verſehen. Der Durchmeſſer der unteren Flanſche wird um einige Millimeter kleiner als die obere Oeffnung im Flammrohr gemacht, ſo daß der Stutzen durch letztere in das Flammrohr eingebracht werden kann. Die untere Flanſche legt ſich demnach gegen die innere, die obere gegen die äußere Oberfläche des Flammrohrs und wird mit demſelben vernietet. Die Herſtellung dieſer Stutzen und das genaue Einpaſſen in die Flammrohre erfordert vorzügliches Material, gute Einrichtung der Keſſelſchmieden und erhöht den Preis der Keſſel

gegenüber denjenigen mit glatten Flammrohren, welche Mehrkoſten jedoch durch die beſſere Ausnutzung der Heizgaſe, alſo größere Verdampfungsfähigkeit der Keſſel dieſer Bauart reichlich aufgewogen werden. Die mittleren Durchmeſſer der Gallowayſtutzen werden etwa $^1/_3$—$^1/_4$ des zugehörigen Flammrohrdurchmeſſers gemacht, ihr Abſtand voneinander etwa 1,25—1,5 m. Geneigte Stutzen ſind den lotrecht ſtehenden wegen der beſſeren Waſſerzirkulation und beſſeren Berührung von den Heizgaſen vorzuziehen. Ihre Anwendung iſt nur empfehlenswert bei reinem Speiſewaſſer und wegen der erſchwerten Befahrung der Flammrohre nur bei größeren, nicht unter 700 mm meſſenden Flammrohrdurchmeſſern. A. Borſig hat die Nachteile der geraden Gallowayrohre zu umgehen geſucht durch Einführung gebogener, eingeſchweißter Rohre nach Fig. 2, welche die Gaſe zwingen, auch den unteren Teil des Keſſels zu beſtreichen und die Flugaſche aus dem Flammrohr mit fortzureißen. Erwähnt ſei, daß der Original-Gallowaykeſſel am vorderen Ende zwei Flammrohre hat, in denen der Roſt liegt, die in ein gemeinſames Rohr von elliptiſchem bezw. hufeiſenförmigem Querſchnitt übergehen, in dem meiſtens zwei, zuweilen auch drei Stutzen nebeneinander liegen. *G. Schwarz.*

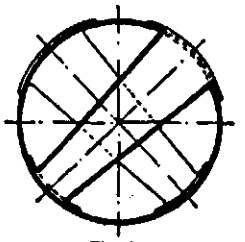


Fig. 1.

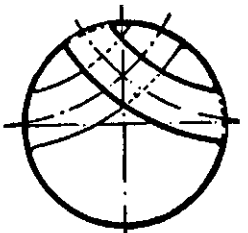


Fig. 2.

Gallowayſtutzen, ſ. Gallowaydampfkeſſel.

Galliſche Ketten, Gelenk- oder Laſchenketten, ſ. Ketten.

Galliſeife, vielfach als Fleckſeife verwendet.

Eine gute Seife erhält man, indem man 25 kg weiße Kernſeife in einem kleinen Keſſel bei mäßigem Feuer ſchmilzt, darin 15 kg Ochſengalle verrührt und ſchließlich 25 kg grüne Marſeiller Seife bei bedecktem Keſſel darin ſchmelzen läßt. Zur Verdeckung des Galiengeruchs parfürmiert man mit 180 g Rosmarinöl und 120 g Spiköl. Die meiſten Galliſeifen werden auf ſogenanntem kalten Wege hergeſtellt (ſ. Seifen). Ein Rezept dafür iſt: 22 kg Kokosöl, Ceylon, und 0,75 kg ungebleichtes Palmöl werden auf 22,5° C. erwärmt, dann zunächſt 50 g Brillantgrün, das zuvor in Oel angerieben wurde, danach 11 kg Natronlauge von 38° Bé und 1 kg Kalilauge von 25° Bé und ſchließlich 3—4 kg Ochſengalle darin verrührt. Sollte die Maſſe nach Zuſatz der Galle außer Verband kommen, ſo muß ſie durch Zudecken oder Erwärmen wieder zuſammengezogen werden. Damit die Seife nicht zu weich wird, iſt es zweckmäßig, die Galle vor dem Gebrauch auf die Hälfte ihres Gewichtes einzudampfen. — Ein großer Teil der im Handel vorkommenden Galliſeifen enthält gar keine Galle, es ſind nur grünlich gefärbte Kokosſeifen.

Literatur: Deite, Handb. der Seifenfabrikation, 2. Aufl., Bd. 2, S. 351. *Deite.*

Gallusſäure, Trioxybenzoeſäure $C_6H_2(OH)_3COOH$, wobei die Carboxylgruppe zu den Hydroxylen in der Stellung 1 : 3 : 4 : 5 ſich befindet.

Die Gallusſäure findet ſich in Galläpfeln, im Tee, in Dividivi (ſ. Gerbſäure). Sie wird aus Tannin durch Kochen mit verdünnten Säuren dargeſtellt, kriſtalliſiert in feinen Nadeln, reduziert Gold- und Silberſalze und gibt mit Eiſenchlorid einen blauſchwarzen Niederſchlag. Die Gallusſäure ſpielt in der Tintenfabrikation eine große Rolle.

Literatur: Fehlings Handwörterbuch der Chemie, Braunſchweig, fortgeſetzt von Heil und Häußermann; Hollemann, Lehrbuch der organ. Chemie, Leipzig 1902; Schmidt, Pharm. Chemie, org. Teil., Braunſchweig 1901. *Bujard.*

Galmei, ſ. v. w. Zinkſpat (ſ. d.).

Galons, mit echtem oder unechtem Gold durchwirkte bandartige Gewebe von Seide, Florettſeide, Zwirn.

Galt (Gault), ſ. Kreideformation.

Galtgrünſandſtein, ein in der älteren Kreideformation (Galt oder Gault) der Algäuer Alpen und im Bregenzer Gebiet vorkommender dichter, ſehr dickbankiger, glaukonitiſcher und an kieſeligem Bindemittel reicher, daher ſehr feſter Sandſtein. Er wird zu Pflaſter- und Schleifſteinen verarbeitet (Grünten bei Burgberg und Sonthofen) und als Baumaterial benutzt. Manche Lagen enthalten Schwefelkies. *Leppla.*

Galvaniſches Element, ſ. Galvanismus.

Galvanismus (Berührungselektrizität), diejenige elektriſche Wirkung, die bei der Berührung zweier leitender Körper entſteht.

Durch die Beobachtungen Galvanis [1] angeregt, fand Volta 1793 eine neue Art der Elektrizitätsentwicklung, die bei der Berührung verſchiedenartiger Körper, beſonders der Metalle, auftrat. Bringt man z. B. eine an einem iſolierenden Glasſtabe befindliche Zink- und eine ebenſo iſolierte Kupferſcheibe miteinander in Berührung, ſo zeigt nach dem Auseinandernehmen die Zinkplatte poſitive, die Kupferplatte negative Elektrizität (Voltas Fundamentalverſuch). Es iſt alſo zwiſchen den Metallen eine Potentialdifferenz aufgetreten, und es muß an der Berührungsſtelle eine Kraft vorhanden ſein, welche die beiden Elektrizitäten voneinander ſcheidet und ihre Ausgleichung verhindert. Dieſe Kraft nennt man elektromotoriſche Kraft; ſie iſt von der Natur der ſich berührenden Körper abhängig. Die chemiſche Theorie des Galvanismus

hat die neueren Anſchauungen über die Vorgänge bei der Elektrolyſe zur Grundlage. Hiernach iſt die ſtromerzeugende elektromotoriſche Kraft der elektrolytiſche Ueberdruck eines ſich löſenden Stoffes (der Elektrode) über den osmotiſchen Gegendruck der in Löſung befindlichen Ionen (ſ. Elektrolyſe).

Volta prüfte nach der Methode ſeines Fundamentalverſuches eine Reihe von Körpern mittels eines mit Kondenſator verſehenen Elektrometers und ordnete die Körper nach der Größe des Ausſchlages, den ſie bei der Berührung hervorbrachten, in eine ſogenannte Spannungsreihe, in der jedes Metall bei der Berührung mit einem darauffolgenden poſitiv, mit einem vorhergehenden dagegen negativ elektriſch wird. Die Voltaſche Spannungsreihe lautet: Zink, Blei, Zinn, Eiſen, Kupfer, Silber, Gold, Kohle, Graphit, Braunſtein. Hierin wird z. B. Zink bei der Berührung mit jedem Körper poſitiv, Braunſtein dagegen negativ. Kupfer wird mit Zink, Blei, Zinn, Eiſen negativ, mit den übrigen dagegen poſitiv. Hierbei hat die elektromotoriſche Kraft immer eine ganz beſtimmte Größe, die nur von der Natur der betreffenden Körper abhängig iſt und von der Größe der Berührungsfläche nicht beeinflußt wird. In bezug auf das gegenſeitige Verhalten der einzelnen Glieder dieſer Spannungsreihe gilt das Geſetz: Die elektromotoriſche Kraft zwiſchen zwei leitenden Körpern iſt gleich der Summe der elektromotoriſchen Kräfte zwiſchen den einzelnen Körpern, die in der Spannungsreihe zwiſchen jenen beiden ſtehen. Es iſt z. B. die Spannung, die bei der Berührung von Zink und Kupfer entſteht, gleich der Summe der Spannungen Zink–Blei + Blei–Zinn + Zinn–Eiſen + Eiſen–Kupfer.

Dem Geſetze der Spannungsreihe folgen nur eine Anzahl feſter leitender Körper, beſonders die Metalle, einige Metallverbindungen, wie z. B. Braunſtein, und ferner die Kohle. Volta bezeichnete dieſe als Leiter erſter Klaſſe. Alle leitenden Flüſſigkeiten dagegen, wie z. B. Waſſer, Salzlöſungen, Säuren u. ſ. w., erzeugen zwar auch bei der Berührung, beſonders mit Metallen, elektromotoriſche Kräfte, wobei ſie ſelbſt in ihre Beſtandteile zerlegt werden, fügen ſich jedoch dieſem Geſetze nicht; dieſe bezeichnete er als Leiter zweiter Klaſſe. Bringt man einen Leiter erſter Klaſſe, z. B. eine Metallplatte, in einen zweiter Klaſſe, alſo in eine Flüſſigkeit, ſo tritt ebenfalls eine Potentialdifferenz auf, deren Größe von der Beſchaffenheit der Flüſſigkeit und der des Metalles abhängt, und man hat für die wichtigſten Flüſſigkeiten die Metalle derartig in Reihen angeordnet (Spannungsreihen), daß jedes voranſtehende in derſelben Flüſſigkeit eine größere elektromotoriſche Kraft ergibt als jedes folgende. Als Spannungsreihe der Metalle in verdünnter Schwefelſäure fand Poggendorff: Zink, Eiſen, Zinn, Aluminium, Nickel, Wismut, Kupfer, Silber, Platin. In der Reihe ſteht Zink voran, ergibt alſo die größte elektromotoriſche Kraft; bei jedem andern Metall iſt ſie geringer, und zwar um ſo mehr, je weiter das Metall vom Zink entfernt iſt. Taucht man zwei gleiche Platten in ein und dieſelbe Flüſſigkeit, z. B. verdünnte Schwefelſäure, ſo entſtehen an beiden Berührungsſtellen gleiche elektromotoriſche Kräfte, aber von entgegengeſetzter Richtung, ſo daß beide Platten wieder gleiches Potential beſitzen. Taucht man aber zwei verſchiedene Platten, z. B. Zink und Kupfer, in Schwefelſäure, ſo treten ebenfalls an beiden Berührungsſtellen entgegengeſetzt gerichtete elektromotoriſche Kräfte auf, die nun aber nicht mehr gleich ſind, ſich demnach auch nicht vollſtändig aufheben. Beide Platten erhalten jetzt verſchiedenes Potential, und zwar Zink das niedere und Kupfer das höhere. Dieſe Potentialdifferenz iſt bei denſelben Platten und derſelben Flüſſigkeit ſtets die gleiche, welches auch die einzelnen Potentiale ſein mögen. Beträgt die Potentialdifferenz 1 Volt, ſo iſt das Potential der Kupferplatte ſtets um 1 Volt höher als das des Zinks. Die elektromotoriſche Kraft der ganzen Kombination wird um ſo größer ſein, je mehr die beiden elektromotoriſchen Kräfte an den Berührungsſtellen ſich voneinander unterſcheiden, je weiter alſo die beiden Metalle in der Spannungsreihe voneinander entfernt ſind, oder nach der chemiſchen Theorie: je größer der Unterſchied ihrer Löſungstenſionen (ſ. Elektrolyſe) iſt. Verbindet man nun die beiden Platten durch einen Leiter, ſo können die Potentiale ſich ausgleichen, es entſteht ein elektriſcher Strom. Der Ausgleich iſt aber nicht ein einmaliger, ſondern da die elektromotoriſche Kraft die Potentialdifferenz immer wieder erneuert, ein dauernder und ununterbrochener. Es fließt dauernd ein elektriſcher Strom von der Platte höheren Potentiales durch den Verbindungsdraht zur Zinkplatte und innerhalb des Elementes vom Zink durch die Flüſſigkeit zur andern Platte zurück. Eine ſolche Vorrichtung nennt man Voltaſches oder Galvaniſches Element, ſie verwandelt die chemiſche Energie in elektriſche. Die äußeren Enden der eintauchenden Platten heißen Pole; zur Befeſtigung der Stromableitungsdrähte ſind an ihnen Klemmſchrauben, die Polklemmen, angebracht. Die elektriſche Spannung an den Polen des Elementes (Pol- oder Klemmenſpannung) iſt bei einem ſtromgebenden Element kleiner als die elektromotoriſche Kraft, und zwar kleiner um den Spannungsverluſt im Innern des Elementes, und dieſer iſt gleich dem Produkte aus der Stromſtärke und dem inneren Widerſtande.

Dieſe einfachſte Form des galvaniſchen Elementes iſt für den praktiſchen Gebrauch nicht geeignet, weil ſeine an und für ſich ſchon ſchwache Wirkung infolge der ſogenannten Polariſation (ſ. d.) ſchnell abnimmt, und es ſind deshalb eine Reihe andrer Konſtruktionen im Gebrauch, die man als konſtante Elemente bezeichnet, da ſie wenigſtens einige Stunden lang einen annähernd konſtanten Strom liefern. Durch die Polariſation wird eine elektromotoriſche Kraft hervorgerufen, die derjenigen des Elementes entgegenwirkt und von einer Waſſerſtoffbedeckung der Kathode (Kupferplatte) herrührt. Die Waſſerſtoffbildung entſteht durch die beim Stromdurchgange eintretende Zerſetzung des Elektrolyten, und es wird durch dieſe ſchnell zunehmende Bedeckung nicht nur ein Teil der Kathode der direkten Flüſſigkeitsberührung entzogen und für die Stromerzeugung unwirkſam gemacht, ſondern das Waſſerſtoffgas wirkt auch wie ein Metall und erzeugt eine gegenelektromotoriſche Kraft.

Nach der chemiſchen Theorie des Galvanismus (vgl. Elektrolyſe) kann man ſich den Vorgang folgendermaßen vorſtellen. Der Waſſerſtoff beſitzt einen Löſungsdruck, der bezüglich

der Stärke dem des Zinks ſehr nahe kommt. Als Ueberzug der Kupferplatte wirkt er daher wie eine Zinkplatte und ſendet innerhalb des Elektrolyten ebenfalls poſitive Ionen aus, wodurch naturgemäß die geſamte Ionenbewegung gehemmt und ſchließlich ganz aufgehoben wird.

Zur Erzielung eines konſtanten Elementes muß daher die Polariſation beſeitigt werden, was gewöhnlich auf chemiſchem Wege geſchieht, indem man ſolche Körper (Depolariſatoren) in die Nähe der Kathode bringt, die leicht Sauerſtoff abgeben und den frei werdenden Waſſerſtoff binden. Hierzu eignen ſich beſonders die Superoxyde, ſtarke Säuren und verſchiedene Salze.

Zu den älteſten und bekannteſten der auf dieſem Prinzip beruhenden konſtanten Elemente gehört das Daniell-Element. Daniell behielt die Elektroden des Volta-Elementes, nämlich Zink und Kupfer, bei, verwendete jedoch zwei Elektrolyte, indem er das Kupfer in eine konzentrierte Löſung von Kupferſulfat und das Zink in verdünnte Schwefelſäure tauchte. Beide Flüſſigkeiten waren durch eine poröſe Scheidewand (Tonzelle) getrennt, die eine Vermiſchung hinderte, den Stromdurchgang jedoch ermöglichte. Gibt das Element Strom, ſo werden durch letzteren beide Elektrolyte zerſetzt, wobei an der Anode Zink verbraucht und Zinkvitriol gebildet und an der Kathode Kupfervitriol verbraucht und metalliſches Kupfer niedergeſchlagen wird.

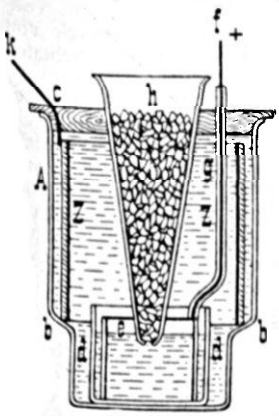


Fig. 1.

In dem Verbrauch an Zink beſteht der Aufwand an Arbeit, der bei der Erzeugung des Stromes geleiſtet werden muß. Durch die Verunreinigungen des käuflichen Zinks entſtehen an ſeiner Oberfläche Nebenſtröme und ſomit ein nutzloſer Zinkverbrauch. Um dieſe lokalen Wirkungen zu vermeiden, wird die Zinkplatte amalgamiert, d. h. mit einer dünnen Queckſilberſchicht verſehen. Die zerſetzten bezw. neu entſtandenen Mengen verhalten ſich theoretiſch wie die Atomgewichte, es werden demnach auf 65 Gewichtsteile zerſetzten Zinks 159 Teile Kupferſulfat verbraucht und 63 Teile Kupfer neu gebildet; der wirkliche Verbrauch iſt infolge lokaler Nebenwirkungen größer, er beträgt pro Ampèreſtunde 27 g Zink und 37 g Kupferſulfat. Die elektromotoriſche Kraft beträgt ungefähr 1,1 Volt.

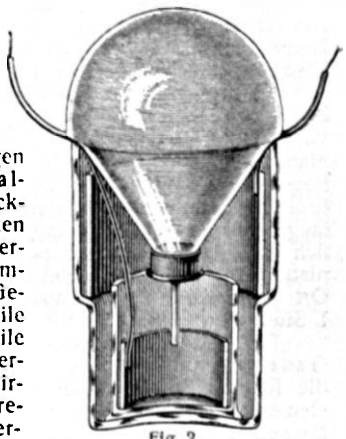


Fig. 2.

Das Daniell-Element wurde früher als ſogenanntes Normalelement zur vergleichenden Meſſung andrer elektromotoriſcher Kräfte benutzt; jetzt ſind hierfür Konſtruktionen von konſtanterer Wirkung (Syſtem Clark, Weſton u. a.) im Gebrauch (ſ. Normalelement).

Das Daniell-Element hat verſchiedene Vereinfachungen und Abänderungen erfahren und es iſt beſonders die von Meidinger 1859 angegebene Form (Fig. 1) und eine ähnliche Konſtruktion von Kayſer & Schmidt, das ſogenannte Ballonelement (Fig. 2), vielfach (z. B. in der Telegraphie) im Gebrauch.

Bei dem Meidinger-Element (Fig. 1) iſt auf dem Boden eines unten etwas verengten Glasgefäßes *A* ein kleineres Glas *d* aufgekittet, in dem ſich ein Kupferblech *e* befindet; an dieſes iſt ein mit einer Guttaperchahülle oder mit einem aufgeſchobenen Glasröhrchen verſehener Kupferdraht *f* gelötet. Das Zink, in Form eines Blechringes *Z*, ruht auf der Verengerung des Glaſes *A* und iſt ebenfalls mit einem Draht *k* verſehen. Durch den Holzdeckel iſt ein kegelförmiges Glasgefäß *h* geführt, das in das Glas *d* hineinragt und unten eine enge Oeffnung beſitzt. Das Glas *A* wird bis zum oberen Rande des Zinkrings mit verdünnter Bitterſalzlöſung, das Glasrohr *h* mit Kupfervitriolkriſtallen und entſprechender Löſung oder Waſſer gefüllt. Die ſich bildende ſpezifiſch ſchwerere Kupfervitriollöſung ſammelt ſich an dem Kupferblech in dem Glaſe *d*. Die Flüſſigkeiten ſind alſo nicht wie beim Daniell-Element durch eine poröſe Scheidewand, ſondern nur durch ihr verſchiedenes ſpezifiſches Gewicht getrennt. Eine Diffuſion des Kupfervitriols bis zum Zinkblech findet nur ſehr langſam ſtatt; eine ſolche hat zur Folge, daß ſich auf dem Zinkzylinder ein ſchwarzer Schlamm von niedergeſchlagenem Kupfer bildet und ſich dieſer infolge der dadurch auf ihm entſtehenden lokalen Ströme raſch auflöſt. Der Widerſtand dieſer Elemente iſt ziemlich bedeutend infolge der ungünſtigen Lage der Metallplatten und der geringen Leitungsfähigkeit der Bitterſalzlöſung. Die elektromotoriſche Kraft iſt nahezu gleich der eines Daniell-Elementes. Sie geben ſehr konſtante Ströme und halten ſich bei richtiger Behandlung mehrere Monate, ohne einer beſonderen Wartung außer dem Nachfüllen von Kupfervitriol zu bedürfen. Als Elemente für Telegraphenbatterien haben ſie eine bedeutende Verbreitung gefunden. Sie ſind wenig transportabel, da eine Miſchung ihrer Flüſſigkeiten durch Erſchütterungen möglichſt vermieden werden muß. Eine neuere Form des Meidinger-Elementes zeigt Fig. 2. Bei dieſem Elemente iſt das Glasgefäß *h* durch einen Glasballon erſetzt, der unten durch einen paraffinierten und mit einem Ausflußröhrchen verſehenen Kork- oder Kautſchukſtöpſel geſchloſſen iſt.

Andre konſtante Elemente mit zwei Flüſſigkeiten ſind von Grove und von Bunſen angegeben. Bei dem Grove-Element iſt die Kupferelektrode durch eine Platinplatte erſetzt, die in ſtarker Salpeterſäure ſteht. Die Zinkplatte befindet ſich in verdünnter Schwefelſäure (1 : 10), und beide Flüſſigkeiten ſind wieder durch eine poröſe Scheidewand getrennt. Da Zink und Platin in der Spannungsreihe weit auseinander ſtehen, ſo iſt die elektromotoriſche Kraft dieſes Elementes ſehr groß (ca. 1,9 Volt); auch beſitzt es nur einen geringen inneren Widerſtand von etwa 0,15 Ohm.

Bei dem Bunſen-Element iſt das teure Platin durch die billige Kohle erſetzt; die elektromotoriſche Kraft beträgt ebenfalls etwa 1,9 Volt.

Bei Verwendung von Kohlenelektroden kann man noch andre Depolariſatoren verwenden, z. B. Chromſäure. Bunſen ſtellte ein Chromſäureelement her, indem er wieder Zink und Kohle als Elektroden benutzte. Da die Chromſäure das Zink nicht ſtärker angreift als Schwefelſäure, ſo braucht man nur eine Flüſſigkeit und die Tonzelle fällt fort; der Elektrolyt beſteht aus 900 g Waſſer, 92 g doppeltchromſaurem Kali und 94 g Schwefelſäure. Die elektromotoriſche Kraft geht bis zu 2 Volt, der innere Widerſtand iſt gering. Dieſe Elemente ſind häufig mit einer Vorrichtung zum Herausheben bezw. Eintauchen der Zinkplatte verſehen und führen dann den Namen Tauchelemente; wegen ihrer flaſchenähnlichen Form heißen ſie auch Flaſchenelemente.

Zu den Elementen mit nur einer Flüſſigkeit gehört auch das ſehr verbreitete Leclanché-Element, das beſonders in der Haustelegraphie viel benutzt wird. Die Elektroden ſind Zink und Kohle; die Beſeitigung des Waſſerſtoffes wird durch Manganſuperoxyd (Braunſtein) bewirkt, das die in einer Tonzelle befindliche Kohlenelektrode umgibt; als Elektrolyt dient eine geſättigte Salmiaklöſung (Chlorammonium); die elektromotoriſche Kraft beträgt ca. 1,45 Volt. Bei neueren Ausführungen fehlt die Tonzelle, und die Kathode iſt aus einem Gemiſch von Braunſtein und Kohle gepreßt. Ausführlichere Angaben und Abbildungen der beſchriebenen Elemente und Erläuterung der chemiſchen Vorgänge in denſelben in [2], [3].

Das Lalande-Element enthält als negative Elektrode Zink, als poſitive Eiſen oder Kohle, umgeben von Kupferoxyd; der Elektrolyt beſteht aus Kalilauge. Das Kupferoxyd iſt ein vorzüglicher Depolariſator, da es ſeinen Sauerſtoff leicht an andre Körper abgibt; ebenſo leicht nimmt es ihn aus der Luft bei Erwärmung wieder auf, wodurch das Element eine bequeme Regenerierbarkeit erhält. Dasſelbe Syſtem haben Umbreit & Matthes in Leipzig der Konſtruktion ihres viel benutzten Kupron-Elementes zugrunde gelegt. In Kali- oder Natronlauge von 20—22° Bé hängen an einem Hartgummideckel zwei Zinkplatten, zwiſchen denen ſich eine Platte aus feſtem poröſen Kupferoxyd befindet. Behufs Regenerierung der Kupferoxydplatte wird der Deckel nebſt Platten abgehoben, gut abgeſpült und 24 Stunden an einem warmen Ort getrocknet; bei Temperaturen von 100—150° C. läßt ſich die Regenerierung ſchon in 1 Stunde erzielen. Für die Ampèreſtunde werden 1,25 g Zink und 6 g Aetzkali verbraucht [4].

Die Beobachtung des Polariſationsſtromes (ſ. oben) führte Grove zur Konſtruktion ſeines Gaselementes, das vorläufig mehr theoretiſchen Wert hat, beſonders als Ausgangspunkt für die Konſtruktion der elektriſchen Akkumulatoren [4]. Eine neuere Konſtruktion eines Gaselementes, auf der Abſorption von Kohlenoxydgas (oder von Leuchtgas) beruhend, iſt von Borchers angegeben; als Kathode dient eine Kohlenelektrode, als Anode ein Kupferblech, während der Elektrolyt aus Kupferchlorürlöſung beſteht [2].

Mit dem Namen **Trockenelement** bezeichnet man ein galvaniſches Element, bei dem der Elektrolyt durch Hinzufügen von poröſen Körpern, wie Sägeſpänen, Aſbeſt, Gips, Celluloſe, Kieſelgur, Baumwolle, oder von klebrigen Subſtanzen, wie Leim, Hauſenblaſe, Agar-Agar (ſ. Klebemittel) u. dergl. aufgeſaugt bezw. in eine gallertartige oder breiige Maſſe verwandelt iſt. Derartige Elemente werden der bequemen Handhabung und der leichten Transportfähigkeit halber vielfach den naſſen Elementen vorgezogen, die in der gewöhnlichen Zuſammenſtellung gar nicht transportabel ſind und außerdem öfters einer Nachfüllung wegen der Verdunſtung des Elektrolyten bedürfen. Die Trockenelemente ſtehen ihnen jedoch inſofern nach, als ihr innerer Widerſtand meiſt weſentlich höher iſt und bei andauerndem Stromſchluß ſchnell zunimmt; auch ſind ſie weniger konſtant, da die Zirkulation des Elektrolyten aufgehoben und daher die Polariſation nicht vollkommen beſeitigt wird. Für viele Zwecke reichen ſie jedoch vollſtändig aus und ſind beſonders für transportable Meßapparate, bei Iſolationsmeſſungen im Freien und bei Telephonanlagen vielfach in Gebrauch. Die meiſten Trockenelemente ſind nach dem Leclanché-Typus gebaut und haben eine elektromotoriſche Kraft von 1,3—1,6 Volt, während der innere Widerſtand mitunter 0,5 Ohm und mehr beträgt. Bei dem ſehr verbreiteten Trockenelement von Gaßner [2] wird die negative Elektrode durch das zylindriſche Zinkgefäß, die poſitive durch einen hohlen Kohleblock gebildet, während der Zwiſchenraum zwiſchen beiden durch eine Miſchung von 3 Teilen Gips, 2 Teilen Waſſer, 1 Teil Zinkoxyd und 1 Teil Ammoniumchlorid (Salmiak) ausgefüllt iſt. Das Zinkoxyd ſoll eine Auflockerung der Maſſe bewirken und den inneren Widerſtand vermindern. — Hellefens Trockenelement [5], dem ein ſehr geringer innerer Widerſtand nachgerühmt wird, iſt folgendermaßen aufgebaut. Ein innerer Zinkbecher, zylindriſch und vielfach durchlöchert, iſt mit einer Pergamentpapier- oder Leinwandſchicht ausgekleidet und enthält die poſitive Elektrode, einen Kohleblock, der von der depolariſierenden Maſſe umgeben iſt. Letztere beſteht aus einer Miſchung von Braunſtein und Graphit, die mit Salmiaklöſung angefeuchtet und durch Tragantzuſatz klebrig gemacht iſt. Dieſer Becher wird nun in einen größeren Zinkbehälter, der als negative Elektrode dient, ſo eingeſetzt, daß ſowohl am Umfange als auch am Boden ein Zwiſchenraum bleibt, den eine Paſte ausfüllt, die aus Gips und Salmiaklöſung unter Zuſatz von Tragant hergeſtellt iſt. Da die klebrigen Maſſen einen ſehr guten Kontakt mit den Elektroden herſtellen, iſt der innere Widerſtand gering. Auf ähnlichen Prinzipien beruhende Konſtruktionen findet man in [6] angegeben.

Die galvaniſchen Elemente führen auch den Namen Primärelemente, weil ſie direkt Strom liefern, im Gegenſatz zu den Sekundärelementen (ſ. Akkumulatoren), die erſt nach voraufgegangener elektriſcher Ladung Strom abgeben. Einige galvaniſche Elemente können, nachdem ſie als Primärelemente erſchöpft ſind, durch Stromdurchleitung regeneriert werden; ſie wirken alſo wie ein Akkumulator, allerdings mit geringem Güteverhältnis. Zu dieſen umkehrbaren Elementen (Kehrelementen) gehört z. B. das Danielliſche.

Um die Spannung bezw. die Stromſtärke zu erhöhen, kann man die Elemente zu

ſogenannten Batterien zuſammenſchalten und ſind hierbei folgende Schaltungsarten ausführbar: die Hintereinanderſchaltung, die Parallelſchaltung und die gemiſchte Schaltung.

Iſt der poſitive Pol (Kupferplatte) des einen Elementes mit dem negativen (Zinkplatte) des nächſten verbunden, ſo bezeichnet man die Elemente als hintereinander geſchaltet (Schaltung auf Spannung). Hierbei durchfließt ein und derſelbe Strom nacheinander alle Elemente, und die elektromotoriſche Kraft E der ganzen Batterie iſt gleich der Summe der elektromotoriſchen Kräfte der einzelnen Elemente. $E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots E_n$, oder wenn alle n Elemente gleich ſind $= nE$. Für die Stromſtärke J ergibt ſich dann $J = \frac{nE}{W + nw}$, worin W der äußere, w der innere Widerſtand des Elementes iſt.

Um die Stromſtärke zu vergrößern, wendet man die Parallelſchaltung der Elemente an (Schaltung auf Stromſtärke). Hierbei ſind alle poſitiven Pole miteinander und ebenſo alle negativen Pole miteinander verbunden und die Stromſtärke wird $J = \frac{E}{W + \frac{w}{n}}$.

Iſt der äußere Widerſtand ſehr groß, ſo ſchaltet man die Elemente hintereinander, iſt er ſehr klein, ſo ſchaltet man ſie parallel, um eine möglichſt große Stromſtärke zu erhalten. Iſt jedoch der äußere Widerſtand im Vergleich zum inneren weder ſehr groß noch ſehr klein, ſo findet die gemiſchte Schaltung Anwendung. Hierbei ſind die Elemente zu einzelnen Gruppen parallel und dann dieſe Gruppen hintereinander, oder ſie ſind gruppenweiſe hintereinander und dann erſt parallel geſchaltet. Hierbei ergibt ſich $J = \frac{nE}{W + n\frac{w}{m}}$ (m iſt die Anzahl der parallel geſchalteten Elemente einer Gruppe, n die Gruppenzahl, E die elektromotoriſche Kraft einer Gruppe). Bei dieſer Schaltung wird die größte Stromſtärke dann erhalten, wenn ſich die Zahl der parallel geſchalteten Elemente zur Zahl der hintereinander geſchalteten Gruppen verhält wie der innere Widerſtand eines Elementes zum äußeren, wenn alſo $m : n = w : W$.

Bezüglich der Geſetze des galvaniſchen Stromes vgl. Elektrodynamik, Elektromagnetismus, Leitungen, elektriſche, Strom, elektriſcher, Widerſtand, elektriſcher.

Literatur: [1] Heinke und Ebert, Handbuch der Elektrotechnik, Bd. 1, Leipzig 1904. — [2] Schoop, Die Primärelemente, Halle 1895. — [3] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Bd. I, Leipzig 1903. — [4] Ebend., Bd. 3. — [5] Zeitſchr. für Elektrochemie, Halle 1894—95. — [6] Ebend. 1895—98.

Holzt.

Galvano, in der Buchdruckerei Bezeichnung der galvanoplaſtiſch erzeugten Druckplatte (ſ. Elektrotypie, Galvanotechnik und Kliſchee).

Galvanochromie (galvaniſche Färbung der Metalle), die elektrochemiſche Erzeugung färbender Ueberzüge, beſonders auf Metallen.

Hängt man die zu färbenden Gegenſtände als Anoden in Löſungen, aus denen elektrolytiſch Bleiſuperoxyd, Manganſuperoxyd oder andre Metallverbindungen niedergeſchlagen werden, ſo erhält man je nach der Farbe des zu überziehenden Metalles und der Dauer der Einwirkung des elektriſchen Stromes verſchieden gefärbte Niederſchläge.

Literatur: Buchner, Metallfärbung, Berlin 1891.

Beckert.

Galvanoglyphie, Verfahren zur Herſtellung von Buchdruckplatten, insbeſondere für den Untergrund von Banknoten und andern Wertpapieren.

Eine Metallplatte wird mit einem Aetzgrund überzogen, in den man die Zeichnung einritzt und bis zu geringer Tiefe ätzt; weit häufiger wird aber das Druckbild mittels der Guillochiermaſchine (ſ. Guillochieren) in die Metallplatte graviert. Sodann wird eine Firnis- oder Farbſchicht mittels einer Walze auf die Platte derart aufgetragen, daß die Linien der Zeichnung nicht von der Farbe ausgefüllt werden. Nach dem Auftragen der Schicht muß die Platte trocknen, worauf die Manipulation ſo oft wiederholt wird, bis die Firnis- oder Farbſchicht hinreichende Stärke bezw. die Linien genügende Tiefe erlangt haben, um durch galvaniſche Abformung eine Druckplatte zu ergeben, erhaben genug für den Druck auf der Buchdruckpreſſe. Zu beachten iſt bei dieſem Verfahren, daß die Zeichnung ſo hergeſtellt werden muß, wie ſie ſpäter im Druck erſcheinen ſoll; andernfalls würde die Darſtellung eine ſeitenverkehrte ſein.

A. W. Unger.

Galvanographie, Verfahren, Platten von bildlichen Darſtellungen in Tuſchmanier ohne Aetzen, Radieren u. ſ. w. für den Druck auf der Kupferdruckpreſſe herzuſtellen.

Man bedient ſich hierzu einer polierten verſilberten Kupferplatte oder auch einer Silberplatte, auf der man die Zeichnung rechts, d. h. ſo, wie ſie der Druck zeigen ſoll, mit einer ziemlich körperhaften Farbe aufträgt, wobei man die Lichter unberührt läßt, während man die andern Stellen je nach der Tiefe des Tons wiederholt mit dieſer Farbe, nach Trocknen der vorhergehenden Schicht, übermalt. Iſt dies hinreichend geſchehen, ſo wird die Platte nach Graphitierung der Farbſchicht in ein galvaniſches Kupferbad gebracht, in dem ſich die freien Metallſtellen zuerſt, nach und nach aber auch die übermalten Schichten mit dem Kupferniederſchlag bedecken werden. Dieſer muß, um den ſtarken Druck der Kupferdruckpreſſe auszuhalten, eine anſehnliche Stärke erlangen, wird aber dann ein vollſtändiges Gegenbild des gemalten Originals zeigen. Der Druck erfolgt in derſelben Weiſe wie der jeder andern gravierten oder geätzten Kupferplatte. Man kann auch, bevor man zur Uebermalung der Grundplatte ſchreitet, dieſer mittels Roulette einen weicheren Ton geben, indem man zuerſt eine polierte Kupferplatte

roulettiert, von ihr einen galvanoplaſtiſchen Niederſchlag nimmt, ihn verſilbert und mit lithographiſcher Kreide auf denſelben zeichnet.

Die Galvanographie iſt um 1840 durch v. Kobell in München erfunden worden, hat ſodann aber durch Pretſch in Wien und London eine weſentliche Vervollkommnung erfahren, indem er zuerſt mittels der Photographie das Bild auf die Originalplatte (ſ. Photogalvanographie) brachte und auf dieſem die Uebermalungen vornahm. Der Engländer Duncan W. Dallas hat ſpäter das Pretſchſche Verfahren aufgegriffen, mit Hilfe der Aetzung die Druckplatten vertiefend. Die Vervollkommnung der photomechaniſchen Verfahren hat indes die Galvanographie, zu deren Ausführung immer große Kunſtübung erforderlich iſt, in den Hintergrund gedrängt.

Das galvanographiſche Verfahren (Malerradierung) von H. Herkomer in London beſteht, kurz geſagt, in folgendem: Auf einer verſilberten Kupferplatte wird die Zeichnung mit einer der Druckerſchwärze ähnlichen Farbe ausgeführt. Als Inſtrument hierzu kann man ſich eines Pinſels, eines Wiſchers, eines ſpitzigen Hölzchens und ſelbſt des Fingers bedienen. Die Farbe muß von ſolcher Beſchaffenheit ſein, daß ſie während der Arbeit feucht bleibt, weil nach Ausführung der Zeichnung die ganze Platte mit einem ſpeziellen leitenden Pulver von verſchiedener Kornſtärke eingeſtaubt wird. Hierbei bleiben die gröberen Körner an den dickſten Farbſtellen (den Schatten), die feineren an den dünnen Stellen (den Lichtern und Halbtönen) hängen. Von dieſer Platte wird nun auf galvanoplaſtiſchem Wege ein Abklatſch gemacht, der als Tiefdruckplatte dient (Eders Jahrbuch für Photographie, 1897, S. 479). *J. M. Eder.*

Galvanokauſtik oder galvaniſches Gravieren, ein Aetzverfahren auf galvaniſchem Wege, das jedoch weniger für graphiſche oder Buchdruckzwecke als zur Herſtellung von Druckwalzen für Tapeten, Kaliko und andre Stoffe verwendet wird, da ſich mittels derſelben ſehr tiefe Aetzungen ausführen laſſen, ohne daß Gefahr für Unterfreſſen der angrenzenden Linien durch die Aetzflüſſigkeit entſteht.

Es wird dabei eine Metallplatte (Meſſing oder Kupfer) mit einem Aetzgrunde bedeckt, in den man die Zeichnung radiert; dieſe Platte wird wie bei der Galvanoplaſtik in ein Kupferbad gebracht und mit dem poſitiven Pol einer galvaniſchen Kette verbunden, worauf eine raſch wirkende, nach der Tiefe gehende Aetzung eintritt. *J. M. Eder.*

Galvanolack, ſ. Celluloidlacke.

Galvanolyſe, ſ. v. w. Elektrolyſe (ſ. d.).

Galvanometallurgie, ſ. Elektrolyſe und Elektrometallurgie.

Galvanometer, ſ. Meßinſtrumente, elektriſche.

Galvanoplaſtik, Galvanoſtegie, ſ. Galvanotechnik.

Galvanoſkop, ſ. Meßinſtrumente, elektriſche.

Galvanotechnik. Die Zweige der Galvanotechnik ſind die Galvanoſtegie (Veredelung, Ausſchmückung oder Brauchbarmachung eines Metalles durch Ueberziehen mit einem andern Metalle) und die Galvanoplaſtik (Herſtellung naturgetreuer Kopien von Gegenſtänden verſchiedenſter Art mittels des galvaniſchen Stromes in ſolcher Stärke, daß ſich die Kopie als Ganzes von dem abzubildenden Gegenſtande abheben läßt).

Folgende Ueberſicht gibt einen Begriff von der Vielſeitigkeit der galvanoplaſtiſchen Arbeiten.

A. Maſſive Niederſchläge, ausſchließlich in Kupfer (Galvanoplaſtik):

Herſtellung monumentaler Figuren; Kopieren von Münzen u. dergl.; Anfertigung von Gegenſtänden der Kunſtinduſtrie, die ſonſt in Bronze gegoſſen werden; Maſſenherſtellung von Knöpfen, Schmuckſachen, Verzierungen für Möbel u. dergl.; Erzeugung von Relieflandſchaften; Herſtellung von Kupferplatten für den Kupferſtecher; Kopieren geſtochener Kupferplatten und Holzſchnitte, um die Originale ſchonen zu können; Anfertigung von Druckplatten, zum Teil unter Zuhilfenahme der Photographie; Herſtellung von Platten zum Naturſelbſtdruck; Herſtellung von Formen für Schriftgießerei und Buchdruckklettern mit kupfernen Köpfen; Anfertigung von kupfernen Röhren ohne Lötung, Metallbändern und Drähten; Ueberziehen von kleinen Tieren und Pflanzen, um ſie in ihren Formen zu erhalten.

B. Dünne Niederſchläge als Ueberzüge auf andern Metallen (Galvanoſtegie).

Verſilberung und Vergoldung von Tafelgeräten, Schmuckſachen und Kunſtinduſtriegegenſtänden; Verſtählen von gravierten Kupferplatten zum Schutze derſelben gegen Abnutzung beim Druck; Verkupfern und Vermeſſingen von Eiſen und Zink zwecks Herſtellung künſtlicher Bronze ſowie zum Schutze gegen atmoſphäriſche Einflüſſe.

Bei galvanoplaſtiſchen Arbeiten werden Metalle aus chemiſchen Löſungen gefällt, die ſich auf den zu überziehenden oder abzuformenden Gegenſtänden, deren Oberfläche elektriſche Leitungsfähigkeit beſitzen muß, niederſchlägt. Der in das Bad gehängte Körper (Kathode) wird mit dem negativen Pol der Stromquelle verbunden, während der poſitive Pol nach einer in das Metallbad gehängten Metallplatte (Anode) führt. Dieſe beſteht immer aus demſelben Metall, das in der Löſung enthalten iſt, und löſt ſich in dem Maße im Bade auf, als Metall aus der Löſung gefällt wird, ſo daß fortwährend Neuſättigung des Bades unter Verbrauch der Anode ſtattfindet. — Bei der Herſtellung der Kopie eines Kupferſtiches, einer Medaille u. dergl. auf galvanoplaſtiſchem Wege verfuhr Jacobi, der Begründer der Galvanoplaſtik, in der Weiſe, daß

er von dem Original ein galvanoplaſtiſches Negativ erzeugte und erſt von dieſem Negativ die dem Original getreue Kopie, das Poſitiv, erhielt. Später vereinfachte er das Verfahren des zweimaligen galvanoplaſtiſchen Niederſchlages, indem er das Negativ (die Form oder Matrize) auf mechaniſchem Wege durch Abformen in einer plaſtiſchen Maſſe (Gips, Wachs, Guttapercha, Stearin, Leim) gewann, dieſes nichtmetalliſche Negativ leitend machte und ſo durch einmaligen galvanoplaſtiſchen Niederſchlag die Kopie des Originals verfertigte.

Die Herſtellung der Formen oder Matrizen und das Leitendmachen derſelben iſt bei den verſchiedenen Formmaſſen verſchieden. Bei Herſtellung von Metallformen aus leicht ſchmelzbaren Metallegierungen, meiſt Miſchungen aus Wismut, Blei und Zinn, wird der Gegenſtand geölt und das flüſſige Metall langſam aufgegoſſen. Da das Gefüge der Metallegierungen körnig iſt, eignen ſich dieſe Formen nicht für die Abformung feiner Gegenſtände. Um zu verhindern, daß ſich beim Einſetzen von Metallformen in die Flüſſigkeit das Metall auf dieſen feſthaftend niederſchlägt, wird die Form vorher eingeölt oder eingefettet. Haben Gegenſtände fein gravierte Linien, ſo genügt dies Verfahren nicht; vielmehr wird die Kupferoberfläche verſilbert und das Silber durch Beſtreichen mit einer Jodlöſung in Jodſilber übergeführt. Zur Verhinderung von Metallabſcheidungen wird die Rückſeite der Formen vorteilhaft mit Aſphaltlack überzogen. Im D.R.P. Nr. 123056 iſt ein Verfahren zur Herſtellung leicht abhebbarer metalliſcher Formen für galvanoplaſtiſche Niederſchläge beſchrieben. Die Formen ſind aus dünnem Blech oder aus dünnnwandigem Guß hergeſtellt, das oder der auf der nicht für den Niederſchlag beſtimmten Seite gerieft iſt, um durch leichtes Ein- und Zerreißen das Entfernen der Form zu ermöglichen. Bei Verwendung von Guttapercha zur Herſtellung von Formen kommt eine Guttaperchamaſſe zur Anwendung, die beim Erhitzen auf 80—90° C. plaſtiſch wird und beim Abkühlen ihre urſprüngliche Zähigkeit und Feſtigkeit wieder annimmt. Die Guttapercha muß frei von erdigen Subſtanzen und kleinen Holzfaſern ſein. Zum Abformen weicht man ſie in heißem Waſſer auf, knetet ſie zwiſchen den befeuchteten Händen und formt aus der Maſſe eine der Größe des abzuformenden Gegenſtandes entſprechende etwa 10—20 mm ſtarke Platte. Dieſe weiche Guttaperchaplatte wird mit Graphit beſtreut und an den gleichfalls mit Graphit eingeriebenen Gegenſtand erſt loſe mit der Hand gedrückt, dann mit Hilfe einer Hand- oder hydrauliſchen Preſſe feſt angepreßt. Lenoir benutzt nicht reine Guttapercha, ſondern ein Gemiſch von Guttapercha mit Schweinefſchmalz und Harz, beſonders zum Abformen zweiſeitiger Gegenſtände, wie Medaillen. Miſchungen von Guttapercha und Olivenöl kommen hauptſächlich zum Abformen feiner Gegenſtände mit unterſchnittenen Formen zur Anwendung. — Wachs- und Stearinformen eignen ſich für leicht zerbrechliche Gegenſtände, bei welchen keine Preſſe benutzt werden kann, oder für Gegenſtände, die in Hochrelief gearbeitet ſind und keine Unterſchneidungen haben. Da Wachs und Stearin je nach der Temperatur bald weicher, bald härter ſind, nimmt man niemals reines Wachs oder Stearin, ſondern gibt ihm gewiſſe Zuſätze, die ſeine Elaſtizität erhöhen, wie Talg, Bleiweiß, Olivenöl, venezianiſchen Terpentin und feinen Graphit. Zur Herſtellung der Wachsformen gießt man die geſchmolzene Wachsmaſſe in flache, wagerecht aufgeſtellte viereckige Käſten und drückt den abzuformenden Gegenſtand im Augenblick des Erſtarrens der Miſchung mit ſeiner nach unten liegenden Außenfläche in die Wachsmiſchung ein. Gegenſtände, die keine Wärme vertragen oder leicht zerbrechlich ſind, z. B. ſolche aus Wachs oder Ton, werden in Gips abgeformt. Der Preis der Gipsformen ſtellt ſich niedriger als der der bisher genannten. Zur Herſtellung der Formen wird der zuvor mit Graphit beſtreute Gegenſtand mit einem Rande umgeben; ſodann wird zunächſt feinſter Alabaſtergips, hierauf eine dickflüſſige Gipsmaſſe aufgegoſſen. Nach dem Erſtarren der Maſſe wird die Form entfernt und ausgetrocknet. Da der Gips Flüſſigkeiten durchläßt und folglich die Formen beim Eintauchen in das galvaniſche Bad zerſtört werden würden, empfiehlt ſich ein Imprägnieren (Dichten) der Gipsformen mit Stearinſäure oder Leinölfirnis; andre Imprägnierungsmittel ſind Wachs mit Stearinſäure oder Paraffin mit Walrat. — Formen aus Leim eignen ſich für Abgüſſe ſehr feiner ſowie ſtark profilierter Gegenſtände, da der Leim ſehr plaſtiſch iſt und ſich von Gegenſtänden mit zahlreichen Vorſprüngen und Vertiefungen gut abheben läßt. Anderſeits haben Leimformen den Nachteil, daß ſie im galvaniſchen Bade aufquellen und ein Verzerren der Form verurſachen. Infolge des Aufquellens tritt eine Löſung der Leimmaſſe ein, die Bäder verdicken, der Leitungswiderſtand erhöht ſich, und es wird ſpröder Kupferniederſchlag gebildet. Durch geeignete Mittel muß daher die Löslichkeit des Leimes in Flüſſigkeiten verhindert werden.

Das Leitendmachen der nichtmetalliſchen Formen geſchieht in den meiſten Fällen durch Aufbürſten von Graphit. Der verwendete Graphit muß gut leiten, rein und kornfrei ſowie feinpulverig ſein. Das Graphitieren der Form wird von Hand oder durch Graphitiermaſchinen mit einer langhaarigen Bürſte ausgeführt; bei härterem Stoff kann die Bürſte gröber ſein, bei weicherem, wie Leim und Wachs, muß eine weichere Bürſte benutzt werden. Die Abbildung einer Graphitiermaſchine dieſer Art iſt aus dem Katalog von W. Pfanhauſer-Berlin zu entnehmen. Die Formen werden auf ein ſich langſam drehendes wagerechtes Rad gelegt, auf dem eine Bürſte gleichzeitig in ſenkrechter und ſchwingender Bewegung tätig iſt. Das Verſtäuben des Graphits wird dadurch verhütet, daß der Graphitraum luftdicht abgeſchloſſen iſt. Der überſchüſſige Graphit ſammelt ſich in einem Behälter im Fußgeſtell. Auch kommen Graphitiermaſchinen zur Anwendung, bei denen das Graphitpulver durch Gebläſeluft gegen die leitend zu machende Fläche geführt wird. Der Graphitſtaub wird in einem beſonderen Behälter mechaniſch aufgewirbelt und durch das Gebläſe angeſaugt, wobei nur die feinſten Graphitteilchen mitgeriſſen werden, während die gröberen Teile in dem Behälter zurückbleiben (D.R.P. Nr. 132177). Iſt der Gegenſtand mit Graphit verſehen, ſo wird er zum Einhängen in das Bad mit kupfernen Bügeln oder Drähten ausgerüſtet. Damit die Verbindung des Aufhängedrahtes mit der leitend gemachten Fläche möglichſt innig iſt, legt man zwei Kupferdrähte etwa von der Stärke eines Roßhaares, ſogenannte „Fühler“, zwiſchen die Berührungsſtellen. Bei ſehr großen Formen läßt man eine

Reihe von Kupferdrähten auf die graphitierte Oberfläche, besonders in die tiefliegenden Stellen auflaufen. Vielfach sucht man die Leitungsfähigkeit der Formen durch Anwendung von metallisiertem Graphitpulver (Silber- und Goldgraphit) zu erhöhen, oder man legt auf den abzuformenden Gegenstand Blattsilber, Blattzinn u. s. w. und preßt erwärmte Guttapercha darüber, an der nach dem Abheben die Blattmetalle festkleben. Verfahren zum Leitendmachen der Formen sind in den Patentschriften Nr. 24235, 48708, 57853, 65819, 83502, 84235, 91900 beschrieben.

Beim **Einhängen der Gegenstände in das galvanische Bad** ist besonders darauf zu achten, daß sich die Formenflächen parallel zur Anode befinden, damit alle Stellen der Form mit gleichdickem Niederschlage bedeckt werden. Bevor die Form in das Bad kommt, übergießt man sie mit verdünntem Alkohol, um eine gleichmäßige Benetzung im Bade zu erreichen und das Ansetzen von Luftbläschen zu verhindern. Zur Verhütung des Aufsteigens leichter Formen aus Guttapercha, Wachs u. dergl. im Bade werden diese Formen durch Anbringen von Bleistücken beschwert. Galvanoplastische Arbeiten werden meist in saurer Kupfersulfatlösung ausgeführt, der man zur Erhöhung der Leitungsfähigkeit Schwefelsäure zusetzt. Man kann auch Gold-, Silber-, Nickel-, Messing-, Bronze-, Eisen-, Zinn-, Zink- u. dergl. Reproduktionen erhalten. Verfahren zur Herstellung von Kupfer-, Zink-, Messing- und Bronzeniederschlägen unter Benutzung von Aluminium- oder Magnesiumkontakten enthalten die Patentschriften Nr. 128318 und 128319.

Es lassen sich zwei Verfahren zur Galvanoplastik unterscheiden: das Verfahren zum Kupferniederschlagen ohne Anwendung äußerer Stromquellen und das Verfahren mit Anwendung äußerer Stromquellen. Ersteres Verfahren umfaßt den Betrieb mit einfachen Apparaten (Zellen- oder Trogapparaten), letzteres den Betrieb mit Batterie oder Dynamomaschine bezw. Akkumulatoren.

Für Arbeit mit äußerer Stromquelle dient als Batterie das Smee-, Groove-, Bunsen- und besonders das Daniell-Element. An Stelle des äußeren Kupferzylinders beim Daniell-Element treten die zur Aufnahme des Niederschlages bestimmten Formen. Demnach besteht der Apparat aus einem mit 22prozentiger Kupfervitriollösung gefüllten säurefesten Gefäß zum Aufnehmen der Formen und einer runden oder viereckigen porösen Tonzelle (Diaphragma), in der sich Zink und mit Amalgamiersalz versetzte Schwefelsäure befindet. Durch Einhängen mit Kupfervitriol gefüllter Säckchen aus starker Leinwand oder durchlöcherter Kästchen aus Blei, Holz u. dergl. wird die Kupfervitriollösung ununterbrochen ergänzt. Wird das Zink durch Kupferdraht oder Kupferstangen mit dem abzuformenden metallischen oder durch Bürsten mit Graphit leitend gemachten Gegenstand verbunden, so oxydiert das Zink durch den Sauerstoff, und das aus der Vitriollösung ausgeschiedene Kupfer schlägt sich in kohärentem Zustande auf dem abzuformenden Gegenstand nieder. Die Vorrichtungen zum Arbeiten im einfachen Apparate sind je nach dem Zwecke verschieden. Während man früher meist die wagerechte Anordnung bei den abzuformenden Gegenständen vorzog, wird heute nur noch mit senkrechter Anordnung gearbeitet, weil diese gestattet, während des Arbeitsvorganges durch Herausheben des Gegenstandes zu beobachten, wie weit die Metallabscheidung fortgeschritten ist. — Für größere Ausführungen kommen mehrere Zellen in einer Wanne zur Anwendung (Fig. 1). Die Warenstangen *a* und *b* tragen die Formen; an der Anodenstange *c* hängen die Zinkplatten, welche in die mit Schwefelsäure gefüllten Tonzellen tauchen. Die Wanne ist mit Kupfervitriol gefüllt.

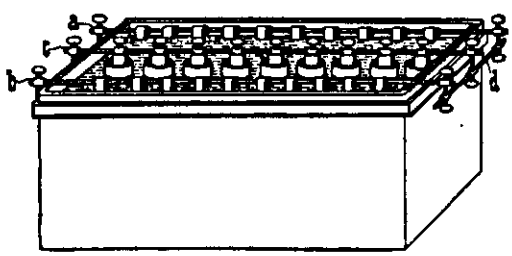


Fig. 1.

Durch einen Kupferdraht oder eine Kupferstange *d* sind die drei Leitungsstangen untereinander leitend verbunden. Damit der Niederschlag gleichstark wird, müssen die Formen den Diaphragmen genau gegenüber hängen. Als Kupferbad für den einfachen Apparat verwendet man eine gesättigte Lösung aus reinem Kupfervitriol in kalkfreiem Wasser, und zwar 250 g Salz auf 1 l Wasser. Eines Zusatzes von Schwefelsäure, wie bei Anwendung äußerer Stromquelle, bedarf es für galvanoplastische Niederschläge im einfachen Apparate nicht, da durch die Tonzellen Schwefelsäure in das Bad diffundiert und sich durch den elektrolytischen Prozeß Schwefelsäure bildet. Man erhält in 1 Stunde bei 0,1 qm Elektrodengröße aus dem Bade eine Kupferfällung von 1,0 g bei Anwendung des Smee-, 1,2 g bei Anwendung des Daniell- und 2,0 g bei Anwendung des Bunsen-Elementes.

Bei Betrieb mit äußerer (getrennter) Stromquelle werden die Leitungsstangen mit einer galvanischen Batterie oder einer Dynamomaschine verbunden. An die Stangen *a* und *b* (Fig. 1) werden mittels kupferner Haken Kupferanoden gehängt, die mit dem Anodenpole der Batterie oder Dynamomaschine verbunden sind. An diesen Anodenpolen kann sich die freiwerdende Schwefelsäure unter Zersetzung des Kupfers zu Kupfervitriol sättigen und den Kupfergehalt fast auf gleicher Höhe halten. Der negative Pol wird bei Dynamobetrieb mit der Stange *c* verbunden. Bei Batteriebetrieb führt die Kohle (Bunsen-Element) oder das Kupfer (Daniell-Element) zur Anode, das Zink zur Kathode (Warenleitung). Die Anodenleitungen *a* und *b* werden miteinander verbunden, während die Warenleitung getrennt bleibt. Diaphragmen fehlen bei Anwendung äußerer Stromquellen, ferner kommen keine metallischen Beimischungen, wie durch Austritt der Zinkvitriollösung aus den Tonzellen beim einfachen Apparate, in das Bad. Durch Einschaltung eines Stromreglers läßt sich die gewünschte Stromstärke erzielen; man kann die Niederschläge durch stärkeren Strom schnell decken und bei schwächerem Strom wachsen lassen, was im einfachen Apparate nur schwer möglich ist.

In größeren galvanotechnischen Betrieben wird allgemein die Dynamomaschine zur Stromerzeugung benutzt, und zwar kommt fast ausschließlich das System der Nebenschlußmaschinen

in Betracht, bei dem ſich von den Bürſten eine Nebenleitung zur Speiſung der Elektromagnete abzweigt. Es beſteht hierbei geringere Gefahr als bei Hauptſtrommaſchinen, wenn Kurzſchluß ſtattfindet. Für alle Dynamomaſchinen gilt, daß ſie für einen beſtimmten Widerſtand eingerichtet ſind und daß, wenn einzelne Bäder ausgeſchaltet werden oder die eingehängten Flächen ſich vermindern, entſprechende Widerſtände eingeſchaltet werden müſſen. Bei der Nebenſchlußmaſchine würde ſich bei der Unterlaſſung dieſer Maßregel die erzeugte Stromſtärke vermindern, während bei Hauptſtrommaſchinen die Stromſtärke wachſen und eine Erhitzung der Ankerwicklung herbeiführen kann. Bei der Nebenſchlußmaſchine ermöglicht ein in die Wicklung eingeſchalteter Regler (Fig. 2), mehr oder weniger Strom zu erzeugen und unnötigem Kraftverbrauch vorzubeugen.

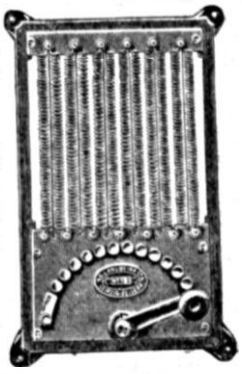


Fig. 2.

Die Bäder zur Niederſchlagsarbeit für Dynamomaſchinen beſtehen meiſt aus 100 l Kupfervitriollöſung von 18° Bé und 1—1½ l reiner Schwefelſäure von 66° Bé, zur Niederſchlagsarbeit mit Batterie aus 100 l Kupfervitriollöſung von 18° Bé und 1½—2 l reiner Schwefelſäure von 66° Bé. Bei Beſtimmung der Arbeitsverhältniſſe der Bäder kommt es darauf an, bei welcher Stromſtärke in jedem einzelnen Falle die günſtigſten praktiſchen Erfolge erzielt werden. Die Stromſtärke läßt ſich für manche Fälle im voraus annähernd beſtimmen. Bei der Angabe der Stromſtärke eines Bades bezieht man ſich auf die Einheit der eingehängten Metallflächen, als welche 1 qdm gilt, und nennt die für den Quadratdezimeter angewandte Stromſtärke Stromdichte. Die Stromdichte hat einen Widerſtand im Bade zu überwinden; bei der Berechnung bezieht man auch dieſen auf die Flächeneinheit von 1 qdm und fügt noch die Annahme der Entfernung der Anode von 1 dm hinzu, ſo daß man alſo den Widerſtand von 1 cdm Flüſſigkeit hat (ſpezifiſcher Widerſtand). Dieſer iſt für Bäder beſtimmter Zuſammenſetzung derſelbe und läßt ſich bei der Arbeit nach beſtimmten Vorſchriften aus Tabellen entnehmen [6]. Außerdem entſtehen im Bade noch Widerſtände infolge der Polariſation und Zerſetzung zwiſchen Metall und Flüſſigkeit ſowie in beſtimmten Fällen Gegenſtröme durch Berührung der Anode mit dem Bade. Die Schnelligkeit der Niederſchlagsarbeit in einem galvaniſchen Bade wächſt mit der Zunahme der Spannung oder elektromotoriſchen Kraft; je langſamer die Erzeugung des Niederſchlages erfolgt, deſto glatter, haltbarer, dichter und ſchöner wird der letztere. Zur Herſtellung des haltbaren Ueberzuges gilt als Erfahrungsregel, daß die wirkſamen Zinkflächen und die Anodenfläche bei Bädern von mittelgroßem Widerſtand mindeſtens ſo groß ſein müſſen als die Oberfläche der Waren. Dies iſt bei Anwendung von galvaniſchen Elementen maßgebend für die Wahl der Schaltung. Die ſtündliche Niederſchlagsmenge p in Gramm läßt ſich annähernd nach der von Waltenhofen angegebenen Formel $p = \frac{0{,}003565 \cdot e\,M}{u + \frac{\varrho\,d}{n\,f}}$ berechnen. Darin iſt e die elektromotoriſche Kraft ($e = 6$ für Smee-, $e = 12$ für Daniell-, $e = 20$ für Bunſen-Elemente), M das äquivalente Gewicht des gefällten Metalles, u der vorher zu ermittelnde Widerſtand in einem Element, ϱ der Leitungswiderſtand der Flüſſigkeit, bezogen auf 1 qcm der Elektroden im Abſtande von 1 cm, d der Plattenabſtand in Zentimetern, n die Anzahl der Elemente der Batterie, f die Elektrodengröße in Quadratzentimetern. — Nur in gewiſſem Grade darf man durch höhere Spannungen oder ſtärkere elektromotoriſche Kraft die Stromdichte erhöhen, um dadurch die Niederſchlagsmenge zu vermehren. Zu große Stromſtärke kann pulverartige, zu geringe ſpröde Niederſchläge erzeugen. Die Stromſtärke ändert ſich ferner mit der Vergrößerung oder Verkleinerung der eingehängten Metallflächen. Da man aber die Stromdichte in praktiſchen Grenzen halten muß, ſo müſſen bei Verringerung der in ein Bad gehängten Flächen Widerſtände eingeſchaltet werden. Hierzu dienen die bereits erwähnten Regler. Ein Spannungsmeſſer gibt durch ſeinen Zeiger an, wenn der Widerſtand im Bade eine Veränderung erfährt, worauf der normale Widerſtand mit Hilfe des Reglers wiederhergeſtellt wird. Fig. 3 zeigt die Einſchaltung des Reglers und Spannungsmeſſers bei Arbeiten mit äußerer Stromquelle. Der Spannungsmeſſer (Voltmeter) wird mit der Waren- und Anodenleitung durch einen 1 mm ſtarken Kupferdraht verbunden, und zwar mit der Anodenleitung an den Punkten, an welchen die Spannung gemeſſen werden ſoll. Der Zuleitungsdraht, der von der Batterie kommt, führt zur linksſeitigen Klemmſchraube des Reglers, die mit dem erſten Kontaktknopfe links durch

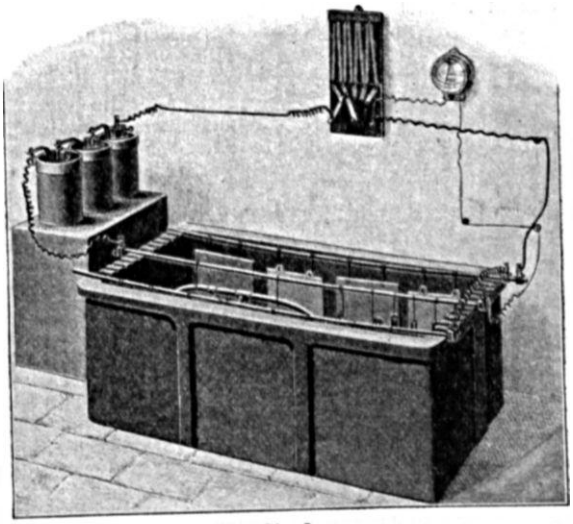


Fig. 3.

Kupferdraht verbunden iſt. Steht die Metallkurbel auf dieſem äußerſten linken Knopfe, ſo geht der Strom ungeſchwächt durch die Kurbel und den durch ſie eingeſchalteten Leitungsdraht. Wird die Kurbel nach rechts auf den nächſten Knopf geſtellt, ſo ſind zwei Kupferſpiralen in die Leitung eingeſchaltet u. ſ. f. Auf dieſe Weiſe wird die erforderliche Anzahl Ohm eingeſchaltet und die Stromſtärke geregelt. Da meiſtens bei einem Bade Gegenſtröme durch die Beſchaffenheit der Waren hervorgerufen werden, ſo empfiehlt es ſich in manchen Fällen, bei Beginn der Arbeit einen ſtärkeren Strom anzuwenden, um zunächſt die Waren zu „decken", worauf die weitere Arbeit bei normaler Stromſtärke vor ſich geht. Die Temperatur der Bäder beträgt 15—20° C.; im Winter empfiehlt ſich ein künſtliches Anwärmen der Bäder.

Die Aufſtellung der Stromquelle ſoll bei Elementen derart ſein, daß ihre Bedienung möglichſt bequem wird. Dynamomaſchinen ſind auf eingemauertem Sockel mit Holzbelag aufzuſchrauben, damit kein Zittern der Bürſten und keine Bildung großer Funken eintritt. Vorteilhaft findet die Dynamomaſchine in der Mitte einer Bäderreihe Platz, damit ſie von einzelnen Bädern nicht zu weit entfernt iſt, wodurch bei Nebenſchlußmaſchinen die Regelung unbequem würde. Mit der Entfernung der Dynamomaſchine von den Bädern wächſt der Widerſtand in den Leitungen, und dieſe müſſen dann ſtärker gewählt werden.

In der Stärke der Leitungen richtet man ſich nach der Anzahl der Elemente. Für kleine Verhältniſſe bei zwei Elementen wählt man Kupferdraht von 1,5 mm, bei vier Elementen von 2 mm Dicke. Bei genauerer Bemeſſung kann man nach Uppenborn $^1/_2$ qmm für 1 Ampère Stromſtärke rechnen. Langbein gibt für Dynamomaſchinen folgende Angaben: Für kurze Leitungen (bis 20 m) für je 3 Ampère 1 qmm Querſchnitt für Ströme bis 300 Ampère, bei längeren Leitungen je 1 qmm Querſchnitt für 1,5—2 Ampère.

Die Wahl der Wannen hängt von der Art des Bades ab. Für kleinere Bäder bis 300 l Inhalt iſt Steinzeug (Fig. 4) oder emailliertes Gußeiſen am ratſamſten, für cyankaliumhaltige Bäder dürfen nur derartige Wannen und eiſerne oder gemauerte Behälter mit Zementauskleidung gebraucht werden. Ausgepichte Holzwannen dienen für größere Nickelbäder. Für kalte, kleine Bäder genügen Glaswannen (Fig. 5). Wannen aus Steinzeug vertragen das Anwärmen nicht. Die Wannen ſollen bequem zugänglich, kleinere in handlicher Höhe auf Holzböcke geſtellt werden. Die Zuführung der Drähte erfolgt von unten oder an der Seite des Bades, die zur Bedienung desſelben am wenigſten benutzt wird. Der Betrieb mehrerer Bäder darf nur in der Weiſe erfolgen, daß jedes Bad ſeinen Strom von der Hauptleitung aus erhält, alſo in Parallelſchaltung, weil die Bäder verſchiedene Widerſtände haben.

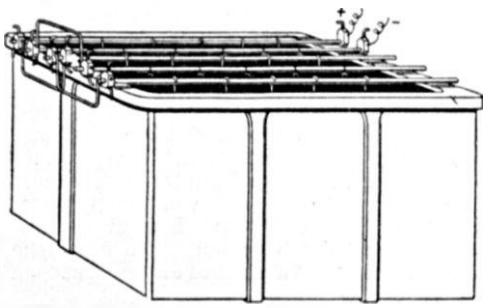


Fig. 4.

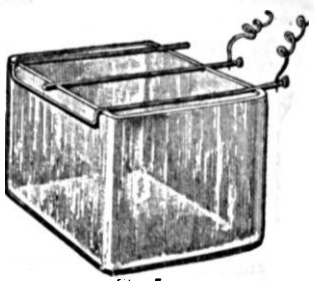


Fig. 5.

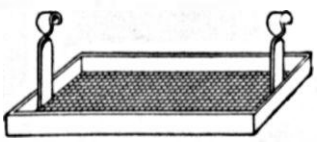


Fig. 6.

Die Einhängung der Waren und Anoden geſchieht mit Hilfe von Meſſingröhren oder Stangen, die über die Wanne, wenn nötig, auf iſoliert laufenden Leiſten gelegt werden. Die Haken für die Waren beſtehen aus reinem Kupfer, für die Anoden aus demſelben Metall oder aus Platin. Die Waren- und die Anodenleitung werden bei Anwendung von Kupferdraht durch Porzellaniſolatoren oder bei Kupferſtangen durch Holzträger iſoliert; ſie laufen in einem Abſtand von etwa 5 cm voneinander. Die Leitungen enden bei den Dynamomaſchinen in Queckſilbernäpfen, da Verſchraubungen bedeutende Verluſte verurſachen können. In größeren Anſtalten kommen Schaltapparate zur Anwendung, um freiere Verwendung des Stromes zu geſtatten.

Zum Galvaniſieren kleiner Maſſenartikel dient als einfachſtes Hilfsmittel der in Fig. 6 dargeſtellte Elektroplattierkorb. Er wird in das Bad eingehängt und die kleinen zu galvaniſierenden Gegenſtände werden auf den Korb geſchüttet. Bei andern Apparaten zur Maſſengalvaniſierung werden die Waren in durchlöcherte ſich drehende Metalltrommeln (Fig. 7, W. Pfanhauſer, Berlin, Wien) gelegt. Beſtehen dieſe Trommeln aus nichtleitendem Material, ſo wird den Waren der Strom durch Kupferſtreifen zugeführt, die einerſeits innen an der Trommelwandung befeſtigt, anderſeits mit der Stromquelle in Kontakt gebracht ſind. Bei einem andern Maſſengalvaniſierungsapparat wird die Stromrückleitung zu den Waren durch Metalldorne bewirkt; dieſe Dorne drehen ſich um eine Welle, die mit dem Kathodenpole der Stromquelle in Kontakt ſteht. Joray-Paris (D.R.P. Nr. 61054) benutzt eine nach verſchiedenen Richtungen drehbare Trommel als Anode, ein ſeitliches Armkreuz und mehrere daran befeſtigte Stäbe als Kathode. Zwiſchen beiden befindet ſich ein poröſes, einſeitig offenes Zylindergefäß. Heathfield und Rawſon (D.R.P. Nr. 85840) verbinden die Trommel mit dem Kathodenpol einer Stromquelle, während die iſoliert mit der Trommel verbundene Anode den mittleren Teil der Stromquelle bildet. Barbar galvaniſiert gleichartige Gegenſtände in der Weiſe, daß dieſe mittels eines endloſen Bandes durch das Bad geführt werden. Patentſchrift 159897 (D.R.P.) beſchreibt eine Vorrichtung zur Maſſengalvaniſierung kleiner Gegenſtände mit beweglichem oder feſtem Kathodenträger und über dieſem angeordneter Anode.

Zur Maſſengalvaniſierung ſperriger Gegenſtände, wie Stäbe, Fahrradſpeichen, Ketten u. dergl., ſind ſich drehende Trommelapparate ſchlecht geeignet, da die Gegenſtände beim Umdrehen der Trommel einen Knäuel bilden und nur die außen befindlichen Waren galvaniſiert werden. Dieſem Uebelſtande ſoll der Schaukelapparat von Dr. G. Langbein & Co., Leipzig, (D.R.P. Nr. 97944), Fig. 8, abhelfen. Bei dieſem Apparate ſteht eine mechaniſch bewegte, ſchaukelartig ſchwingende Halbtrommel aus nichtleitendem Metall zum Aufnehmen der Waren mit dem Kathodenpol der Stromquelle durch ihre Metallager in Verbindung. Von dort aus verzweigt ſich der Strom nach Leitungsſchienen auf dem Boden der Schaukel. Die Anode iſt in der Weiſe an die Schaukel angeſchloſſen, daß die Schaukel um die Anode ſchwingt. Zur Anode gelangt der Strom vom Anodenpol der Stromquelle durch die Anodenſtange, durch die an ihr befeſtigten Hänger und durch die Stangenlager. Durch die hin und her gehende Bewegung der Schaukel verändern die kleinen Gegenſtände fortwährend ihre Lage und überziehen ſich überall ganz gleichmäßig mit Niederſchlag. Infolge des beſtändigen Rollens und Scheuerns kommen die Waren poliert aus dem Apparate. Hat der Niederſchlag der Gegenſtände die gewünſchte Stärke erreicht, ſo wird die Schaukel hochgezogen, in ſenkrechte Lage gebracht und ihr Inhalt in ein Sieb entleert.

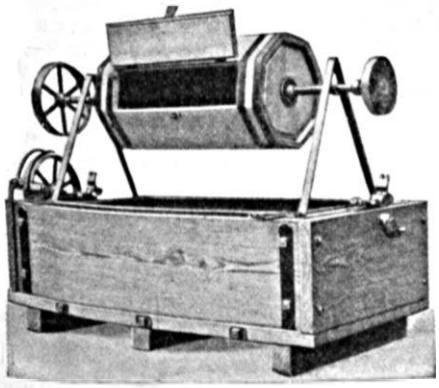


Fig. 7.

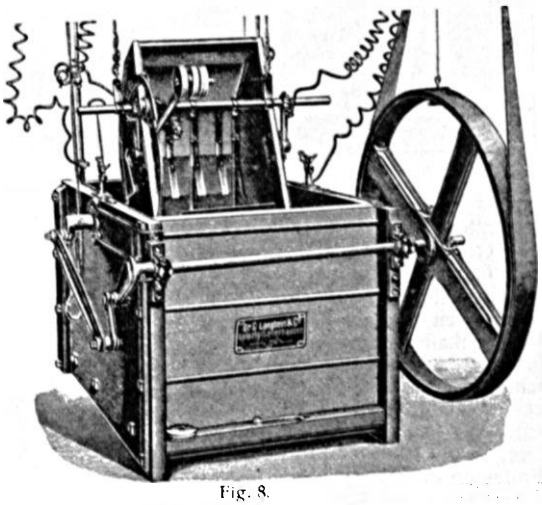


Fig. 8.

Zur Fertigſtellung der Arbeiten nach Beendigung eines galvaniſchen Prozeſſes muß der Niederſchlag von der Form entfernt werden. Bei der Ueberzugsgalvanoplaſtik von Gegenſtänden aus Wachs, Gips und organiſchen Stoffen wird die Form meiſt nicht entfernt. Um jedoch Zerſetzungen zu vermeiden, die eine Zerſtörung des Kupferbelages zur Folge haben, iſt bei organiſchen Stoffen die Form beſſer zu vernichten. Zu dieſem Zwecke werden die Gegenſtände an tiefliegenden Punkten mit Löchern verſehen, mit Draht wieder verſchloſſen und in Gips verpackt. Nach dem Abbinden des Gipſes entfernt man die Drähte und erhitzt auf hohe Temperatur, um die organiſchen Stoffe zu zerſetzen. Durch Eingießen von Aſphaltmiſchungen, dünnflüſſigem Metall u. dergl. werden ſodann die Hohlräume wieder gefüllt. Um das Erhitzen zu erſparen, das beſonders bei Zerſetzung von Tierkörpern unangenehme Gerüche verurſacht, wendet Trautmann, München (D.R.P. Nr. 47200), vor der Metalliſierung ein Einbalſamierverfahren an. Er imprägniert ſolche Körper mit Glyzerin und Alkohol, Chlorbaryum u. ſ. w., überzieht ſie mit Gelatine und macht ſie nach einem der bekannten Verfahren leitend.

Soll bei galvanoplaſtiſchen Reproduktionen die Form vom Niederſchlage entfernt werden, ſo werden von letzterem alle überwachſenen Teile abgeſchnitten und ſodann der Niederſchlag durch Zwiſchenſchieben eines ſtumpfen Meſſers unter allmählich geſteigertem Drucke entfernt. Die Form bleibt unverſehrt und kann wiederholt benutzt werden. Nach D.R.P. Nr. 91146 wird zwiſchen Modell und Metallniederſchlag eine Flüſſigkeit unter Druck eingepreßt, um ein leichtes Loslöſen des Ueberzuges von der Form zu erreichen.

Ueberzüge auf Metalle. Die Bedingungen des guten Gelingens eines galvaniſchen Ueberzuges beſtehen in erſter Linie in der Erzeugung einer vollkommen reinen und fettfreien Oberfläche der Metalle. Die zu dieſem Zweck angeſtellten Vorarbeiten ſollen mit peinlicher Sorgfalt ausgeführt werden. Dem erſten groben Reinigen durch Vorglühen oder Auskochen folgt das Abbürſten mit Bimsſtein und das Abbeizen; bei polierten Gegenſtänden iſt nur ein Abbürſten erforderlich, nachdem vorher eine Reinigung von Fett durch Benzin erfolgt iſt. Ausgekochte Gegenſtände werden ſtets abgebeizt. Ehe die Metalle ins Bad kommen, taucht man ſie in angeſäuertes Waſſer oder in eine Cyankaliumlöſung. Kommen die Metalle aus dem Bade, ſo werden ſie meiſt noch poliert. Hierzu dienen Polierſtähle (ſ. d.) mit Seifenwaſſer und ſchließliches Putzen mit feinſtem Rot und Spiritus. Dieſes Verfahren iſt nur auf weichere Metalle anwendbar. Billigere Maſſenartikel werden vor dem Galvanoplattieren durch Glanzſchleifen poliert; der galvaniſche Niederſchlag kommt dann mit Hochglanz aus dem Bade.

Man verwendet die Galvanoplaſtik außer zum Verkupfern namentlich auch zum Vergolden, Verſilbern, Verſtählen und Vernickeln. Die Reproduktion von Gegenſtänden in Gold und Silber verlangt mehr Zeit als die in Kupfer. Man benutzt für die Gold- und Silbergalvanoplaſtik konzentrierte galvaniſche Bäder. Nach Rofeleur beſteht ein brauchbares

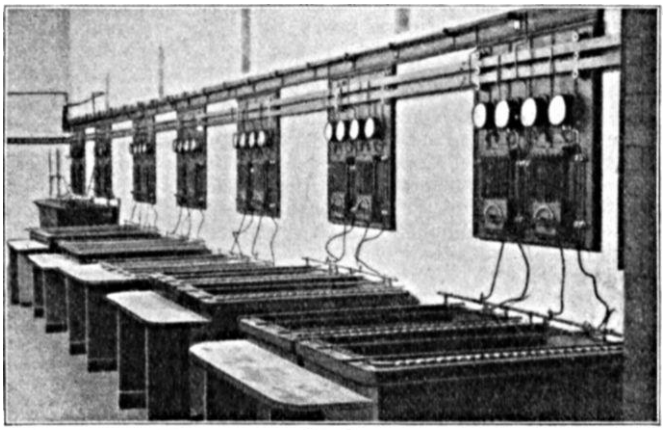


Fig. 9.

Silberbad aus 50 g Silber als Cyanſilber, 150 g Cyankalium und 1 l Waſſer; nach Pfanhauſer aus 25 g Cyankalium, 15 g ſalpeterſaurem Silber und 1 l Waſſer. Nach Beobachtungen von Praktikern ſoll das Roſeleurſche Cyanſilberbad zu viel Cyankalium enthalten; ſie haben mit gutem Erfolge eine Miſchung von 25 g Silber als Cyanſilber, 27 g Cyankalium und 1 l Waſſer angewendet.

Eine moderne, von Pfanhauſer, Berlin-Wien, eingerichtete Verſilberungsanſtalt zeigen die Fig. 9—11. Die techniſche Anwendung der voltametriſchen Wagen iſt aus Fig. 10, 11 zu erſehen. In der dargeſtellten Anlage wird der Strom von einem Elektrolytgenerator erzeugt. Jedes Bad beſitzt Strom- und Spannungsmeſſer, ferner einen Badſtromregler, der ermöglicht, die elektrolytiſche Silberausſcheidung mit erhöhter Badſpannung einzuleiten und dann auf die gewünſchte Betriebsſpannung herabzugehen. Jedes Silberbad hat ferner einen Handausſchalter und eine voltametriſche Wage nebſt Läutewerk. Dieſe Wagen ſind in einem beſonderen Raume untergebracht (Fig. 10, 11). Außerdem iſt aus Fig. 10 die Anordnung eines Klappenkaſtens erſichtlich, der die jeweilige Beendigung der Niederſchlagsarbeit in einem Bade anzeigt. Da Bäder und Wagen mit entſprechenden Zahlen verſehen ſind, ſo iſt eine Verwechſlung beim Entleeren der Bäder unmöglich. Iſt die gewünſchte Silbermenge ausgeſchieden, ſo wird der Strom durch die Wagen genau und ſelbſttätig unterbrochen. — Die beſchriebene Anlage kann auch zum Vergolden benutzt werden. Als gute Miſchung für ein Goldbad ſind 30 g elektrolytiſch reines Gold, 100 g Cyankalium in 1 l Waſſer zu empfehlen. Da für die cyankaliſchen Bäder der Graphit nicht genügend leitet und die Formen aus fetten Subſtanzen (Wachs, Stearin, Leim) durch die Bäder angegriffen werden, ſo pflegt man auf der Form ein dünnes Kupferhäutchen niederzuſchlagen, dieſes im Silber- oder Goldbade zu verſtärken und endlich das Kupferhäutchen durch verdünnte Salpeterſäure abzulöſen.

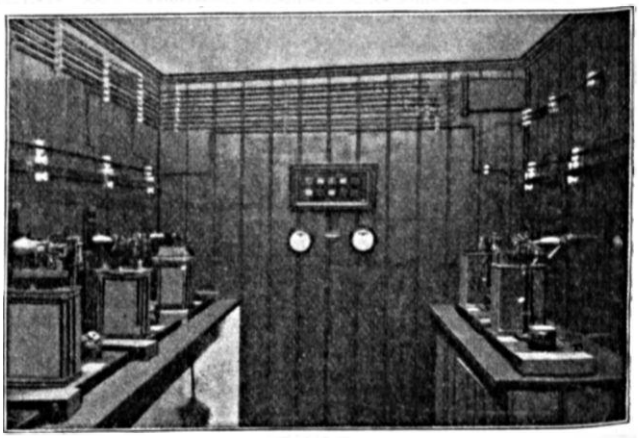


Fig. 10.

Galvanoplaſtiſche Reproduktionen in Eiſen wurden zuerſt 1867 auf der Pariſer Weltausſtellung gezeigt; ſpäter hat beſonders Klein, Petersburg, aus Kupfer angefertigte Klifchees u. dergl. mit einem dünnen Ueberzuge verſtählt. Durch das Verſtählen wird die Widerſtandsfähigkeit des Klifchees gegen Abnutzung erhöht. Iſt die Eiſenſchicht ſchlecht geworden, ſo wird ſie in verdünnter Schwefelſäure von der Platte entfernt und eine neue aufgebracht. Bedeutend widerſtandsfähiger ſind Klifchees, welche als Eiſengalvanos auf galvanoplaſtiſchem Wege gewonnen werden. Sie finden in der Banknotendruckerei der Oeſterreichiſch-ungariſchen Bank und in der ruſſiſchen Expedition für Staatspapiere Verwendung. Dieſe 0,3 mm ſtarken Klifchees werden im cyankaliſchen Kupferbade verkupfert und dann im ſaueren Kupferbade verſtärkt. Zum Verſtählen dient (nach Klein) ein Gemiſch von 150 g kriſtalliſiertem Eiſenvitriol, 125 g kriſtalliſiertem Magneſiumſulfat (Bitterſalz) und 1 l Waſſer.

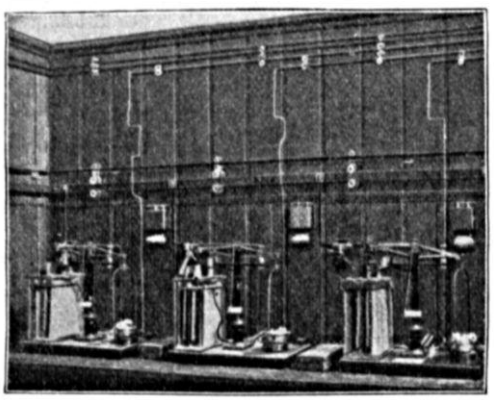


Fig. 11.

Das über verſtählte Kupferklifchees und Eiſengalvanos Geſagte gilt auch für vernickelte Kupferklifchees und Nickelgalvanos. Dieſe ſind bedeutend ſchwieriger herzuſtellen als Eiſengalvanos. Auf graphitierten Guttapercha- oder Wachsformen läßt ſich nur ſchwer ein brauchbarer Nickelniederſchlag her-

ſtellen. Man prägt daher das Original in Guttapercha oder Wachs, ſtellt von dieſem Negativ einen poſitiven Kupferabzug her, fertigt von dem Kupferabzug nach der Verſilberung und Jodierung ein neues Kupfernegativ an und bringt dieſes Negativ nach abermaliger Verſilberung und Jodierung in ein Nickelbad. Dort läßt man einen Niederſchlag von der Dicke ſtarken Schreibpapieres aufſchlagen und verſtärkt den Niederſchlag im Kupferbade. Auf dieſe Weiſe hergeſtellte Nickelgalvanos ſind außerordentlich dauerhaft. — Eine Vernickelungsanlage für Fahrradteile, wie ſie z. B. in den Brennabor-Fahrradwerken in Brandenburg a. H. ausgeführt iſt, zeigt Fig. 12. Der Strom wird durch Kupferſchienen aus dem Maſchinenhaus in den Bäderraum geleitet. Die Stromquelle iſt unterteilt und infolgedeſſen der Betrieb ſicherer, als wenn der Strom aus einer einzigen Maſchine ohne Reſerve gewonnen würde. In dem Bäderraume befinden ſich 54 in drei Gruppen eingeteilte Bäder; jede Gruppe hat im Bäderraum ein Schaltbrett. 500 Ampère bei 6—8 Volt liefern den Strom, um Speichen ſtark und roſtlicher ſchnell zu vernickeln. In etwa 12—15 Minuten wird bei einer Stromſtärke von ungefähr 5 Amp./qdm der Nickelüberzug hergeſtellt. Um den Raum ſauber zu halten, ſind zwei Dunſtauffangdächer über den Bädern angeordnet.

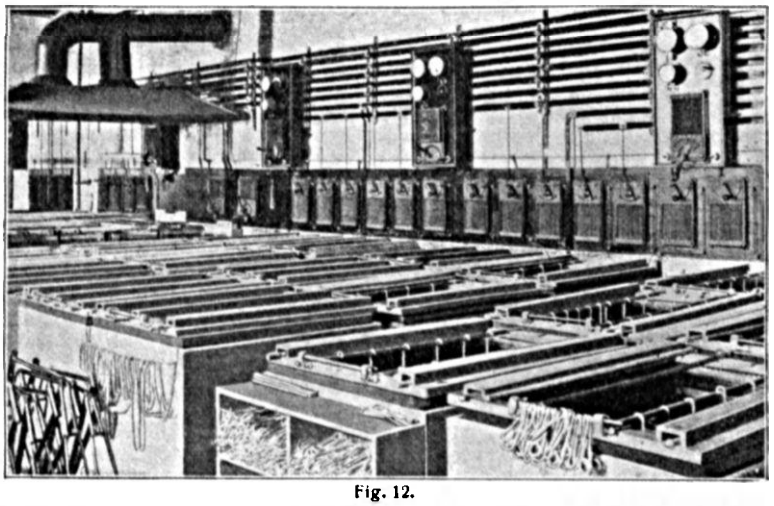


Fig. 12.

Nach Kaſelowsky beſteht ein Nickelbad aus 75 g raffinierter Borſäure, 50 g Nickeloxydulammoniak und 1 l Waſſer. Das Bad iſt kochend zu benutzen. Eine andre Miſchung beſteht (nach Kochen) aus 40 g Nickeloxydul, 20 g Salmiak, 2 g Zitronenſäure und 1 l Waſſer. Nach der Patentſchrift Nr. 57637 können Gegenſtände und Abdrücke aus Metall dadurch vernickelt und hergeſtellt werden, daß dieſelben auf geeignete Temperatur erhitzt und der Einwirkung von Nickelkohlenoxyd ausgeſetzt werden.

Verſchiedene andre Anwendungen der Galvanoplaſtik mögen noch beſonders erwähnt werden. Vor allem iſt auf die Arbeiten von F. E. & A. S. Elmore zur Herſtellung von **Kupferröhren**, Metallband, draht- und ſchalenförmigen Gefäßen hinzuweiſen. Die Kupferröhren werden ohne Naht im gewöhnlichen Kupfervitriolbad hergeſtellt. Der Niederſchlag erfolgt auf einem eiſernen oder kupfernen Zylinder (Dorn), der ſich fortwährend dreht; dabei drückt ein hin und her gehender Achat in Schraubenlinien glättend auf das ausgeſchiedene Kupfer, deſſen Dichtigkeit dadurch auf den höchſten Grad gebracht wird, wie durch Hämmern oder Walzen. Die Dicke der den Dorn umgebenden Hülle kann dabei beliebig bemeſſen werden. Auf verſchiedene Weiſe erfolgt je nach Beſchaffenheit des Dorns ein Abſtreifen des Niederſchlags. Das erzeugte Rohr iſt innen glatt, entſprechend der Glätte des Dorns, und ebenſo außen infolge des Achatdruckes. Hierbei kann die Herſtellung des Niederſchlags ſchneller erfolgen, als wenn die Kathode ruhig im Bade hängen würde. Der glättende Achat wirkt dabei in beſonderer Weiſe mit; auf Stellen, die von ihm nicht getroffen werden, würde ſich ein walzartiger Niederſchlag bilden. Der Zylinder nimmt durch den Strom gleichmäßig Kupfer auf. Es kann ſich auch, wenn die Flüſſigkeit noch beſonders in Bewegung gehalten wird, von den unlöslichen Beſtandteilen des Anodenkupfers nichts auf die Kathode abſetzen, was ihre Feſtigkeit beeinträchtigen würde. Die Flüſſigkeit muß gelegentlich von dem Schlamm, der durch Silber- und Goldgehalt einen beſonderen Wert beſitzt, auf ähnliche Weiſe wie bei der Kupferraffinerie befreit werden. Die gewonnenen Zylinder werden meiſt für ſich zu verſchiedenen Zwecken verwendet; man kann ſie der Länge nach durchſchneiden und Platten daraus herſtellen, oder ſpiralförmig aufſchneiden und Streifen oder Drähte erzeugen. Die Kupferrohre werden da verwendet, wo es ſich um einen hohen Grad von Feſtigkeit handelt, beſonders bei Dampfleitungen auf Schiffen. Kleine galvanoplaſtiſch hergeſtellte Rohre von 10 cm Durchmeſſer werden durch Ziehen auf der Ziehbank auf Abmeſſungen bis 1 mm Durchmeſſer herabgebracht; dieſe dienen zu Dampf-, Waſſer- und Gasleitungen ſowie für chemiſche Fabriken. Die weiteren Rohre werden zu früher faſt nur aus Gußeiſen hergeſtellten Trockenzylindern verwendet, ferner zur Erzeugung von Kalikodruckwalzen u. dergl. Schmiedeeiſerne, genau abgedrehte Rohre können mit einem feſtanliegenden Kupfermantel von beliebiger Dicke verſehen und als Walzen in der Papierfabrikation und Textilinduſtrie benutzt werden. Schwere gußeiſerne Preßwalzen, Schiffſchraubenwellen, hydrauliſche Pumpenkolben u. dergl., auf die früher Kupfermäntel warm aufgezogen wurden, werden in jüngſter Zeit meiſt auf galvanoplaſtiſchem Wege mit Kupfer überzogen. — Bezüglich der Ausführungseinzelheiten in den Arbeiten von Elmore ſind verſchiedene Patente zu nennen. In D.R.P. Nr. 63838 iſt ein Verfahren zur Erleichterung des Abziehens elektrolytiſch erzeugter Rohre von dem Dorne mittels eines leicht entfernbaren Dornüberzuges beſchrieben.

Das D.R.P. Nr. 71731 zeigt eine Vorrichtung zur elektrolytiſchen Herſtellung ſchalenförmiger Gefäße (Elmore). Die Kathode, die der Form des Gefäßes entſprechend geſtaltet iſt, dreht ſich auf einer ſchräg gelagerten Achſe. Dadurch werden die Antriebsmittel und die Lagerung der Welle außerhalb des Bades verlegt, während die in der Drehungsachſe liegenden Teile der Kathode in das Bad tauchen.

Um endloſes Blech auf elektrolytiſchem Wege herzuſtellen, benutzt Elmore (D.R.P. Nr. 71750) eine ſich langſam drehende Kathodenwalze in der Weiſe, daß das Metall nur auf einem Teile derſelben niedergeſchlagen und auf dem zweiten Teile durch ein Glättwerkzeug verdichtet wird. Darauf wird das ſo hergeſtellte Blech auf eine zweite Walze aufgerollt, während der vom Blech befreite, aus dem Bade hervorragende Teil der Kathodenwalze für die Aufnahme neuen Niederſchlages vorbereitet wird.

Von den über Galvanotechnik beſtehenden Patentſchriften ſind außer den bereits genannten noch folgende beſonders hervorzuheben: Metalliſche Niederſchläge allgemein: Nr. 76975, 104111, 105299, 108028, 117233, 124908, 125404, 127464, 128067, 130605, 132457, 134736, 134737, 139372, 139998, 140174, 144548, 144549, 146608, 147937, 150563, 150841, 156568; Verzinken: Nr. 122837, 127415, 130054, 134594, 134862, 147533, 157336, 154492; Vernickeln: Nr. 57637, 128863, 132614; Verſilbern und Vergolden: Nr. 95721, 103155, 107248; Ueberziehen nichtmetalliſcher Gegenſtände mit Metall: Nr. 82664, 131060, 139447, 147340, 152826; Elektrolytiſche Gewinnung poröſer Metalle: Nr. 87430, 89289; Elektrolytiſche Herſtellung abnehmbarer Formen und Metallgegenſtände: Nr. 64420, 64421, 67947, 77745, 95081, 95857, 107526, 124529; Anordnung der Kathoden und Anoden: Nr. 98767, 130827, 132000.

Literatur: [1] v. Kreß, Die Galvanoplaſtik, Frankfurt 1867. — [2] Seelhorſt, Katechismus der Galvanoplaſtik (bearbeitet von Langbein), Leipzig 1879. — [3] Roſeleur, Handbuch der Galvanoplaſtik (bearbeitet von Kaſelowsky), Stuttgart 1882. — [4] Japing, Die Elektrolyſe, Galvanoplaſtik und Reinmetallgewinnung, 2. Aufl., Wien 1883. — [5] Taucher, Handbuch der Galvanoplaſtik, 5. Aufl., Stuttgart 1892. — [6] Steinach und Buchner, Die galvaniſchen Metallniederſchläge, Berlin 1890. — [7] Langbein, Vollſtändiges Handbuch der galvaniſchen Metallniederſchläge, 2. Aufl., Leipzig 1895. — [8] Binder, Handbuch der Galvanoplaſtik, 5. Aufl., Weimar 1895. — [9] Weiß, Die Galvanoplaſtik, 4. Aufl., Wien 1896. — [10] Stockmeier, Handbuch der Galvanoplaſtik und Galvanoſtegie, Halle 1899; vgl. a. die Kataloge der Firmen W. Pfanhauſer, Berlin-Wien, und G. Langbein & Co., Leipzig-Sellerhauſen, und Der Metallarbeiter, Berlin, Jahrg. 1901.

Dalchow.

Galvanotypie, im allgemeinen jede Herſtellung von druckbaren Platten, Stempeln u. ſ. w. in Stahl, Meſſing, Kupfer auf galvanoplaſtiſchem Wege; im beſonderen die Vervielfältigung vorhandener Buchdruckformen vermittels der Galvanoplaſtik (ſ. Elektrotypie und Galvanotechnik). *A. W. Unger.*

Gamben. In denjenigen Ziegeleien, in denen die Ziegel mittels Handſtrichs im Freien hergeſtellt werden, legt man die friſch geſtrichenen Ziegel zunächſt flach auf den Boden, der geebnet und mit einer Lage von Sand abgedeckt iſt. Sind die Ziegel genügend angetrocknet, was meiſt nach 24 Stunden der Fall iſt, ſo werden ſie auf die hohe Kante geſtellt (aufgegambt). Sind keine Trockenſchuppen vorhanden, ſo ſtellt man auf dieſe erſte Schicht von halbtrockenen Ziegeln eine zweite, dritte u. ſ. w., etwa bis zu zehn Schichten hoch. Dieſe aus verſchränkt aufgeſtellten, zu trocknenden Ziegeln beſtehenden Haufen werden Gamben genannt; bisweilen nennt man auch die Plätze Gamben, auf denen die friſch geſtrichenen Ziegel flach hingelegt werden. *Dümmler.*

Gambir, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, 26., und Gerbſtoffe.

Gambohanf, ſ. Spinnfaſern.

Gammafunktionen (Eulerſche Integrale), eine wichtige Klaſſe beſtimmter Integrale.

Eulerſches Integral erſter Gattung oder Betafunktion (ſ. d.), das Integral

$$B(a,b)=\int_0^\infty \frac{x^{a-1}\,dx}{(1+x)^{a+b}}=\int_0^1 x^{a-1}(1-x)^{b-1}\,dx$$

$$=\frac{1}{2^{a+b-1}}\left\{\int_0^1(1+x)^{a-1}(1-x)^{b-1}\,dx+\int_0^1(1+x)^{b-1}(1-x)^{a-1}\,dx\right\}=\int_0^1\frac{x^{a-1}+x^{b-1}}{(1+x)^{a+b}}\,dx.$$

Es iſt $B(a,b)=B(b,a)$. Für ganzzahlige poſitive a und b iſt $B(a,b)=\frac{1\cdot 2\cdot 3\ldots b-1}{a(a+1)(a+2)\ldots(a+b-1)}$.

Eulerſches Integral zweiter Gattung oder Gammafunktion, das Integral $\Gamma(a)=\int_0^\infty e^{-x}x^{a-1}\,dx$. Vermittelſt dieſer Funktion iſt $B(a,b)=\frac{\Gamma(a)\,\Gamma(b)}{\Gamma(a+b)}$. Ferner iſt $\Gamma(a)=(a-1)\,\Gamma(a-1)=(a-1)(a-2)\ldots(a-m)\,\Gamma(a-m)$, $\Gamma(1)=1$; alſo für poſitive ganzzahlige a: $\Gamma(a)=(a-1)(a-2)\ldots 3\cdot 2\cdot 1=(a-1)!$ $\Gamma(2)=1$. Weiter iſt $\Gamma(a)\,\Gamma(1-a)=\frac{\pi}{\sin a\pi}$; $\Gamma(\frac{1}{2})=\sqrt{\pi}$. Man braucht daher die Werte von $\Gamma(a)$ nur zwiſchen $a=0$ und $a=\frac{1}{2}$

zu kennen. Sodann ist $\Gamma(a)\,\Gamma(a+\frac{1}{2}) = \frac{\sqrt{\pi}}{2^{2a-1}}\,\Gamma(2a)$. Es ist $\frac{d\,\Gamma(a)}{da} = \int_0^\infty e^{-x} x^{a-1} l x\, dx$. Die Gammafunktion ist stetig.

Légendresches Theorem:

$$\Gamma(a)\,\Gamma\left(a+\frac{1}{k}\right)\Gamma\left(a+\frac{2}{k}\right)\ldots\Gamma\left(a+\frac{k-1}{k}\right) = (2\pi)^{\frac{k-1}{2}}\cdot k^{\frac{1}{2}-ka}\,\Gamma(a\,k).$$

Die Funktion $\Gamma(a)$ erreicht für $a = 1{,}4616\ldots$, den kleinsten Wert 0,8856... Für große Werte von a berechnet man die Gammafunktion aus der halbkonvergenten Stirlingschen Formel:

$$l\,\Gamma(1+a) = \tfrac{1}{2}\,l(2\pi a) + a(l a - 1) + \frac{B_1}{1\cdot 2}\frac{1}{a} - \frac{B_2}{3\cdot 4}\frac{1}{a^3} + \frac{B_3}{5\cdot 6}\frac{1}{a^5} - + \ldots,$$

wo $B_1\,B_2\ldots$ die Bernoullischen Zahlen sind. Tabelle findet sich in [4].

Literatur: [1] Serret, Lehrbuch der Integralrechnung, deutsch von A. Harnack, Leipzig 1885, 1. Hälfte, Kap. 3. — [2] Meyer, G. F., Vorlesungen über die Theorie der bestimmten Integrale, Leipzig 1871, S. 88—157. — [3] Schobloch, J. A., Ueber Beta- und Gammafunktionen, Halle 1884. — [4] Légendre, Traité des fonctions elliptiques et des intégrales Eulériennes, Bd. 2, Paris 1825—32. — [5] Brunel, G. E. A., Monographie de la fonction Gamma, Bordeaux 1886. — [6] Godefroy, M., La fonction Gamma, Paris 1901. — [7] Graf, J. H., Einleitung in die Theorie der Gammafunktionen und der Eulerschen Integrale, Bern 1894. — [8] Nielsen, N., Handbuch der Gammafunktion, Leipzig 1906.

Wölffing.

Gang (Korridor), Lauf- oder Verbindungsgang, soll einen bequemen Zutritt zu den einzelnen Räumen oder Zimmern einer Wohnung u. s. w. bewirken. Er führt entweder längs einer Zimmerreihe hin und wird durch auf der andern Seite liegende Fenster hell beleuchtet und luftig erhalten, oder er liegt zwischen zwei Zimmerreihen in der Mitte, wobei er recht breit und an den Enden durch größere Fenster erleuchtet sein muß. In einzelnen Fällen kann Oberlicht zugeführt werden. Die Breite der Gänge sollte nicht unter 1,0 m sein, in Wohnungen = 1,5—1,8 m, in Gasthöfen = 3,0, in Krankenhäusern, Schulen wenigstens 2,6 m.

Weinbrenner.

Gang, eine natürliche, mit Mineralstoffen ausgefüllte Gesteinsspalte, also der Gestalt nach plattenförmig und von zwei einander annähernd parallelen Flächen begrenzt. Die den Gang gegen das Nebengestein abgrenzenden Flächen heißen die Salbänder. Wenn die zunächst den Salbändern liegenden Teile der Gangausfüllung von weicher, lettiger Beschaffenheit sind, werden sie Bestege oder Lettenbestege genannt.

Die Gänge setzen oft in große Tiefen oder Teufen hinab. Gänge, die nur wenig unter die Erdoberfläche hinabreichen, werden als Rasenläufer bezeichnet. Apophysen oder Seitentrümer sind seitliche Ausläufer von Gängen. Wenn ein Gang sich in mehrere Teile zerspaltet, so sagt man, er „zerschlägt sich in Trümer" oder er zertrümert sich und jeder einzelne abgespaltene Teil heißt ein Trum. Ein Gang kann sich gabeln, mehrere Gänge können sich zu einem Gang zusammenscharen. Der einzelne Gang „setzt auf", „tut sich auf", wenn er sich erweitert, „verdrückt sich", wenn er sich verschmälert, oder „keilt sich aus", wenn er allmählich verschwindet. Die Richtung der Gänge ist meist gerade; oft aber auch biegen sie um, werden durch Verwerfungen abgeschnitten und nach dem Hangenden (oben) oder Liegenden (unten) verschoben oder verworfen. Die allgemeine Richtung des Ganges im Grundriß nennt man sein „Streichen"; dazu senkrecht steht das „Fallen", die Richtung der größten Neigung der Salbänder des Ganges. Man spricht von „schwebenden" oder nahezu wagerecht liegenden, von flachfallenden mit 20—45° geneigten, von „tonnlägigen" mit 45—70° geneigten und von „steilen" und „saigern" oder senkrecht stehenden Gängen. Als „Gangzug" wird ein Bündel benachbarter nahezu gleichlaufender, als „Gangnetz" eine Gruppe sich durchschneidender Gänge bezeichnet. Zwei sich unter nahezu rechtem Winkel schneidende Gänge bilden ein „Gangkreuz". Von ihnen ist derjenige, dessen Gangausfüllung unterbrochen ist, der ältere, zuerst entstandene, der andre der jüngere, später gebildete.

Nach ihrem Inhalt werden die Gänge eingeteilt in Gesteinsgänge, Mineralgänge und Erzgänge. Gesteinsgänge sind von einem Gestein erfüllt, das meist in feurig-flüssigem Zustand als sogenanntes Magma in die ursprünglich offene Gangspalte eingepreßt wurde; es sind also eruptive Gänge, z. B. von Granit, Porphyr, Diabas, Kersantit, Porphyrit, Melaphyr, Trachyt, Andesit, Basalt u. s. w. Solche eruptive Gänge stellen häufig die Aufbruchskanäle für ergußartige oder Lavamassen (Decken, Ströme, Kuppen) dar. Sie zeigen wenige Veränderungen innerhalb der Gesteinsmasse, meist nur eine Verdichtung des Kornes gegen das Salband. Als „gemischte" Gänge werden eruptive Gänge bezeichnet, die mehrere verschiedene entweder scharf getrennte oder ineinander übergehende Gesteine einschließen.

Mineralgänge sind erfüllt von einem einzigen Mineral oder einem unregelmäßigen Gemenge mehrerer Mineralien, z. B. Gänge von Quarz, Schwerspat, Kalkspat, Eisenkies.

Erzgänge enthalten Erze, d. h. solche Mineralien, aus welchen sich technisch verwendbare Metalle mit Nutzen darstellen lassen. Vgl. Erze und Erzlagerstätten.

Die Erzgänge können sein entweder erzführende Gesteinsgänge, z. B. von zinnerzhaltigem Granit, oder erzführende Mineralgänge, z. B. von Quarz mit gediegenem Gold (Goldquarz), oder endlich reine Erzgänge, deren Inhalt ausschließlich oder wenigstens vorwiegend aus Erzen besteht, z. B. aus Spateisenstein oder aus Bleiglanz und Zinkblende. Was in einem Erzgang nicht Erz ist, heißt im Gegensatz zum Erz die Gangart (s. d.). Ein Mineralgang „veredelt sich", wenn er Erz aufnimmt und Erzgang wird; dieser wird „taub", wenn er sein Erz verliert und nur mehr Mineralgang bleibt. Die Erzführung wechselt oft im Streichen des Ganges, wie auch

nach der Tiefe ſowohl hinſichtlich der Menge wie hinſichtlich der Beſchaffenheit der Erze. In den größeren Tiefen herrſchen bei vielen Erzgängen die Schwefelverbindungen der Metalle (Bleiglanz, Kupferkies u. ſ. w.) vor, nach der Oberfläche findet man mehr oxydiſche Erze, auch Karbonate und bei Eiſenerzgängen an der Oberfläche das zu Brauneiſen umgewandelte Eiſenerz im ſogenannten „eiſernen Hut“. — Auf Erz- und Mineralgängen trifft man häufig innerhalb der Gangart noch Bruchſtücke des den Gang einſchließenden Nebengeſteins, die bei der gewaltſamen Entſtehung der Gangſpalte losgeriſſen wurden.

Der innere Aufbau oder die Struktur (Textur) der Ausfüllungsmaſſe eines Ganges iſt meiſt eine richtungsloſe oder maſſige. Häufig aber, insbeſondere bei Erzgängen, iſt ſie eine ſymmetriſch-lagenförmige, die darin beſteht, daß ſich die einzelnen Mineralien in parallelen Kruſten oder Lagen an beiden Gangwänden in derſelben Reihenfolge übereinander angeſetzt vorfinden. Die Zahl der ſymmetriſch angeſetzten Lagen iſt bisweilen groß. So fand man z. B. in einem Gange bei Freiberg folgende Reihenfolge von Mineralien übereinander: Zinkblende, Quarz, Flußſpat, Zinkblende, Schwerſpat, Schwefelkies, Schwerſpat, Schwefelkies, Flußſpat, Schwefelkies, endlich Kalkſpat mit Druſen, der die Mitte des Ganges einnahm. Sind Geſteinsbruchſtücke in der Gangmaſſe eingeſchloſſen, ſo werden auch dieſe von den einzelnen Mineralien konzentriſch-lagenförmig eingehüllt. Dann zeigen ſich die Erze und Gangarten, im Bruche geſehen, als kokardenähnliche Ringe um die Geſteinsbruchſtücke und werden als Ringerze oder Kokardenerze bezeichnet und die ſo entſtehende Gangſtruktur als Kokardenſtruktur.

Zur Entſtehung von Gängen iſt erforderlich zuerſt die Bildung von Geſteinsſpalten und hierauf die Ausfüllung derſelben. Spalten können ſich in Geſteinsmaſſen teils durch innere, teils durch äußere Urſachen bilden. Zu erſteren iſt hauptſächlich zu rechnen die innere Zuſammenziehung oder Kontraktion infolge von Abkühlung und Erſtarrung heißflüſſiger Geſteinsmagmen oder infolge von Austrocknung durchwäſſerter Sedimente. So gebildete Spalten laſſen ſich als Kontraktionsſpalten bezeichnen. Aeußere Urſachen von Spaltenbildung ſind hauptſächlich gewaltſame Bewegungen (Dislokationen), wie Hebungen, Senkungen, Faltungen, Aufblätterungen, Einſtürze, Erdbeben, die mit der Gebirgsbildung zuſammenhängen und in dem langſamen Zuſammenſchub der äußeren Erdrinde infolge der allmählichen Abkühlung und Schrumpfung des Erdkerns ihre beſte Erklärung finden. So entſtandene Spalten hat man Dislokationsſpalten genannt. Dieſe können ſowohl horizontal als vertikal eine viel größere Ausdehnung erlangen als die Kontraktionsſpalten.

Ueber die Entſtehung der Gänge beſtehen verſchiedene Anſchauungen. 1. Die Kongenerationstheorie läßt die Gangfüllung gleichzeitig mit ihrem Nebengeſtein entſtehen. Dies iſt in Kontraktionsſpalten möglich, da dieſe ſich ſchon während der Verfeſtigung des Nebengeſteins mit Ausſcheidungen anfüllen können, möge das Nebengeſtein ein erſtarrendes Magma ſein oder ein mit wäſſerigen Mineralöſungen durchtränktes, in der Austrocknung begriffenes Sediment. Solche Sekret- oder Ausſcheidungsgänge beſitzen in der Regel keine ſcharfen Salbänder und geringe Ausdehnung. Beiſpiel: viele Granitgänge in Granit. (Vgl. Reyer, Theoretiſche Geologie, S. 101, Stuttgart 1888.) 2. Die Defzenſionstheorie beſagt, daß wäſſerige Mineralöſungen von oben in die Spalten gelangten und durch Verdunſtung oder durch chemiſche Einwirkungen ihren Mineralgehalt darin abſetzten. Dieſe Anſicht iſt nur für wenige Vorkommniſſe als richtig anerkannt worden, in neuerer Zeit z. B. für Erzgänge bei Freudenſtadt (vgl. Sandberger, Sitzungsber. d. Math.-phyſ. Kl. d. bayr. Akad. d. Wiſſ., 1891, Bd. 21). 3. Die Lateralſekretionstheorie: Die Gangausfüllung iſt Folge von Auslaugung des unmittelbaren Nebengeſteins durch Sickerwaſſer und von Anſammlung der ſo entſtandenen Mineralöſungen in den Spalten. Kalkſpatgänge in Mergeln, Kalkſteinen, kalkreichen Eruptivgeſteinen, Quarzgänge in Sandſteinen und in ſich zerſetzenden Silikatgeſteinen ſowie auch viele Erzgänge in metallhaltigen Geſteinen verſchiedener Art müſſen als ſo entſtanden betrachtet werden. 4. Die Aſzenſionstheorien nehmen die Herkunft der Gangfüllung von unten an und zwar auf verſchiedene Weiſe, nämlich: a) Die Injektionstheorie durch Injektion eruptiver Geſteinsmagmen in die Spalten; hierher gehören viele Geſteinsgänge, worunter auch erzführende. Dagegen ſind Mineralgänge und reine Erzgänge nicht auf dieſe Weiſe entſtanden. b) Die Sublimationstheorie: durch Verdichtung mineraliſcher Dämpfe, die aus den Tiefen der Erde aufgeſtiegen ſind. Nur ſehr ſelten finden ſich Gänge ausſchließlich mit ſolchen Stoffen erfüllt, die ſublimierbar ſind, oder überhaupt durch Verflüchtigungsvorgänge entſtanden gedacht werden können. Die Ausfüllungsmaſſen der meiſten Mineralgänge und die gewöhnlichſten Gangarten der Erzgänge, insbeſondere Kalkſpat, Bitterſpat, Schwerſpat, Flußſpat, können nicht ſo entſtehen. Doch iſt es möglich, daß einzelne Beſtandteile mancher Gänge ſich durch Verdichtung von Dämpfen gebildet haben. c) Die Infiltrationstheorie: durch aufſteigende Mineralwäſſer, die ihren Mineralgehalt in der Tiefe unter dem Einfluß von Druck und Wärme aus Geſteinen ausgezogen haben. Die Bildung vieler Mineral- und Erzgänge, deren Nebengeſtein die Gangſtoffe nicht enthält, kann nur auf dieſe Art erklärt werden. Vgl. Erze und Erzlagerſtätten.

Aus allem Geſagten geht hervor, daß die Ausfüllung verſchiedener Gänge von ſehr verſchiedener Entſtehung ſein kann und daß ſogar mehrere Bildungsarten in einem und demſelben Gang zur Wirkung gelangt ſein können. Jedoch ſind die meiſten Geſteinsgänge durch Injektion von Magmen, die meiſten Mineral- und Erzgänge durch Abſätze aus wäſſerigen Löſungen ausgefüllt worden, durch welche letztere Annahme allein die in dieſen Gängen ſo oft auftretende ſymmetriſch-lagenförmige Struktur in befriedigender Weiſe zu erklären iſt.

Literatur: Cotta, B. v., Die Lehre von den Erzlagerſtätten, 2. Aufl., Freiberg 1859; Grimm, Johann, Die Lagerſtätten nutzbarer Mineralien, Prag 1869; Groddeck, A. v., Die Lehre von den Lagerſtätten der Erze, Leipzig 1879; Sandberger, F. v., Unterſuchungen über Erzgänge, Wiesbaden 1882 u. 1885; Beck, R., Lehre von den Erzlagerſtätten, 2. Aufl., Berlin 1903; Stelzner-Bergeat, Die Erzlagerſtätten, Leipzig 1904.

Leppla.

Gang, Planken bezw. Platten, ein Streifen der Außenhautbeplankung oder Beplattung von der Breite einer Planke bezw. einer Platte. Die am Kiel, in der Kimm sowie in Höhe des Hauptdecks liegenden Gänge heißen dementsprechend Kielgang, Kimmgang, Farbegang (s. Schiffbau). *T. Schwarz.*

Gangarten, bei Erzgängen die nicht vom eigentlichen Erz gebildete Ausfüllungsmasse eines Ganges.

Wegen der Art und den Kosten der Verhüttung des Erzes besitzt die Gangart große Wichtigkeit. Dolomit, Kalk, Mergel sind als Gangart bei Eisenerzen, namentlich auch bei Braunstein und Manganerzen willkommen; ungünstig dagegen Apatit, Gips, Schwerspat, Schwefelverbindungen. *Leppla.*

Gangformationen, gewisse charakteristische Arten der Vergesellschaftung von Mineralien in Erzgängen.

Zwei Erzgänge werden derselben Gangformation zugerechnet, wenn sie aus einem Gemenge der gleichen Mineralien bestehen, d. h. gleiche Mineralkombinationen zeigen. In der Regel kommt noch dazu, daß die Reihenfolge der übereinander gelagerten Mineralien, d. h. die Succession, in beiden Gängen die gleiche ist. Außerdem finden oft noch andre Uebereinstimmungen statt, in der Art der Erzverteilung, im Streichen der Gänge u. s. w.

In dem ausgedehnten Gangrevier von Freiberg in Sachsen, in dem über 900 Erzgänge bekannt sind, unterscheidet man u. a. folgende Gangformationen: Die edle Quarzformation (Quarz mit edeln Silbererzen), die kiesige Bleiformation (Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Eisenkies mit Quarz), die edle Bleiformation (Manganspat und Bitterspat mit silberreichem Bleiglanz und edeln Silbererzen), die barytische Bleiformation (Schwerspat [Baryt] und Flußspat mit Bleiglanz, Zinkblende und Kiesen). Dieselben Formationen kommen auch in andern Gegenden und Ländern vor.

Literatur: Breithaupt, A., Die Paragenesis der Mineralien, Freiberg 1849; Cotta, B. v., Die Lehre von den Erzlagerstätten, ebend. 1859; Cotta, B. v., Die Erzlagerstätten Europas, ebend. 1861; Beck, R., Lehre von den Erzlagerstätten, 2. Aufl., Berlin 1903. *Leppla.*

Ganghöhe, Abstand je zweier Schraubenwindungen (s. a. Gewinde).

Gangkreuz, s. Gang.

Gangspill, Ankerspill (s. d.) mit Spaken zum Handbetrieb durch Umlauf.

Gangtheorien, -zug, s. Gang.

Gangtiefe, Größe der Erhöhung der Gewinde über dem inneren Zylinder (Kern), (s. a. Gewinde).

Ganister, ein hochfeuerfester Ton aus der oberen Steinkohlenformation in Südwales (England). *Leppla.*

Ganisterstein, ein die Wärme sehr schlecht leitender und die höchsten Hitzegrade ertragender Mauerstein aus einem Mineral von der Gegend von Wales, Sheffield (vgl. Tonindustriezeitung 1878, S. 11). *Dümmler.*

Ganzholländer, auch Ganzzeugholländer, Ganzstoffholländer genannt, ist jene in der Papierfabrikation verwendete Vorrichtung, in der die aus dem Halbholländer kommenden, halb zerfaserten und gewöhnlich schon gebleichten Hadern einer weiteren Zerfaserung zu Ganzzeug unterworfen werden; s. Papierfabrikation. *Kraft.*

Ganzholz, s. Nutzhölzer; vgl. Bauholz.

Ganzzeug, auch Ganzstoff, Feinzeug im Gegensatz zu dem noch nicht vollkommen zerfaserten Halbzeug genannt, ist jenes bei der Papierfabrikation (s. d.) hergestellte Halbprodukt, das die aus Hadern oder aus sonstigen Papiersurrogaten entstammenden Fasern in solcher Verfeinerung enthält, daß aus demselben direkt Papier erzeugt werden kann. *Kraft.*

Ganzzeugholländer, s. Ganzholländer, Papierfabrikation.

Ganzzeugkasten (Zeugbütte), trogartiger Behälter, bei der Papierfabrikation zur Aufnahme des sogenannten Ganzzeugs, der durch Zerfaserung der Hadern hergestellten Masse, bestimmt; s. Papierfabrikation. *Kraft.*

Ganzzeugraffineur (Stoffmühle), bei Zerfaserung der Hadern verwendete Vorrichtung, welche die Zerfaserung zu vollenden hat und in der das sogenannte Bürsten des Ganzzeugs zur Ausführung kommt; in den meisten Fällen mühlenähnlich; s. Papierfabrikation. *Kraft.*

Gar, vom Leder, s. v. w. gegerbt (vgl. Garmachen); von Eisen und Kupfer, durch Schmelzen rein und geschmeidig; vom Erz, hinreichend geröstet; in der Kürschnerei von behaarten Fellen, s. v. w. geschmeidig; in der Landwirtschaft von der Ackererde, s. v. w. vollkommen produktionsbereit.

Garanceux, Garancin, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, 3.

Garancinkarmin, ſ. Lackfarben.

Garbenbindemaſchine, ſ. Mähmaſchine.

Garbenſchiefer, ſ. Fleckſchiefer.

Garderobe (Kleiderablage), im Mittelalter Guarda rauba, italieniſch Guarda robba genannt, anfangs ein kleines Gemach, zur Aufbewahrung von Wäſche und Kleidungsſtücken beſtimmt und zumeiſt in unmittelbare Verbindung mit den Schlafräumen geſetzt. In neuerer Zeit ſind es oft weit größere Räume, die zu dem gleichen Zweck oder auch als Ankleidezimmer angelegt werden. Außerdem haben aber auch Theater, Konzertſäle, größere Verſammlungsräume ähnliche Anlagen zur Aufbewahrung der entbehrlichen Kleidungsſtücke. Desgleichen findet man nach engliſchem Muſter zuweilen in Villen und Wohnhäuſern kleine Räume in nächſter Nähe des Eingangs, die zum Ablegen der Kleider der Gäſte beſtimmt ſind und mit einem Abort und Waſchraum in Verbindung gebracht werden. *Weinbrenner.*

Gardinengrund, ſ. Spitzen.

Gargel, Gargelkamm, ſ. Böttcherei, Faßfabrikation.

Garherd, ſ. Kupfer.

Garmachen, die verſchiedenen Prozeſſe, durch welche tieriſche Haut in Leder übergeführt wird. Je nach der Art des beim Garmachen verwendeten Gerbmaterials bezeichnet man das fertige Leder als lohgar, weißgar, ſämiſchgar, fettgar, glacégar u. ſ. w. *Püßler.*

Garn, in der Spinnerei das Erzeugnis der Spinnmaſchine irgend welchen Syſtems. Es entſteht dasſelbe durch Drehung einer Anzahl parallel gelegter Faſern um ihre gemeinſchaftliche Achſe (vgl. z. B. Spinnmaſchinen bei Baumwollſpinnerei). — Die Unterbegriffe: Kettengarn, Schußgarn, Stickgarn, Strickgarn, Geſchirrgarn, Eiſengarn beziehen ſich auf die Verwendung des geſponnenen Fadens als Kette oder Schuß für Gewebe, Faden zum Sticken, zum Stricken, zur Herſtellung von Weberflügeln (Geſchirre), von ſtarken Nähfaden, und muß der Faden für jeden dieſer Zwecke beſtimmte Eigenſchaften aufweiſen, die ſich namentlich auf die Anzahl Drehungen pro Längeneinheit — den „Zwirn" oder Draht — ([1], S. 300), beziehen, dann aber auch auf die Qualität des verwendeten Rohmaterials.

Die nähere **Feinheitsbeſtimmung** des Garnes oder Geſpinſtfadens gibt die „Nummer" ([1], S. 307, [2], S. 189), desſelben an, die ſagt, wieviel Längeneinheiten („Schneller" oder „Zahlen", in Hanks oder Metern) auf die Gewichtseinheit (Pfund, Kilo) des Landesmaßes gehen, dem das betreffende Numerierungsſyſtem angehört. Alles Garn, das zur Weiterverarbeitung nicht direkt vom Cops der Spinnmaſchine abgewunden wird, muß gehaſpelt werden, ſofern es nicht auf dem Cops ſelbſt gebleicht oder gefärbt wird, wie dies ſeit einem Jahrzehnt mit Erfolg geſchieht. Auf der „Haſpel" ([2], S. 44, [3]) wird z. B. bei engliſchem Maß eine Länge von 1 Hank = 840 Yards in 7 × 80 Umdrehungen à $1^1/_2$ Yards gehaſpelt. Das Ganze iſt ein Strang (Strähn), der in obige 7 Teile, ſogenannte „Gebinde", unterbunden wird (ſ. Bd. 2, S. 619). Eine Anzahl ſolcher Stränge werden, nachdem ſie gezopft ſind, durch die „Packpreſſe" in ein „Bündel" oder „Paket" gepreßt, um ſo verſendet zu werden (ſ. Packpreſſe und [3], S. 544). Fitze (Fitzband) iſt das Band (der Faden), mit dem ein Stück Garn auf dem Haſpel in kleinere Bünde gebunden wird. Die „Nummer" des Garns läßt ſich an einer beſonders konſtruierten, mit Skala verſehenen Wage, der „Garnwage", wenn ein Strang aufgelegt wird, direkt ableſen. — Garnfaden (twist) iſt von Zwirnfaden (thread) wohl zu unterſcheiden. Erſterer iſt der von der Spinnmaſchine aus den Faſern des Rohmaterials geſponnene Faden; letzterer entſteht durch Zuſammendrehen, „Zwirnen" zweier oder mehrerer geſponnenen Fäden zu einem neuen, ſtärkeren, dem „Zwirn" (ſ. Zwirn). Vgl. Garnprüfung.

Literatur: [1] Hülße, Technik der Baumwollſpinnerei, Stuttgart 1863. — [2] Karmarſch-Fiſcher, Handbuch der mechan. Technologie, 6. Aufl., Leipzig 1892. — [3] Johannſen-Nieß, Handbuch der Baumwollſpinnerei, Leipzig 1902, S. 534 ff. *Boßhard.*

Garn, dubliertes, gezwirntes, ſ. Zwirn.

Garnbaum, ſ. Weberei.

Garndruckmaſchine, dient zum Bedrucken aller Faſermaterialien in Strangform. Man baut ſolche Maſchinen, um 1—16 Farben gleichzeitig zu drucken.

Eine Garndruckmaſchine, die hauptſächlich zur Erzeugung einfarbiger feiner Muſter dient, iſt aus Fig. 1 (Zittauer Maſchinenfabrik und Eiſengießerei) erſichtlich. Dieſelbe beſteht im weſentlichen aus den beiden Muſterwalzen *a* und *b*, die Bronzemäntel beſitzen, welche die Muſterſtreifen parallel zu den Achſen der Walzen tragen. Beide Walzen ſind ſo gearbeitet, daß genau Streifen auf Streifen paßt. Die beiden Lagerungsteile dieſer Walzen ſind an der einen Seite durch das Scharnier *z* (Fig. 2), auf der andern durch Klinke und Hebel miteinander

verbunden. Unter den beiden Muſterwalzen liegen je eine Abſtreichwalze *c—c* und eine Farbenwalze *d—d*, welch letztere in den Farbtrögen *f—f* laufen. Die Farbtröge dienen zur Aufnahme der verdickten Farbe, die bei der Bewegung der Maſchine von den Walzen *d—d* auf *c—c* übertragen wird. Die Walzen *c—c* ſind gewöhnlich mit Baumwollſtoff umwickelt und geben die aufgenommene Farbe auf die Muſterſtreifen ab. Soll nun die Maſchine in Betrieb geſetzt werden, ſo werden die Garnſträhne über die drei Leitrollen *e—e—e'* gehängt, wobei die Rolle *e'*, die in beweglichen Armen *h* gelagert iſt, die Strähne anſpannt. Beim Auflegen des Garnes muß die Maſchine natürlich geöffnet ſein (ſ. Fig. 2). Je nach der Länge des Stranges kann die bewegliche Rolle verſchoben und dann feſtgeſtellt werden. Mittels der Handkurbel *k*, die an der Muſterwalze *a* angreift, ſowie den beiden auf das genaueſte gefräſten Stirnrädern *r* erfolgt der Antrieb. Die Muſterſtreifen geben die aufgenommene Farbe auf die Strähne ab und nehmen bei der Drehung wieder friſche Farbe von den Abſtreichwalzen auf. Wenn der Strang einmal durch die Maſchine gegangen iſt, wird dieſelbe zum Stehen gebracht, die Muſterwalzen werden geöffnet und ein friſcher Strang aufgelegt. Will man das Muſter variieren oder eine andre Farbe drucken, ſo müſſen andre Muſterwalzen verwendet bezw. die Farbe im Troge gewechſelt werden.

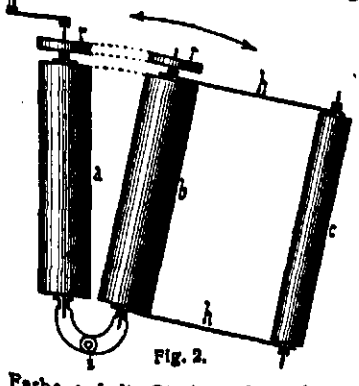


Fig. 2.

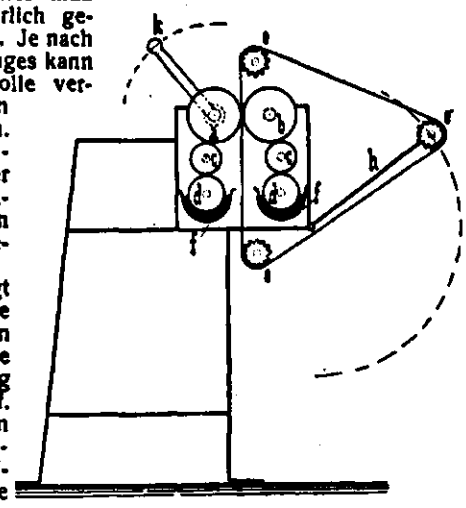


Fig. 1.

Fig. 3 zeigt eine Buntdruckmaſchine, um 1—16 Farben auf einmal zu drucken; ſie iſt hauptſächlich für breitere Muſter beſtimmt. Dieſe Maſchine beſteht im Prinzip auch aus zwei Teilen, nämlich der eigentlichen Druckvorrichtung mit Muſter- und Farbwalzen ſowie Farbkaſten und aus zwei Rollen *c* zum Anſpannen des Garnes auf verſchiebbarem Schlitten mit Zahnſtange *s*. Das Garn wird über die beiden Rollen *c—c* gehängt und angeſpannt. Mittels der Kurbel *k* werden die Muſter- und Farbwalze in Umdrehung verſetzt; dabei zieht das Zahnrad *r* den Schlitten an der Zahnſtange *s* nach den beiden Walzen, und zwar ſo, daß das Garn zwiſchen denſelben hindurch muß. Währenddeſſen drucken die Muſterſtreifen, die mit Farbe beladen ſind, das Muſter auf den Strang ab. Nun wird der Strang um eine Drucklänge weitergeſchoben, was mit Hilfe der ſogenannten Rapportſtifte geſchieht; es wird weitergedruckt, bis der ganze Strang fertig iſt. Der Farbtrog iſt in ſo viele Abteilungen geteilt, als man verſchiedene Farben drucken will. Sollen die Streifen in größerer Entfernung gedruckt werden, ſo braucht man nur jedes zweite Fach des Farbtroges mit verdickter Farbe zu verſehen. *Ad. Singer.*

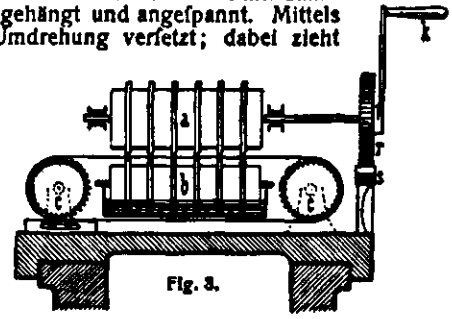


Fig. 3.

Garndynamometer, ſ. Garnprüfung.

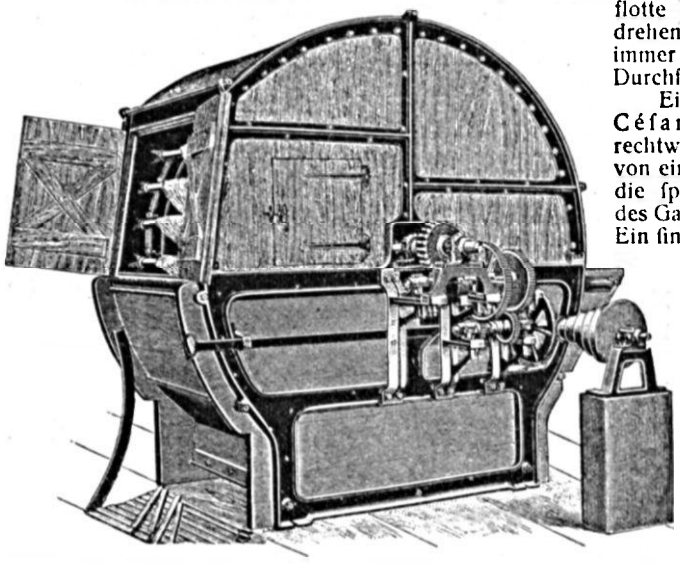
Garnett-Krempel, ſ. Kunſtwollſpinnerei unter Streichgarnſpinnerei.

Garnfärbemaſchine dient zum Färben von Faſermaterial in Strangform. Die einfachſte und weitaus gebräuchlichſte Maſchine beſteht aus einer rechteckigen, mit einem falſchen Boden verſehenen Holzkufe von ca. 1 m Breite; die Länge und Tiefe dieſer Kufe iſt abhängig von der Menge des zu färbenden Materials und von der Stranglänge. Die Garne werden über Holzſtäbe gehängt und quer über die Kufe gelegt, ſo daß ſie in die Farbflotte eintauchen. Das Farbbad wird durch ein perforiertes Kupferrohr erhitzt, oder man bedient ſich einer kupfernen Dampfſchlange, die unter dem Siebboden verläuft, mit einem außerhalb des Färbegefäßes befindlichen Ablaßhahn für das gebildete Kondenſationswaſſer. Außerdem iſt für Zu- und Ablauf von Waſſer geſorgt. Das Umziehen des Garnes wird mit der Hand beſorgt.

Seit längerer Zeit aber beſtehen bereits Garnfärbemaſchinen, bei denen das Umziehen des Garnes mittels maſchineller Vorrichtungen bewerkſtelligt wird, z. B. bei der Maſchine von Wilſon, die aus einer rechteckigen Kufe beſteht, in der Haſpeln rotieren. An den letzteren ſind Holzſtäbe befeſtigt, die das Garn tragen. Bei der Bewegung der Haſpeln wird das Garn in die Farbflotte geführt und die Rotation ſo lange fortgeſetzt, bis das Färben beendigt iſt. Ein Nachteil dieſer Maſchine iſt, daß die auf den Stäben aufliegenden Teile des Garnes ſich ſchlecht durchfärben. Dieſer Uebelſtand iſt bei der Maſchine von E. Boden behoben, indem die Materialträger drehbar eingerichtet ſind, ſo daß auch andre Strangteile aufzuliegen kommen. Außerdem beſteht die Vorrichtung, die Haſpeln ſamt den daran befeſtigten Materialträgern während des Färbens zu heben und zu ſenken, um die Handarbeit möglichſt gut nachzuahmen.

Vielfach in Verwendung ſteht die Klauder-Weldon-Maſchine (ſ. die Figur), die eine

etwas verſchiedene Anordnung hat, aber auf ähnlichem Prinzipe wie die beiden früher genannten beruht. An einer Zentralachſe ſind zwei Scheiben befeſtigt, die langſam in einer halbzylindriſchen Färbekufe zur Rotation gebracht werden können. Die Scheiben tragen vierkantige Stäbe, auf welchen das Garn hängt. Bei der Bewegung der Maſchine gelangt das Garn durch die Farbflotte und färbt ſich. Die Stäbe ſelbſt drehen ſich auch von Zeit zu Zeit, ſo daß immer neue Garnteile aufliegen und gutes Durchfärben überall ermöglicht wird.



Ein bekanntes Syſtem rührt von Céſar Corron her, das aus einer rechtwinkligen Färbekufe beſteht, die von einem Rahmen umgeben iſt, auf dem die ſpeziell geformten, zur Aufnahme des Garnes beſtimmten Holzſtöcke lagern. Ein ſinnreich konſtruierter Schlitten wandert von einem Ende der Kufe zum andern und hebt dabei der Reihe nach die einzelnen Garnſtöcke in die Höhe, wendet ſie und ſenkt ſie ſamt dem Garne wieder in die Farbflotte zurück. Der Vorgang wird ſo oft wiederholt, bis der Färbeprozeß beendigt iſt. — Boltons Maſchine beruht auf dem Prinzipe der kontinuierlichen Kettenfärbemaſchinen. Die Färbekufe beſteht aus mehreren Abteilungen, zwiſchen denen Quetſchwalzenpaare angebracht ſind. Die erſten Abteilungen enthalten die Farbflotte, während die letzten zum Trocknen der gefärbten Garne dienen. Endloſe Ketten, deren Glieder Vorrichtungen zum Tragen der Garnſtöcke beſitzen, führen das Garn durch die Farbbäder und Quetſchwalzen nach der Trockenabteilung, nach deren Verlaſſen die Garne von den Stöcken abgenommen und friſche Garne aufgeſteckt werden können. Die aufgezählten Syſteme haben alle das eine gemeinſam, daß das zu färbende Material durch die Flotte geführt wird, während die letztere ſelbſt ruhig bleibt.

Bei der Huſſong-Maſchine herrſcht das entgegengeſetzte Prinzip, indem hierbei die Farbflotte durch das ruhende Garn geführt wird. Dieſe Maſchine beſitzt eine Kufe mit zwei kommunizierenden Abteilungen, die Farbflotte enthalten. In die größere Abteilung werden die Garne gehängt, während in der kleineren rotierende Flügel angebracht ſind, die in der Farbflotte einen Strom erzeugen, indem erſtere vom Boden der Kufe unter den Garnen abgezogen wird und ſich dann über die aufgehängten Garne von oben ergießt. Da auch die Garnſtöcke drehbar ſind, wird leicht egales Färben erzielt.

Auf ähnlichem Prinzipe beſtehen auch viele Copsfärbeapparate (ſ. Copsfärberei), nur daß hier die Flotte durch Saug- oder Druckpumpen bewegt und durch das ruhende Färbegut geführt wird. Eine große Anzahl derſelben wird jetzt auch mit Vorliebe zum Färben von Garnen verwendet.

Literatur: Loewenthal, R., Handbuch der Färberei der Spinnfaſern, Berlin 1900; Glafey, Mechaniſche Hilfsmittel zum Waſchen, Bleichen, Färben u. ſ. w., in Lehnes Färberztg., Berlin 1898—1905; The Dyer 1904, S. 69 u. 87. *Ad. Singer.*

Garnier, Garnierung, ſ. Wegerung.

Garnierit, ſ. Serpentin.

Garnitur, in der Technik ſ. v. w. Zubehörteile, z. B. eines Dampfkeſſels (ſ. d.).

Garnkirkton, ſ. Kaolin.

Garnpreſſe, ſ. Packpreſſe.

Garnprüfung erſtreckt ſich auf die Beſtimmung des verarbeiteten Rohmaterials, der Feinheit des Garnes, der Gleichmäßigkeit, des Drehungsgrades, der Feſtigkeit und Dehnbarkeit ſowie des Feuchtigkeitsgrades und Fettgehaltes. Bei gefärbten Garnen wird auch mitunter eine Prüfung auf Farbechtheit ſtattfinden.

1. **Die Beſtimmung des Rohmaterials** kann zuweilen auf ſehr einfache Weiſe erfolgen. So unterſcheiden ſich z. B. tieriſche oder pflanzliche Faſern ſchon durch die Erſcheinungen beim Anzünden und Verbrennen des betreffenden Garnes. Faſern tieriſchen Urſprungs geben ſich hierbei, infolge ihres Stickſtoffgehaltes, durch langſames Verbrennen unter Bildung eines ſchwärzlichen Aſchenknötchens und Auftreten eines eigenartigen Geruches nach verbranntem Horn zu erkennen, während vegetabiliſche Faſern beim Anzünden ſofort aufflammen, raſch verbrennen und nur wenig weißliche Aſche hinterlaſſen. Ferner werden tieriſche Faſern von ſtarken alkaliſchen Löſungen, wie Natron- oder Kalilauge, vollſtändig aufgelöſt, wogegen Pflanzenfaſern hierdurch nur kaum merklich angegriffen werden. Dieſe Methode kann zur quantitativen Trennung von Tier- und Pflanzenfaſern benutzt werden. Eine einfache Prüfung zum Nachweis

von Leinenfafern neben Baumwolle ift die fogenannte „Oelprobe". Hierbei wird das zu unterfuchende Fafermaterial in Baumöl getaucht und das überfchüffige Oel mit Filtrierpapier entfernt. Leinen nimmt ein gallertartiges, durchfcheinendes Ausfehen an, etwa ähnlich geöltem Papier, Baumwolle dagegen bleibt unverändert. Auf dunkelm Untergrund erfcheint dann die Leinenfafer dunkel, Baumwolle aber hell. Den ficherften Aufffchluß über die Art des Fafermaterials gibt, befonders bei Mifchgarnen, die mikrofkopifche Prüfung. Zur Herftellung der Präparate wird die Garnprobe eventuell nach Reinigung von Schmutz, Farbe, Fett u. f. w. auf einer Glasplatte (Objektträger) in Waffer oder, wenn eine Aufhellung nötig ift, in Glyzerin oder Kanadabalfam mittels Präpariernadeln mechanifch in feine Fäferchen zerlegt und mit einem fehr dünnen Glas (Deckglas) bedeckt. Auftretende Luftblafen, die das Bild ftören würden, find möglichft zu entfernen. Bei gewiffen Fafermaterialien, Flachs, Hanf, Jute u. f. w., bei denen die Elementarfafern in Form von Faferbündeln vereinigt find, wird die Trennung in Elementarfafern, die den anatomifchen Bau am beften erkennen laffen, wefentlich erleichtert durch Mazeration, d. i. eine Behandlung mit Löfungen (z. B. verdünnter Natronlauge, Chromfäure, Salpeterfäure), die zerftörend auf den Zufammenhang der Elementarfafern einwirken, ohne diefe felbft zu befchädigen. Mikrofkopifche Querfchnitte werden hergeftellt, indem parallel gelegte Fafern in Paraffin, Guttapercha, Wachs oder andres eingebettet und zwifchen zwei Korkftücken feft eingeklemmt werden. Dann fchneidet man mit einem Rafiermeffer möglichft feine Scheiben fenkrecht zur Faferachfe ab und legt die Schnitte nach eventuellem Ausziehen des Einbettungsmittels wie oben in Waffer oder Glyzerin ein. Will man mehrere aufeinander folgende Querfchnitte beobachten, fo bedient man fich zweckmäßig eines Mikrotoms, mit dem man beliebig viele, gleichmäßig feine Schnitte hintereinander abtrennen kann. Für die Unterfcheidung der verfchiedenen Fafermaterialien im mikrofkopifchen Bilde ift maßgebend ihr anatomifcher Bau, die Form der Oberhaut refp. Oberhautzellen, Auswüchfe der Oberhaut, Vorkommen gewiffer Gefäße u. f. w. Im Falle diefe Merkmale noch keinen ficheren Schluß zulaffen, wendet man mit Erfolg mikrochemifche Reagenzien an, indem man beobachtet, welche Veränderungen die Fafern in verfchiedenen Löfungen annehmen. Hauptfächlich werden diefe Reaktionen bei vegetabilifchen Fafermaterialien angewendet. Solche mikrochemifche Reagenzien find z. B. falzfaures Phlorogluzin oder Anilin, durch die Holzftoff und verholzte Fafern rot bezw. gelb gefärbt werden, ferner Jod in Verbindung mit Schwefelfäure, die auf verholzten Fafern ebenfalls Gelbfärbung, auf reiner Cellulofe (Baumwolle, Flachs) dagegen eine blaue Färbung hervorbringen. Eine Löfung von Kupferoxyd in Ammoniak leiftet ebenfalls treffliche Dienfte, indem die hierbei auftretenden Quellungen beftimmter Fafern einen ficheren Schluß auf die Art derfelben zulaffen. Neben der Beftimmung des Rohmaterials wird es fich in manchen Fällen noch darum handeln, Kenntnis über die Qualität des betreffenden Fafermaterials zu erlangen. Maßgebend hierfür find: Faferlänge, Faferdicke refp. Breite, Elaftizität, Kräufelung, Gleichmäßigkeit u. f. w. Auch diefe Unterfuchungen werden zum Teil auf mikrofkopifchem Wege ausgeführt [1]—[7].

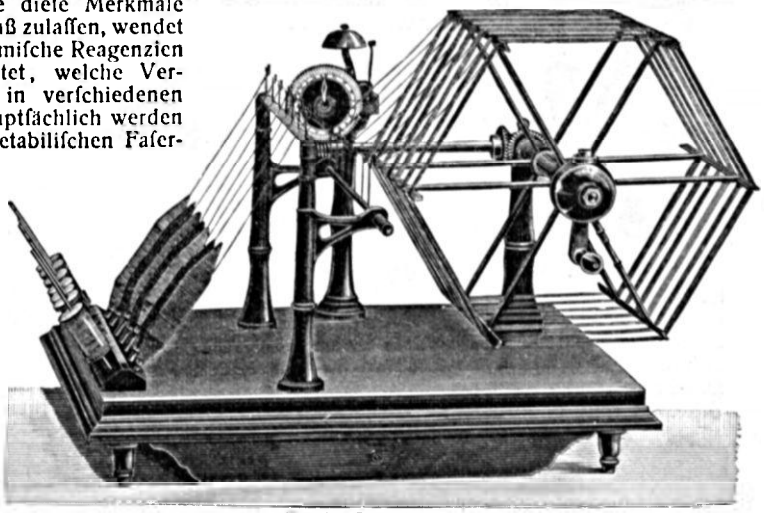


Fig. 1. Sortierhafpel.

2. **Feinheit der Garne.** Um einen Maßftab für die verfchiedenen Feinheitsgrade der Garne zu haben, hat man den Begriff der „Garnnummern" eingeführt, d. i. das Verhältnis zwifchen Gewicht und Länge [5]. Man unterfcheidet zwei Numerierungsweifen. Bei der einen gibt die Garnnummer an, wieviel Längeneinheiten zur Erfüllung eines beftimmten Gewichtes erforderlich find, bei der zweiten ift die Garnnummer gleich dem Gewicht der Längeneinheit.

Die Numerierungsfyfteme unterfcheiden fich weiter durch die Verfchiedenheit der bei den einzelnen Staaten gebräuchlichen Maßeinheiten. International ift das fogenannte metrifche Syftem, bei dem als Gewichtseinheit 1 kg und als Längeneinheit 1000 m feftgefetzt find. Die Beftimmung der Nummer eines Garnes kann erfolgen in einfachfter Weife durch unmittelbaren Vergleich mit Garnen von bekannter Feinheit, indem man eine gleiche Anzahl Fäden beider Garne gleichmäßig ftark zufammendreht und die Dicke des entftandenen Zwirnes vergleicht. Genauere Ergebniffe erhält man nur durch Abmeffen und Wägen einer beliebigen Fadenlänge, wobei fich die Garnnummer durch einfache Rechnung gemäß dem in Frage kommenden Numerierungsfyftem ergibt, zu: $N_1 = \frac{Pl}{Lp}$, $N_2 = \frac{Lp}{Pl}$.

Kürzere Garnlängen find mittels Maßftabs zu meffen und ihre Gewichte auf der chemifchen Wage zu beftimmen. Bei Verfuchen in Spinnereien und Webereien bedient man fich zur Ermittlung der Fadenlängen der Sortierhafpel und zur Feftftellung des Gewichtes fogenannter Sortierwagen. Die Sortierhafpel (Fig. 1) befteht im wefentlichen aus einem Flügelrade oder

drehbaren ſteifen, polygonartigen Rahmenwerk, auf das der zu meſſende Faden aufgewickelt wird. Hierbei bewirkt ein ſelbſttätiger Fadenleiter, daß die einzelnen Wicklungen ſich gleichmäßig nebeneinander legen und ſomit ihre Längen ſtets gleich dem Haſpelumfange ſind. Ein mit Läutewerk ausgerüſtetes Zählwerk zeigt die Anzahl der Wicklungen an. Die Sortierwagen ſind Laufgewichtswagen oder kleine Pendelwagen, an welche die Garnprobe von beſtimmter Länge angehängt wird (Fig. 2). Der Gradbogen der Pendelwagen iſt zur unmittelbaren Ableſung der Feinheitsnummer dem betreffenden Numerierungsſyſtem entſprechend geteilt. Beim Abmeſſen der Fadenlängen iſt darauf zu achten, daß das Garn mit beſtimmter Fadenſpannung aufgehaſpelt wird [5], [11]–[13].

3. **Die Gleichförmigkeit in der Dicke des Geſpinſtes** (ſ. a. unten bei Feſtigkeit) wird meiſt mit ſogenannten Fadenkontrollmaſchinen ermittelt, mit denen eine größere Garnlänge mittels eines Fadenführers ſo auf ein mit Samt überzogenes Brettchen aufgewickelt wird, daß die einzelnen Lagen parallel und in genau gleicher Entfernung voneinander zu liegen kommen (Fig. 3). Etwaige Unregelmäßigkeiten in der Dicke des Garnes können auf dieſe Weiſe deutlich erkannt werden [5], [8], [11], [13].

4. **Der Grad der Drehung**, der „Drall“ oder „Draht“ des Garnes, d. h. die Anzahl Windungen, die das Garn innerhalb der Längeneinheit enthält, iſt von weſentlichem Einfluß auf ſeine Feſtigkeit und Dehnung [9]. Die Urſache liegt in dem verſchiedenartigen Spannungszuſtand der einzelnen Faſern im Garn. Wird nämlich ein Bündel ausgeſtreckt nebeneinander liegender Faſern, das durch ebene Flächen begrenzt iſt, zuſammengedreht, ſo legen ſich die äußeren Faſern des Bündels in Schraubenlinien um die innerſte Faſer. Die Schrägſtellung der Faſern nimmt von innen nach außen zu. Die Enden der äußeren Faſern ſind daher in ſtärkerem Maße beſtrebt, ſich einander zu nähern, d. h. ſie wirken mehr auf eine Verkürzung des Geſpinſtes hin als die inneren Faſern. Hierdurch entſteht eine Wechſelwirkung zwiſchen den einzelnen Faſerſchichten, indem die inneren auf Zuſammendrückung in der Längsrichtung (Stauchung) und zugleich auf Seitendruck, die äußeren auf Zug und auf Seitendruck beanſprucht werden. Solange nun die Reibung zwiſchen den Faſern, die nicht die ganze Länge des Geſpinſtes beſitzen, ſondern nur mit den Enden in derſelben Schicht nebeneinander gelegen ſind, ſich überſchneiden, gering iſt, werden die äußeren Faſern unter ihrer Inanſpruchnahme auf Zug gegeneinander gleiten. Dies geſchieht bei fortgeſetztem Drehen ſo lange, bis die Reibung zwiſchen den Faſern infolge vermehrten Seitendruckes größer geworden iſt als die Zugwirkung. Alsdann dehnen die äußeren Faſern ſich zunächſt; zugleich nimmt die Stauchung der inneren Faſern in ſtärkerem Maße zu, indem immer mehr Faſern auf Zug beanſprucht werden. Schließlich vermag der Kern die Belaſtung auf Stauchung nicht mehr aufzunehmen, und der Faden knickt an der Stelle ein, wo die Zugſpannungen in den äußeren Schichten am ungleichmäßigſten verteilt ſind. Es tritt die Erſcheinung auf, die beim überdrehten unbelaſteten Faden als Schleifenbildung bezeichnet wird. Der Faden dreht ſich in ſich zuſammen, wobei die ihm urſprünglich erteilten Drehungen ſo weit wieder zurückgedreht werden, bis das Gleichgewicht zwiſchen den äußeren Zug- und inneren Druckſpannungen erreicht iſt. — Da außen Zug- und innen Druckſpannungen in dem Garn herrſchen, ſo muß in jedem Querſchnitt eine ringförmige Schicht vorhanden ſein, die ſpannungsfrei iſt. Die Spannungen, die ſenkrecht zu irgend einem Durchmeſſer oder in den konzentriſchen Faſerſchichten herrſchen, können ſomit nach Müllers Verfahren durch die Kurve *bfcgd* (Fig. 4) dargeſtellt werden, in der *f* und *g* die Schnittpunkte des Durchmeſſers mit der ungeſpannten Faſerſchicht bedeuten, während die ſenkrechte Entfernung der Kurvenpunkte von der Geraden *fg* nach oben die Zugſpannungen und nach unten die Druckſpannungen an den entſprechenden Stellen des Querſchnittes darſtellen. — Wird das Garn nun belaſtet, ſo ſind die äußerſten Schichten *ab* und *de* am meiſten, aber alle Schichten bis *fh* und *gi* auf Zug belaſtet. Dehnen ſich dieſe, ſo rückt die neutrale Ringſchicht *fgih* immer mehr nach innen. Erſt wenn

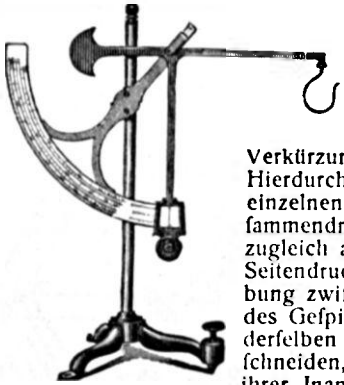


Fig. 2. Sortierwage.

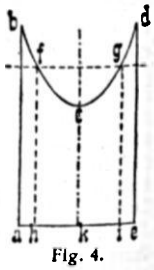


Fig. 4.

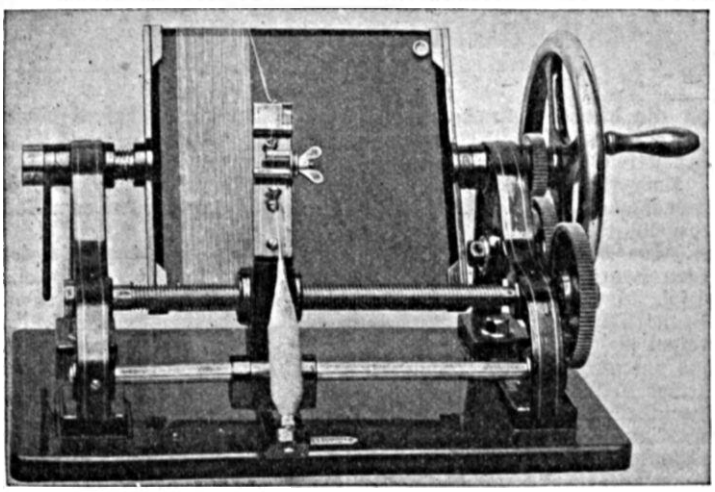


Fig. 3. Fadenkontrollmaſchine.

ſie mit der Achſe *ck* zuſammenfällt, ſind alle Schichten auf Zug beanſprucht. Hieraus ergibt ſich ohne weiteres, daß der Drall oder Draht, mit dem die Garne geſponnen ſind, auf deren Feſtigkeit von Einfluß ſein muß. Iſt der Draht gering, ſo iſt zwar der Spannungsunterſchied zwiſchen den einzelnen Faſern nur ein verhältnismäßig kleiner, ebenſo aber auch die Reibung. Die Feſtigkeit des Garnes wird alſo in dieſem Falle lediglich von dem Reibungswiderſtande abhängen, den eine große Zahl von Faſern dem Gleiten aneinander entgegenſetzt. Iſt der Draht dagegen ſehr groß, ſo ſind zwar die Faſern ſtark gegeneinander gepreßt, ſo daß ſie bei Belaſtung des Garnes nicht werden gleiten können; da aber beſonders die äußerſten Schichten ſchon von vornherein ſtark angeſpannt ſind, ſo werden ſie reißen, bevor überhaupt der Kern von den ihm innewohnenden Druckſpannungen in die Zugſpannung übergeführt iſt. Die Feſtigkeit des Garnes wird alſo bei ſtarker Drehung von der überſchüſſigen Feſtigkeit der äußeren Faſer abhängen. Je größer die Zahl dieſer tragenden Faſer iſt, deſto größer wird die Garnfeſtigkeit ſein. Dieſe wird alſo mit zunehmendem Draht anfänglich durch erhöhten Reibungswiderſtand zu- und nach Ueberſchreitung einer gewiſſen Drahtzahl infolge Ueberlaſtung der äußerſten Faſerſchichten wieder abnehmen. Es iſt mithin der für hohe Feſtigkeit günſtigſte Drehungsgrad bei feinen Garnen größer als bei dicken und bei Garnen aus langen Faſern kleiner als bei ſolchen aus kurzen Faſern. — Die Wahl des Dralles richtet ſich:

a) Nach der Feinheit des Garnes; feinere Garne erhalten ihre Feſtigkeit dadurch, daß der Gleitungswiderſtand zwiſchen der vorhandenen kleineren Anzahl Faſern durch entſprechende Vermehrung der Reibung zwiſchen den Faſern erhöht wird. Mit größerer Feinheit muß alſo die Anzahl der Drehungen wachſen, und zwar ſteht dieſe im umgekehrten Verhältnis zur Fadendicke.

b) Nach der Länge des verarbeiteten Faſermaterials; je kürzer die Faſern ſind, deſto mehr Drall muß das Garn erhalten.

c) Nach der Verwendung, für die das Garn beſtimmt iſt. Kettengarne z. B. erhalten mehr Drehung als Schußgarne, die nebenbei das Gewebe auch füllen ſollen. Garnen, die gezwirnt werden, gibt man weniger Drehung als direkt zur Verwebung beſtimmten. Allgemein haben alſo Garne, von denen man beſonders Biegſamkeit verlangt, weniger Drall als ſolche, die eine ſtarke Belaſtung aushalten ſollen.

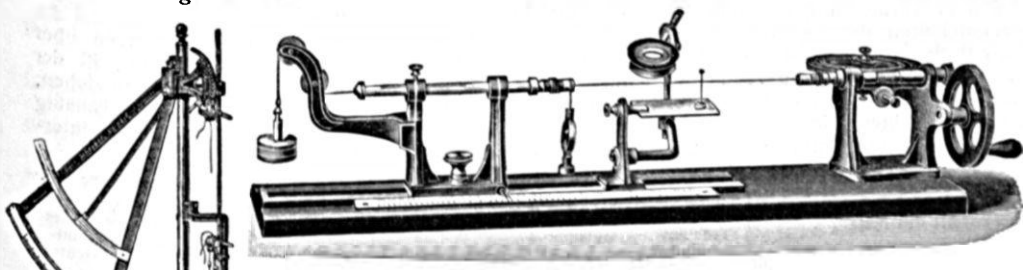


Fig. 5. Zwirnprüfungsapparat.

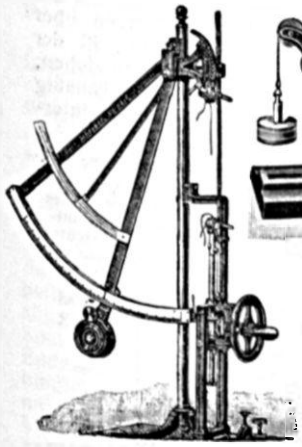


Fig. 6.

Zur Beſtimmung des Drehungsgrades an fertigen Garnen dienen ſogenannte „Drall-“ oder „Zwirnprüfungsapparate“ (Fig. 5). Dieſe beſtehen im weſentlichen aus einem Brett mit zwei Klemmen, von denen die eine feſtſteht, während die andre drehbar gelagert und mit einem Zählwerk verbunden iſt, an dem die Zahl der Umdrehungen abgeleſen werden kann, die der zweiten Klemme bis zum vollſtändigen Aufdrehen des Garnes, d. h. bis zur parallelen Lage der Faſern zu erteilen iſt. Das Garn iſt zum Verſuch zweckmäßig mit einer ſeiner Dicke angepaßten Belaſtung zwiſchen beide Klemmen einzuſpannen. Die Entfernung der letzteren voneinander wird der Berechnung des Dralles für die Längeneinheit aus der gefundenen Umdrehungszahl zugrunde gelegt. Durch Aufdrehen wird das Garn länger und daher ſchlaff. Das Maß, um das die Klemmen voneinander entfernt werden müſſen, um die Faſern des aufgedrehten Garnes, ohne ſie zu zerren, wieder geradezuſtrecken, bezogen auf die Einheit der urſprünglichen Probenlänge, nennt man den „Zwirneinſchlag“ [5], [8], [9], [11]–[13].

5. **Die Feſtigkeit und Dehnbarkeit der Garne** wird mit Hilfe empfindlicher Zerreißapparate beſtimmt, die mit Federn oder mit Pendelwage ausgerüſtet ſind. Bei einigen Konſtruktionen der erſteren Art, wie z. B. bei dem Apparat von Hartig-Reuſch, wird während des Zerreißvorganges ein Diagramm ſelbſttätig aufgezeichnet, das als Ordinate die Belaſtung, als Abſziſſe die Dehnung angibt, deren Größen mittels eines entſprechenden Maßſtabes entnommen werden können. Das Schaubild hat den Vorteil, daß das Verhältnis zwiſchen Belaſtung und Dehnung in jedem Stadium des Verſuchs bildlich gekennzeichnet iſt. Da die Federn bei ſo kleinen Belaſtungen, wie ſie bei dieſen Prüfungen vorkommen, infolge ihrer Abhängigkeit von der Temperatur Ungenauigkeiten mit ſich bringen, benutzt man bei genauen Meſſungen mit Vorteil Apparate nach Art der Pendelwage (Fig. 6), wie ſolche von Schopper in Leipzig in guter Ausführung gebaut werden. Die Reibung im Apparat iſt durch Schneidenlagerung des Gewichtshebels auf ein Minimum reduziert; beiſpielsweiſe hat der für Feſtigkeitsmeſſungen bei Elementarfaſern von der genannten Firma gebaute Apparat eine Empfindlichkeit von 0,1 %. Die Einſpannung der Fäden einer Verſuchsreihe muß mit ſtets gleicher Anfangsſpannung erfolgen, welchen Zweck man durch Anhängung eines entſprechend ſchweren Klemmgewichts an das untere Fadenende, nachdem das obere Ende in der Klemme bereits befeſtigt iſt, erreicht. Dies hat noch den Vorteil, daß die Fäden immer lotrecht eingeſpannt ſind. Bei Ausführung der

Verſuche iſt der Feuchtigkeitsgehalt des Geſpinſtes reſp. der Luft und die freie Einſpannlänge zwiſchen den Klemmen, die Verſuchslänge, zu beachten.

Wählt man nun die Verſuchslänge ſo klein, daß die einzelnen Faſern an beiden Enden erfaßt werden, ſo zerreißen dieſe beim Verſuch, und die erzielte Zugfeſtigkeit des Garnes iſt nur von der Feſtigkeit der Faſern und nicht nur von der Größe der Reibung zwiſchen den Faſern abhängig, ſie iſt alſo um ſo größer, je mehr Faſern an beiden Enden eingeſpannt ſind [15], [16]. Unter der Feſtigkeit eines Garnes verſteht man indes den Widerſtand, den die durch den Spinnprozeß zu einem Faden vereinigten Faſern der Zugbelaſtung bis zum Bruch entgegenſetzen. Iſt die durch das Spinnen hervorgebrachte Reibung größer als die Feſtigkeit der einzelnen Faſern, ſo tritt bei entſprechender Belaſtung Bruch des Fadens ein, im andern Falle findet mehr ein Auseinanderziehen ſtatt. Hieraus folgt, daß für einen ſachgemäßen Zerreißverſuch bei Geſpinſten die freie Einſpannlänge ſtets größer ſein muß als die Länge des Faſermaterials. Infolge der unvermeidlichen Ungleichförmigkeiten, die im Spinnprozeß ihre Erklärung finden, iſt auch die Feſtigkeit des Geſpinſtes eine wechſelnde, und um ein richtiges Bild von derſelben zu erhalten, muß man daher eine größere Anzahl von Verſuchen, etwa 10—20, vornehmen. Das aus den erhaltenen Werten gebildete Mittel wird dem mittleren Feſtigkeitszuſtand des Garnes um ſo näher kommen, je größer die Zahl der Einzelverſuche iſt. Aus der Gleichmäßigkeit der Feſtigkeitswerte läßt ſich auch ein Schluß ziehen auf die Gleichmäßigkeit des Geſpinſtes ſelbſt. Man bildet zu dieſem Zweck aus allen den Verſuchswerten, die hinter dem Geſamtmittel zurückbleiben, das ſogenannte Untermittel, dann gibt der Unterſchied zwiſchen beiden Mitteln, in Prozenten des Geſamtmittels ausgedrückt, einen Maßſtab für die Gleichmäßigkeit des Garnes. Zur Beurteilung der Feſtigkeit des Materials dient bei Geſpinſten an Stelle der Bruchſpannung, d. h. der Feſtigkeit der Querſchnittseinheit, die Reißlänge, d. i. die ermittelte Fadenfeſtigkeit in Gramm dividiert durch das Gewicht für 1 m Fadenlänge. Sie gibt ſomit die Länge des Fadens in Metern an, die erforderlich iſt, um den frei hängenden Faden unter ſeinem Eigengewicht an der Aufhängeſtelle zum Abreißen zu bringen [5], [9], [11]—[16].

6. **Der Feuchtigkeitsgrad der Garne** ändert ſich wegen der Hygroſkopizität der Faſern mit dem Wärme- und Feuchtigkeitszuſtand der Luft und übt einen weſentlichen Einfluß auf die Eigenſchaften der Geſpinſte aus. Es iſt deshalb bei allen techniſchen Unterſuchungen über Faſerſtoffe ſorgfältig Rückſicht hierauf zu nehmen. Im Handel, namentlich bei Seide, iſt der Waſſergehalt des Garnes wegen der dadurch bedingten Gewichtsänderung in Rechnung zu ziehen, und es wird nur ein beſtimmter Feuchtigkeitsgehalt, die ſogenannte Repriſe, als handelsmäßig zuläſſig erachtet. Seine Größe iſt für die verſchiedenen Geſpinſte eine andre und durch internationale Vereinbarungen wie aus nachſtehender Tabelle erſichtlich feſtgeſetzt.

Art des Materials	Zuſchlag in % des Trockengewichtes	Feuchtigkeit in % des Geſamtgewichtes	Art des Materials	Zuſchlag in % des Trockengewichtes	Feuchtigkeit in % des Geſamtgewichtes
Baumwollgarn, einſchl. Imitatsgarne	8½	7,83	Jutegarn	13¾	12,09
Seidengeſpinſte	11	9,91	Streichgarn	17	14,53
Flachsgarn	12	10,71	Kammgarn	18¼	15,43
Hanfgarn	12	10,71	Garne aus Wolle u. Seide	16	—
Werggarn	12½	11,11	Garne aus Wolle u. Baumw.	10	—
			Shoddygarne	13	—

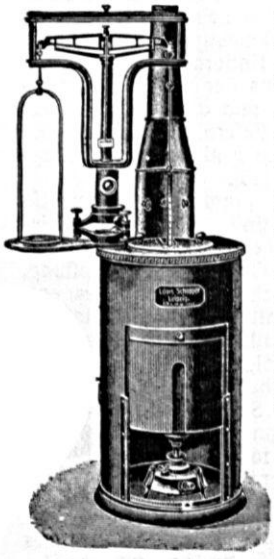


Fig. 7. Trockenſchrank.

Die Ausführung der einſchlägigen Unterſuchungen erfolgt in der Regel durch amtliche Unterſuchungsſtellen, ſogenannte Konditionieranſtalten (ſ. d.) Die hierbei verwendeten Apparate ſind Trockenſchränke mit kontinuierlichem Luftſtrom von 110° zur Erzeugung vollſtändiger Trockenheit (Fig. 7). Die Proben müſſen in dem Schrank gewogen werden, da ſie bei Entnahme aus demſelben ſofort wieder Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen würden. Die Schränke ſind daher unmittelbar mit einer Gewichtswage (Apparate von Talebot in Lyon, von Kohl und Schopper) oder mit Pendelwage (Apparat von Ulmann in Zürich) oder mit Laufgewichtswage (Apparat von Findeiſen in Chemnitz) ausgerüſtet, an deren einem Arm die Probe frei ſchwebend in dem Schrank aufgehängt wird. Die Trocknung wird bis zum konſtanten Gewicht fortgeſetzt. Der Gewichtsverluſt gibt den Feuchtigkeitsgehalt der Probe. Die Empfindlichkeit für Aenderung des Feuchtigkeitsgehaltes gemäß dem der umgebenden Luft iſt bei den verſchiedenen Faſermaterialien nicht die gleiche. Unterſuchungen haben ergeben, daß Seide ihren Waſſergehalt am ſchnellſten ändert, dann folgen der Reihe nach Flachs, Baumwolle, Kammzug, gewaſchene Wolle und ungewaſchene Wolle [5], [8], [10], [11], [13].

7. **Die Beſtimmung des Fettgehaltes,** die beſonders bei Kamm-, Streich- und Kunſtwollgarnen im Gebrauch iſt, erfolgt durch Behandlung einer gewogenen Probemenge am beſten mit Petroleumäther im Soxhletſchen Extraktionsapparat. Alles Fett und Oel wird hierbei im Aether gelöſt; die Löſung ſammelt ſich in dem Kölbchen des Apparates an; aus ihm wird der Aether dann abdeſtilliert und der zurückbleibende Fettgehalt als die Gewichtszunahme des Kölbchens ermittelt.

8. **Die Farbechtheit** von gefärbten Garnen wird nach denſelben Methoden feſtgeſtellt wie die Farbechtheit von Geweben u. ſ. w. Näheres ſ. Farbenechtheit.

Literatur: [1] Wiesner, Die Rohſtoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1900/03. — [2] v. Höhnel, Die Mikroſkopie der techniſch verwendeten Faſerſtoffe, Wien 1887. — [3] Vétillart, Etudes sur les fibres végétales textiles, Paris 1876. — [4] Monie, The structure of the cotton fibre, London 1890. — [5] Herzfeld, Die techniſche Prüfung der Garne und Gewebe, Wien 1895. — [6] Behrens, Anleitung zur mikrochemiſchen Analyſe, Heft 2, Leipzig 1896. — [7] Heermann, Färbereichemiſche Unterſuchungen. — [8] Müller, Handbuch der Spinnerei, Bd. 3 Abb. 1 des Handb. d. mech. Technologie von Karmarſch. — [9] Derſ., Ueber die Feſtigkeitseigenſchaften fadenförmiger Faſergebilde in ihrer Abhängigkeit von dem Drahte derſelben, Civilingenieur 1880, S. 137. — [10] Derſ., Der Waſſergehalt der Faſerſtoffe in ſeiner Abhängigkeit von dem Feuchtigkeitsgehalt der Atmoſphäre, Civilingenieur 1882. — [11] Johannſen, Handb. d. Baumwollſpinnerei, Leipzig 1902. — [12] Marſchik, Phyſikaliſch-techniſche Unterſuchungen von Geſpinſten, Wien 1904. — [13] Brüggemann, Die nötigen Eigenſchaften der Geſpinſte und deren Prüfung, Stuttgart 1897. — [14] Smith, Feſtigkeit von Baumwollgarnen, Oeſterr. Wolle- u. Leineninduſtrie 1903, Heft 14. — [15] **Rudeloff**, Unterſuchungen über den Einfluß des Materials und der Konſtruktion auf die Feſtigkeit von Hanfſeilen, Mitteil. a. d. Kgl. techniſchen Verſuchsanſtalten zu Berlin, 1893, S. 89. — [16] Ebend. 1894, S. 1.

(Rudeloff) Herzog.

Garnquetſche dient zum Auspreſſen von überſchüſſiger Beizflüſſigkeit oder von Waſſer aus dem Garne.

Sie beſteht im weſentlichen aus zwei aufeinander laufenden Kautſchuk- oder Metallwalzen, durch welche die auf einem endloſen, ſtets entſprechend geſpannten Tuche liegenden Garnſträhne durchgezogen werden, wobei der Ueberſchuß an Flüſſigkeit mehr oder minder aus dem Garne ausgepreßt werden kann, je nach dem Drucke, mit dem die beiden Walzen aufeinander laufen.

Ad. Singer.

Garnſtärkmaſchine, ſ. Appretmaſchine.

Garnwage, ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 619, Garn und Garnprüfung.

Garnwaſchmaſchinen, ſehr verſchiedenartig konſtruierte Vorrichtungen, ſpeziell zum Waſchen von Wollgarn, Baumwollgarn und Strangſeide.

Eine dieſer Wollgarnwaſchmaſchinen von Thomas Aimers & Sons beſteht aus einem Waſchtroge, über welchem Haſpeln angebracht ſind, die ſich abwechſelnd nach links und rechts drehen. Das über die Haſpel gehängte Garn taucht in die Waſchflüſſigkeit des Troges und wird durch die mechaniſche Bewegung gereinigt. Die Strähne werden nach einer gewiſſen Zeit abgenommen und auf einer meiſt mit der Waſchmaſchine in Verbindung ſtehenden Quetſche ausgepreßt.

Eine ſehr gute, für Baumwollgarn verwendete Waſchmaſchine rührt von der Firma Duncan, Stewart & Co., Glasgow, her. Dieſe Maſchine beſteht aus einem U-förmigen Troge, der durch eine Scheidewand in zwei Teile geteilt iſt. Auf der einen Seite dieſer Scheidewand tritt beſtändig friſches Waſſer zu, während auf der andern Seite das gebrauchte, ſchmutzige Waſſer abläuft. Ueber dieſen Trog ſind ſtrahlenförmig Arme angebracht, die bewegliche quadratförmige Spulen tragen, die ſich abwechſelnd vorwärts und zurück drehen. Die Arme liegen mit einem Ende auf der Trogwand, auf der andern Seite aber ſind ſie mit einer endloſen Kette in Verbindung, die über zwei große Scheiben läuft. Beim Gange der Maſchine folgen nun die Arme mit den Spulen und den darübergehängten Garnſträhnen der Kette, wodurch die kontinuierliche Vorwärtsbewegung erzielt wird, während die Spulen mit den Strähnen gleichzeitig auch eine kräftige Drehung, abwechſelnd nach vorwärts und zurück, um die Achſen der Arme machen. Durch dieſe mehrfache Bewegung in der Waſchflüſſigkeit, welche die Handarbeit gut nachahmt, wird ein gründliches Waſchen des Garnes ermöglicht. Sobald die Garnſträhne an der Scheidewand des Troges vorüberkommen, werden ſie von den Spulen abgenommen und durch friſche erſetzt.

Fig. 1 zeigt eine Rundwaſchmaſchine, wie ſie von der Zittauer Maſchinenfabrik ausgeführt wird. In einem Schneckenrade lagern 24 vierkantige Kupferſpulen, die ſich in derſelben Richtung ruckweiſe nach rechts und links um ihre eigne Achſe drehen und gleichzeitig eine fortſchreitende und drehende Bewegung machen. Das Waſſer ſtrömt in der den Garnen entgegengeſetzten Bewegungsrichtung zu, ſo daß die Maſchine nach dem Gegenſtromprinzip arbeitet. — Fig. 2 ſtellt ein andres Syſtem derſelben Maſchinenfabrik dar.

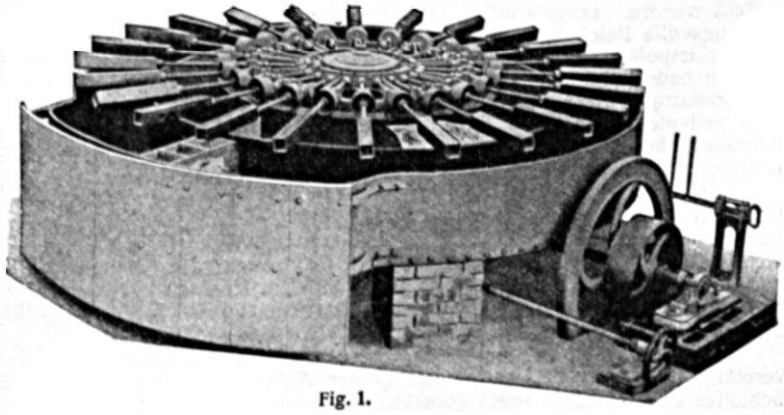


Fig. 1.

Eine andre sehr gute Waschmaschine rührt von A. Weser, Elberfeld, her. Auch für Seidengarn bestehen spezielle Waschmaschinen; zu den bekanntesten zählen jene von Gebrüder Wansleben, Crefeld, und von Berchtold in Thalweil bei Zürich.

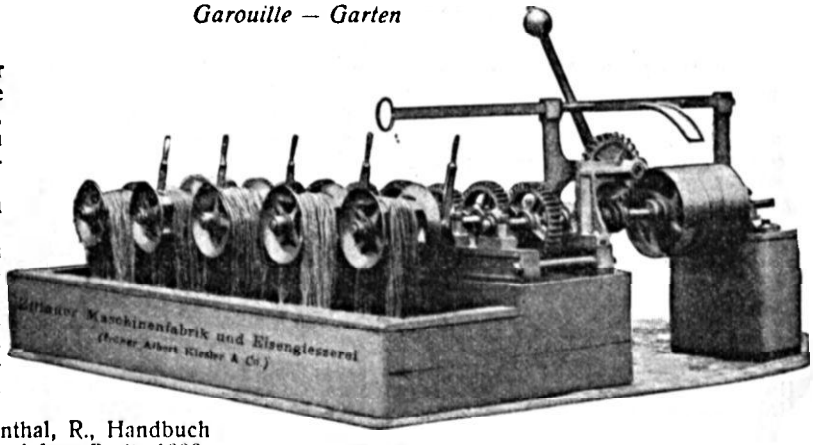


Fig. 2.

Literatur: Humel-Knecht, Färberei der Gespinstfasern, Berlin 1888; Loewenthal, R., Handbuch der Färberei der Spinnfasern, Berlin 1900.

Ad. Singer.

Garouille, s. Gerbstoffe und Leder.

Garschaum, s. Eisen, Bd. 3, S. 265.

Garschlacke, s. Kupfer und Flußeisen.

Garten, ein meist in der Nähe der Wohnung eingehegtes Stück Land, das durch sorgfältige, erhöhte Kultur und geschmackvolle Anordnung dem Nutzen und der Annehmlichkeit des Besitzers dienen soll.

Je nach den Zwecken unterscheiden wir Nutz- und Ziergarten, Blumen- oder Baumgarten, wozu noch der botanische oder Versuchsgarten zum wissenschaftlichen Studium der Pflanzenarten kommt. Zur Pflege in kalter Jahreszeit dient der Wintergarten (s. Gewächshaus).

Schon die Aegypter pflegten ihre Villenanlagen mit Gärten zu umgeben, die von einer Mauer umzogen waren und durch ein Prachtportal zugänglich gemacht wurden. Von den babylonischen Gartenanlagen sind insbesondere die sogenannten „hängenden Gärten" der Semiramis berühmt geworden. Wir müssen uns dieselben als großartig angelegte künstliche Terrassen denken, die mit Blumengärten und Parkanlagen versehen waren, in denen zahme und wilde Tiere gehalten wurden und die überdies mit Fontänen, Pavillons und Tempeln in reichster Weise geschmückt erschienen. Ebenso haben die Griechen und Römer ihre Wohnhäuser zumeist mit schönen Gartenanlagen in Verbindung gebracht. In Griechenland waren es namentlich die Arbeitssäle der Frauen, die mit Zier- oder Gemüsegärten in Verbindung standen. Aber auch jedes größere römische Wohnhaus hatte am Ende des Hinterhauses einen Blumengarten (xystus) aufzuweisen, wie wir dies an den zahlreichen aufgedeckten Wohngebäuden in Pompeji nachweisen können. Im übrigen boten die Landsitze der Kaiserzeit gewaltige Gartenanlagen mit reichem architektonischen Schmuck, z. B. Villa Hadriana bei Tibur. Die Gärten des Mittelalters scheinen anfangs hauptsächlich Nutzgärten gewesen zu sein, doch wurden später auch Ziergärten angelegt mit regelmäßigen viereckigen Beeten. Derartige Anlagen finden sich beispielsweise auf Abbildungen der Wohnhäuser der reichen Nürnberger Patrizier. Eingehendere geschichtliche Notizen in [8]—[12], [15], [19]–[21].

Eine sehr große Bedeutung wurde der Gartenkunst vom 16. bis zu Ende des 18. Jahrhunderts in Frankreich beigelegt. Das Charakteristische derselben bestand namentlich in Anwendung geometrischer Grundformen für Beete und Wegeinteilungen sowie in dem Beschneiden von Bäumen und Sträuchern zu hohen rechtwinkligen grünenden Mauern oder niedrigeren Einfassungen. Zuweilen gab man den Bäumen auch phantastische Formen, insbesondere von Pyramiden, Vasen, Säulen u. s. w. Außerdem wurden auch Baumalleen errichtet, die einen Gang bildeten, der mit einem vegetabilischen Tonnengewölbe überspannt erschien. In der Nähe des Hauses wurden mit großem Geschick die sogenannten „Parterres" angelegt. Es sind dies Beete, die eine Art Blumenmosaik bilden, indem die Blumen zu ornamentalen Formen zusammengestellt wurden. Diese künstlichen Gartenformen erhielten überdies an passenden Stellen eine wirkungsvolle Belebung durch Vasen, durch reichlich aufgestellte Statuen und schließlich durch oft sehr imposante Wasserwerke, Fontänen, Springbrunnen und Grottenbauten [1], [15], [20]. — Zu den bedeutendsten Anlagen gehören insbesondere jene von St. Cloud, Versailles, Verneuil. Die großartigen Anlagen, die in diesem Stil in Frankreich ausgeführt wurden und denen man eine bedeutende Wirkung nicht absprechen kann, solange sie sich in den entsprechenden Schranken hielten, fanden in Deutschland, Oesterreich und dem übrigen Europa allenthalben reichliche Nachahmung.

Im entschiedensten Gegensatz zu der französischen Gartenbaukunst stehen die englischen Gartenanlagen, die namentlich zu Ende des siebzehnten Jahrhunderts in größerem Stile durchgeführt wurden. Nach dem englischen Geschmack wurden die Bäume und Sträucher gar nicht beschnitten, sondern von Jugend auf so gelassen, wie sie die Natur geschaffen. Dazu kam noch eine seltene Pflege des Rasens, der bei dem feuchten Klima Englands, vorzüglicher Erde und sorgfältiger Behandlung in steter augenerfreuender Frische blieb [3], [6]. Wir können diesen Stil als eine Idealisierung der Landschaft bezeichnen.

In Deutschland und Oesterreich werden nicht selten die beiden Geschmacksrichtungen zu vereinigen gesucht; namentlich bei großen Anlagen pflegt man mit Recht in der Nähe des Schlosses oder Wohngebäudes geometrische Formen der Gartenelemente zu wählen, die sich mit

der Architektur des Gebäudes in Einklang zu ſetzen haben, während man weiter weg von dem Schloſſe immer mehr die Natur walten läßt, ſo zwar, daß das Ganze am Ende in eine engliſche Parkanlage ausklingt.

Dabei wird der Nutz- und Gemüſegarten nicht zu entbehren und zu entfernt vom Wohnhaus zu verlegen ſein; doch kann er in ſeiner ſchmuckloſen Einförmigkeit mit immergrünen Hecken (etwa 2 m hoch) umgeben, dem Auge entzogen und ſo der Blick voll auf den Ziergarten geleitet werden. Hier wird durch einen Wechſel von Blumenbeeten, eingehegten Wegen, von Waſſerbecken und Wieſenflächen, von niederen Gebüſchen, von Baumgruppen und Laubgängen, belebt durch überraſchende Durchblicke ſowie Licht- und Schattenwirkungen ein angenehmes Bild zu erſtreben ſein. — Waſſer ſoll nicht nur in Springbrunnen oder Teichen das Auge erfreuen, ſondern auch in Fülle zur Tränkung der Pflanzen vorhanden ſein. Bei Anbringung von Bauten (ſ. Gartengebäude) walte größte Vorſicht, da eine Ueberhäufung leicht die gute Wirkung zu ſtören vermag.

Literatur: [1] Dezalliers d'Argenville, La théorie et la pratique du jardinage d'après les principes de Lenôtre, 4. Aufl., Paris 1747. — [2] Hirſchfeld, Theorie der Gartenkunſt, Leipzig 1775—80. — [3] Price, Essays on the picturesque in gardening, London 1780. — [4] v. Sckell, Beiträge zur bildenden Gartenkunſt, 2. Aufl., München 1825. — [5] Pückler-Muskau, F. v., Andeutungen über Landſchaftsgärtnerei, Stuttgart 1834. — [6] Downing, Treatise on the theory and practice of landscape-gardening, 4. Aufl., London 1849. — [7] Wörmann, Der Garteningenieur, Berlin 1860—74. — [8] Dietrich, Geſchichte des Gartenbaus, Leipzig 1863. — [9] Jäger, Allgemeines Gartenbuch, Leipzig 1864. — [10] Hüttig, Geſchichte des Gartenbaues, Berlin 1879. — [11] Taeke, Der Garten, ſeine Kunſt und Kunſtgeſchichte, Stuttgart 1884. — [12] Tuckermann, Die Gartenkunſt der italieniſchen Renaiſſancezeit, Berlin 1885. — [12a] Latham, Charles, The Gardens of Italy, 2 Bde., Southampton 1905. — [13] v. Ompteda, Rheiniſche Gärten, Berlin 1885. — [14] Jeſſen, Gartenanlagen und Gartendekoration, Berlin 1887. — [15] Mangin, Histoire des jardins, Paris 1887. — [16] Petzold, Die Landſchaftsgärtnerei, 2. Aufl., Leipzig 1888. — [17] Hallier, Grundzüge der landſchaftlichen Gartenbaukunſt, Leipzig 1890. — [18] Schneider, Die Aeſthetik der Gartenkunſt, Leipzig 1890. — [19] Rümpler, Gartenbaulexikon, 2. Aufl., Berlin 1890. — [20] Kaufmann, Der Garten im Mittelalter und während der Renaiſſance, Berlin 1892. — [21] v. Fiſcher-Benzon, Altdeutſche Gartenflora, Kiel 1894. — [22] Abel, L., Gartenarchitektur, Wien 1876.

Weinbrenner.

Gartenerde (Dammerde), in der Regel kochſalzhaltig, bildet Salpeterſäure und in Berührung mit Holz den ſogenannten Hausſchwamm (falls deſſen Keime und genügend Feuchtigkeit vorhanden ſind), mit Mauerwerk den Mauerfraß, worauf bei etwaiger techniſcher Verwendung zu achten. Man iſoliert ſie durch Zwiſchenlegen von Lehm, Teer oder trockenem Bauſchutt. *Weinbrenner.*

Gartengebäude, jene Bauten, die bloß zur Zierde oder zu vorübergehendem Gebrauche in großen Anlagen errichtet werden; dazu gehören insbeſondere: Pavillons, Grotten, Ruinen, Tempel, Einſiedeleien, Kapellen u. ſ. w.

Unter Pavillons (ſ. d.) ſind hier leichtere Bauten oder Gartenhäuſer von gefälligem Stil und Aeußern mit wenigen Räumen für Geſellſchaftszwecke zu verſtehen, die auch in kleinerer Anlage an entſprechender bevorzugter Stelle, etwa von Freitreppen mit Laubgängen, Terraſſen u. ſ. w. umgeben, zur höchſten Annehmlichkeit des Aufenthalts beitragen. Die übrigen genannten Bauten bilden den Schmuck größerer, weitangelegter Gärten und ſind an wenigen paſſenden Stellen zu errichten, wo ſie ihre Wirkung nicht verfehlen werden. *Weinbrenner.*

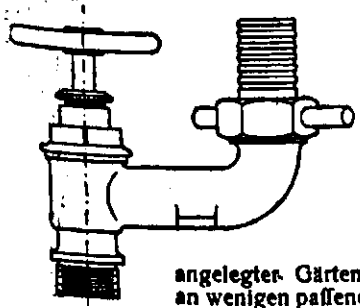


Fig. 1.

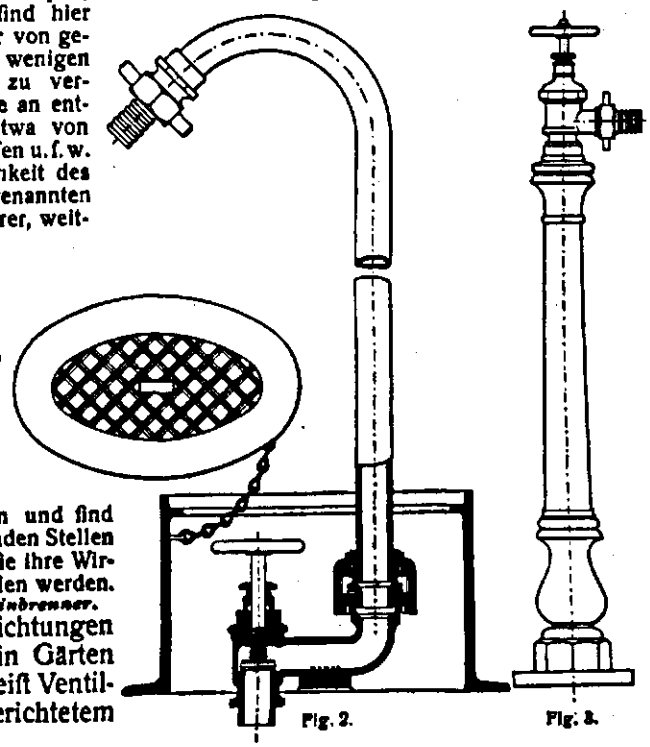


Fig. 2.

Fig. 3.

Gartenhydranten, Vorrichtungen zur Entnahme des Waſſers in Gärten und öffentlichen Anlagen, meiſt Ventilhähne mit nach oben gerichtetem

Auslaufſtutzen, die in kleinen eiſernen Kappen unmittelbar unter der Erdoberfläche ſitzen.

Der Auslaufſtutzen hat entweder ein Gewinde für Schlauchverſchraubung oder Bajonetthaken, um ein Standrohr mit Bajonettverſchluß aufſchrauben zu können; letztere Art iſt die zweckmäßigere (ſ. Fig. 1 und 2). Auch freiſtehende Säulen mit aufgeſchraubten Ventilhähnen eignen ſich gut als Hydranten in Privatgärten. Die Ventilweite der Gartenhydranten iſt meiſt 20—25 mm. Preiſe (für 20 und 25 mm) von Hydranten Fig. 1 ℳ 9,50 und ℳ 11,80, Fig. 2 mit Standrohr ℳ 17,50 und ℳ 22,20, Fig. 3 ℳ 20,70 (nach der Preisliſte der Maſchinen- und Armaturenfabrik vormals H. Breuer & Cie., Höchſt a. M.). *Blecken.*

Gartenmeſſer, ſ. Meſſerſchmiedarbeiten.

Gartenſpritzen, entweder Eimerſpritzen (ſ. d.) oder Schlauchſpritzen, von Hydranten abgenommen.

Im letzteren Falle wendet man entweder ſogenannte Schlauchſpitzen (Fig. 1 und 1 a) an

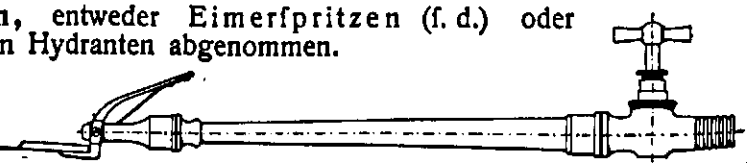


Fig. 2.

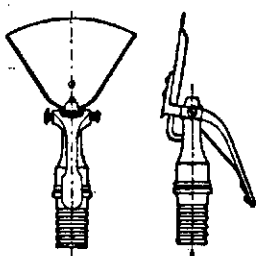


Fig. 1.

Fig. 1 a.

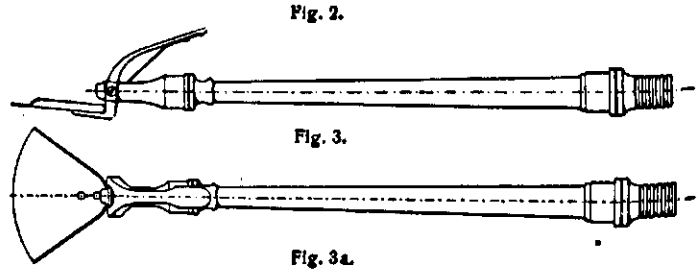


Fig. 3.

Fig. 3a.

oder Strahlrohre mit und ohne Hahn (Fig. 2, 3 und 3 a), die mittels Schlauch an die Hydranten angeſchloſſen werden. Das Schlauchröhrchen hat 13, 19 oder 25 mm Durchmeſſer. Die Preiſe betragen (bei der Maſchinen- und Armaturenfabrik vormals H. Breuer & Cie., Höchſt a. M.) für:

		13 mm	19 mm	25 mm
Schlauchſpitze,	Fig. 1 . . .	ℳ 1,75	2,20	3,50
Strahlrohr	„ 2 . . .	„ 3,05	4,05	8,—
„	„ 3 . . .	„ 4,45	6,65	10,40

Die Schlauchſpitzen und Strahlrohre tragen vorn eine bewegliche Schaufel, mittels welcher der Waſſerſtrahl verbreitert und zerſtäubt werden kann. *Blecken.*

Gasäther, ſ. Petroleum.

Gasanalyſe, die chemiſche Unterſuchung von Gasgemiſchen zum Zwecke der quantitativen Beſtimmung ihrer einzelnen Beſtandteile. Da dieſe nicht durch Wägung, ſondern in der Regel durch Meſſung erfolgt, ſo wird die Gasanalyſe auch als Gaſometrie, gaſometriſche oder gasvolumetriſche Analyſe bezeichnet und das Ergebnis der Unterſuchung nicht in Gewichts-, ſondern in Volumprozenten ausgedrückt.

Das durch die grundlegenden Arbeiten Bunſens ausgebildete Prinzip der Gasanalyſe beſteht darin, aus einem gemeſſenen Gasvolumen auf geeignete Weiſe die einzelnen Beſtandteile nacheinander zu entfernen und dieſelben dadurch, nämlich durch Meſſung der eingetretenen Volumenabnahme, zu beſtimmen. Nur diejenigen Gaſe, welche ſich, wie z. B. der Stickſtoff, auf keine der untenangegebenen Weiſen fortſchaffen laſſen, werden als ſolche gemeſſen; ſie bilden den bei der Analyſe ſchließlich verbleibenden Reſt. Man hat weſentlich drei Unterſuchungsmethoden:

1. Die direkte Abſorption. So wird Kohlenſäure von Kalilauge, Kohlenoxyd von Kupferchlorürlöſung oder ammoniakaliſcher Kupferlöſung begierig aufgenommen. Sauerſtoff wird durch Abſorption vermittelſt feuchten Phosphors oder alkaliſcher Pyrogallusſäurelöſung, die ungeſättigten Kohlenwaſſerſtoffe vermittelſt Bromwaſſer oder rauchender Schwefelſäure entfernt. Das angewendete Gasvolumen wird alſo um den Betrag des Volumens dieſer Gaſe vermindert.

2. Die Verbrennung. Waſſerſtoff verbrennt mit Sauerſtoff zu Waſſer. Da ſich aber 2 Volumen Waſſerſtoff mit 1 Volumen Sauerſtoff vereinigen, ſo tritt eine Kontraktion von 3 Volumen ein, und man findet das Volumen des vorhanden geweſenen Waſſerſtoffs durch Multiplikation der beobachteten Volumverminderung mit $^2/_3$.

3. Verbrennung und Abſorption. Methan verbrennt mit Sauerſtoff zu Kohlenſäure und Waſſer, und zwar liefern 1 Volumen Methan und 2 Volumen Sauerſtoff 1 Volumen Kohlenſäure, ſo daß die ſtattfindende Kontraktion 2 Volumen beträgt. Man findet alſo die Menge des Methans entweder, indem man die beobachtete Volumenverminderung durch 2 dividiert oder indem man die entſtandene Menge Kohlenſäure, deren Volumen gleich dem des Methans iſt, durch Abſorption vermittelſt Aetzkali beſtimmt, oder ſchließlich, wenn man die durch die Verbrennung und die Abſorption der Kohlenſäure erhaltene Volumendifferenz durch 3 dividiert.

Es erhellt alſo hieraus, daß man alle unmittelbar abſorbierbaren Gaſe nach der erſten Methode, diejenigen, welche durch die Verbrennung in ſich kondenſierende Verbindungen übergeführt werden, nach der zweiten, und endlich diejenigen, welche bei der Verbrennung abſorbier-

bare Gaſe liefern, nach der dritten Methode beſtimmen kann. Das Meſſen wird in geeigneten Meßgefäßen, ſogenannten Gasbüretten, Abſorption und Verbrennung zweckmäßig in geſonderten Gefäßen vorgenommen, welche je nach dem Zweck ihres Gebrauchs verſchiedene Konſtruktion erfahren haben und in letzter Zeit namentlich von Hempel, Winkler, Fiſcher, Bunte, Petterſon, Orſat und Thörner zu zweckdienlichen Apparaten zuſammengeſtellt worden ſind. Für die Technik hat die Gasanalyſe in einer Reihe von Betrieben hervorragende Bedeutung, ſo für die ſachgemäße Beurteilung der Feuerungs- und Beleuchtungsanlagen, des Hochofenbetriebes, der Ultramarin- und Porzellanfabrikation u. ſ. w. — Abgeſehen davon, daß es hierbei in erſter Linie darauf ankommt, richtige Durchſchnittsproben zu erlangen, hat die techniſche Gasanalyſe vornehmlich die Aufgabe, mit möglichſt einfachen Hilfsmitteln in kürzeſter Friſt Reſultate zu liefern, welche ohne Anſpruch auf höchſte Genauigkeit dem praktiſchen Bedürfniſſe genügen, da nur ſo eine raſche Kontrolle des Betriebes, um welche es ſich allein handelt, möglich iſt. S. a. Rauchgasunterſuchung.

Literatur: [1] Bunſen, Gaſometriſche Methoden, Braunſchweig 1877. — [2] Winkler, Anleitung zur chemiſchen Unterſuchung der Induſtriegaſe, Freiberg 1877—79. — [3] Derſ., Lehrbuch der techniſchen Gasanalyſe, 2. Aufl., Freiberg 1892. — [4] Hempel, Gasanalytiſche Methoden, 3. Aufl., Braunſchweig 1900. — [5] Fiſcher, F., Handbuch der chemiſchen Technologie, Leipzig 1893, S. 69, 75, 172, 200, 571, 798. — [6] Derſ., Chemiſche Technologie der Brennſtoffe, Bd. I. — [7] Derſ., Taſchenbuch für Feuerungstechniker, 5. Aufl. — [8] Morris Travers, Experimentelle Unterſuchung von Gaſen, deutſch von Eſtreicher, Braunſchweig 1905. *Bujard.*

Gasanſtalten, ſ. Gasfabrik.

Gasausbruch, ſ. Wetter.

Gasautomaten, ſ. Gasmeſſer.

Gasbehälter, unrichtigerweiſe vielfach auch „Gaſometer“ benannt, ſind ein wichtiger Teil der Gaswerke, indem von ihnen die Sicherheit der Gasverſorgung abhängt. Während in den Abendſtunden die Gasabgabe die ſtündliche Gaserzeugung weſentlich überſteigt, iſt zu den Tagesſtunden das Umgekehrte der Fall, weshalb der Ueberſchuß der Tageserzeugung im Gasbehälter aufgeſpeichert werden muß, um den Mehrbedarf des Abends ausgleichen zu können.

Der Gasbehälter muß 60—75% des 24ſtündigen Maximalbedarfes faſſen können; er beſteht aus einer unten offenen, ſchmiedeeiſernen Glocke (Fig. 1), die in einem bis nahe an den Rand mit Waſſer gefüllten Baſſin ſchwimmt und durch die Führung gezwungen wird, beim Auf- und Niederſteigen ſich ſtets vertikal zu bewegen. Von unten ſind zwei Rohre bis zur Höhe des oberen Randes in das Baſſin für den Ein- und Austritt des Gaſes geführt, die ſich an die in dem an das Baſſin angebauten Rohrſchacht befindlichen Waſſertöpfe anſchließen. Auf jedem Waſſertopf iſt je ein Steigrohr montiert, von denen die den Gasbehälter und die Betriebsräume verbindenden Rohrleitungen abzweigen. Innerhalb eines jeden Steigrohres iſt bis faſt auf den Grund des Waſſertopfes ein ca. 25 mm weites, ſchmiedeeiſernes Rohr hinabgeführt, auf das eine Waſſertopfpumpe (auch Siphonpumpe genannt) geſchraubt werden kann, um das im Topf etwa angeſammelte Waſſer zu entfernen. — Der Druck des durch das Eingangsrohr unter die Glocke eintretenden Gaſes hebt dieſe, und man läßt ſie ſo weit ſteigen, bis ihr unterer Rand nur noch genügend in das Waſſer eintaucht, damit das in der Glocke befindliche Gas nicht durchſchlagen und entweichen kann. Wird nun der Abſperrſchieber des Ausgangsrohres geöffnet, ſo entweicht durch dieſes das Gas unter einem von dem Eigengewichte der Glocke abhängigen Druck.

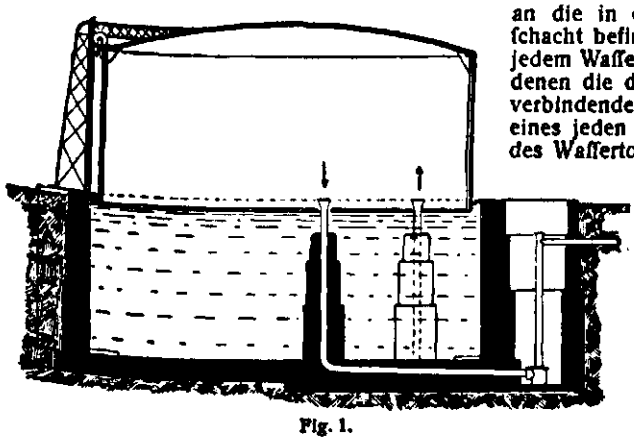


Fig. 1.

Die Baſſins werden entweder aus Mauerwerk, aus Stampfbeton oder aus Schmiedeeiſen hergeſtellt, früher vereinzelt auch aus zuſammengeſchraubten gußeiſernen Platten. Die gemauerten Baſſins waren am verbreitetſten, weil ſie, wenn in den Wandſtärken richtig dimenſioniert und ſorgfältig ausgeführt, von ſehr langer Dauer ſind und keinerlei Beaufſichtigung oder Reparatur bedürfen. Als Material verwendet man gute, gleichmäßig hartgebrannte Ziegelſteine oder auch Bruchſteine in Zementmörtel von der Miſchung 1 Teil Zement und 2 Teile Sand und überzieht das Innere mit einem 10—15 mm ſtarken, völlig glattgeriebenen Zementputz von der Miſchung 1 : 1. Mehrfach ſind auch Baſſins von Stampfbeton erbaut worden, die ſchwächere Dimenſionen haben können und billiger ſind als gemauerte. Hauptbedingungen für die Haltbarkeit dieſer Baſſins ſind Materialien beſter Güte und größte Gewiſſenhaftigkeit bei der Ausführung. Als Miſchungsverhältnis pflegt man zu nehmen: 1 Teil Zement, 5—8 Teile Kiesſand und 5—8 Teile Kiesſteine oder 6—10 Teile harten Steinſchlag. — Bei den jetzt viel angewendeten ſchmiedeeiſernen Baſſins unterſcheidet man ſolche mit flachem Boden und ſolche mit zugänglichem Kugelboden (Syſtem Intze). Erſtere Konſtruktion wird auf eine gemauerte oder durch Sandſchüttung abgeglichene ebene Fläche geſtellt, hat aber den Nachteil, daß man undichte Stellen im Boden

nicht finden und beſeitigen, auch den Anſtrich nicht erneuern kann, ſowie ferner, daß bei ſchlechtem Baugrund eine koſtſpielige Fundierung der ganzen Baſſinfläche nötig iſt. Intze gibt den Baſſins eine ringförmige Unterſtützung (Fig. 2) und einen kugelförmigen Boden, durch den einerſeits der Waſſerinhalt verringert wird und der anderſeits imſtande iſt, große Waſſermengen zu tragen. Bei Ausführung in großen Dimenſionen wird der Boden aus Kugel- und Kegelflächen zuſammengeſetzt. Das Baſſin wird auf eine Ringmauer geſetzt, in der ſich eine Tür befindet, durch die der Raum unter dem Boden zugänglich iſt und als Lagerraum verwendet werden kann. — Welche der genannten Baſſinarten den Vorzug verdient, hängt von örtlichen Verhältniſſen ab; bei ſchlechtem Baugrund, wo Bewegungen des Baſſins zu befürchten ſind und man koſtſpielige Fundierungen vermeiden will, wird man eiſerne Baſſins und insbeſondere das Syſtem Intze vorziehen.

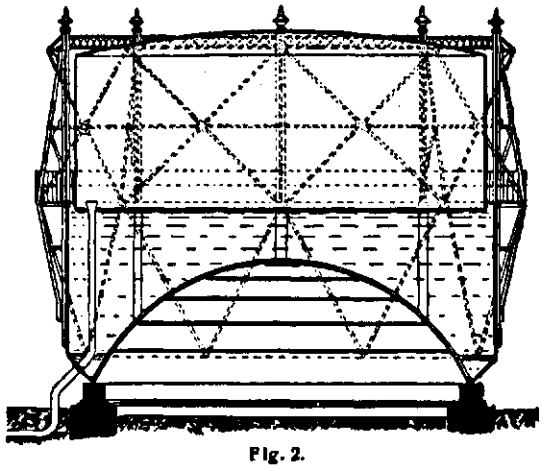


Fig. 2.

Fig. 3.

Der Glocke nach unterſcheidet man einfache und mehrfache oder Teleſkopbehälter. Bei den einfachen Behältern (Fig. 1) befindet ſich in dem Baſſin eine einfache Glocke, während bei den zweifachen noch ein zur Glocke konzentriſcher Ringmantel von etwas größerem Durchmeſſer vorhanden iſt; die Glocke trägt an ihrem unteren Rande (Fig. 3) nach außen zu eine Taſſe *a*, in die der Rand *b* des Ringes eingreift, ſobald die Glocke ganz gefüllt iſt, bei weiterer Gasfüllung wird der Ring von der Glocke mitgenommen, ſo daß eine Glocke von faſt doppelter Höhe entſteht. Auf großen Werken werden auch dreifache Glocken gebaut. Bei der großen Höhe der ganz ausgezogenen mehrfachen Glocken pflegt man dieſelben zum Schutze gegen äußere Einflüſſe (Sturm u. ſ. w.) mit einem Gebäude zu umgeben (ſ. Fig. 4), während bei einfachen Behältern dieſes nur vereinzelt in ſehr kalten Gegenden geſchieht. Demnach unterſcheidet man freiſtehende und umbaute Behälter. — Während der erſten Periode des Steigens ſchwimmt die Glocke im ſtabilen Gleichgewicht und geht bei weiterem Steigen in das labile Gleichgewicht über. Um nun durch Einwirkung äußerer Kräfte eine Schiefſtellung zu vermeiden, bedarf die Glocke einer äußeren Führung. Man kann zwei Hauptgruppen von Führungen unterſcheiden, je nachdem beim Heben und Senken die Glocke ſich gleichzeitig um ihre Achſe dreht, jeder Punkt ihres Mantels alſo eine Schraubenlinie beſchreibt, oder nachdem ſie ſich nur geradlinig hebt und ſenkt. Bei der erſten, ſehr ſelten angewendeten Gruppe ſind nach dem Patent von Gadd in Mancheſter (Fig. 5) in dem Baſſin ſchraubenförmig gebogene Schienen *a* angebracht, die beiderſeits von unten an der Glocke befindlichen Rollenpaaren *b* gefaßt werden. Zwiſchen je zwei Rollenpaaren ſind noch einfache Rollen *c* vorhanden, die an der Baſſinwand gleiten, um ein Anſtoßen des unteren Glockenrandes an dieſe zu verhüten. Weit wichtiger

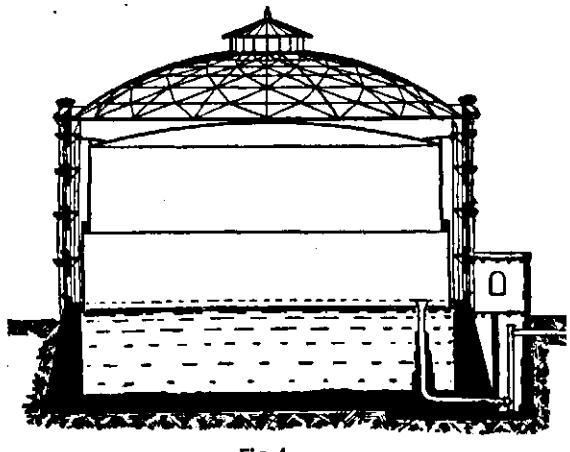


Fig. 4.

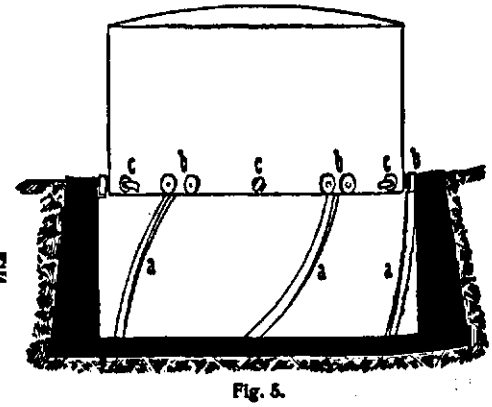


Fig. 5.

und allgemein gebräuchlich iſt die zweite Gruppe, bei der an auf dem Baſſinrand errichteten gußeiſernen Säulen oder ſchmiedeeiſernen Böcken ſenkrechte Schienen befeſtigt ſind, an denen die Glocke mittels Rollen auf und nieder gleitet. Je nach Stellung der Rollenebenen zur Glocke unterſcheidet man Radialführung und Tangentialführung. Bei erſterer ſind die Rollen mit tiefer Nut verſehen, in welche die Führungsſchiene mit etwas Spielraum hineinpaßt; am unteren Glockenrand ſind walzenförmige Rollen angebracht, die an den an der inneren Baſſinwand angebrachten Flacheiſenſchienen gleiten. Sowohl die oberen als auch die unteren Rollen müſſen etwas Spielraum haben, um der Ausdehnung der Glocke durch Temperaturunterſchiede Rechnung zu tragen. Die unteren Rollen haben, weil unter dem Waſſer liegend, den Nachteil, nicht

zugänglich und sehr schwer reparaturfähig zu sein. — Bei der Tangentialführung sind auf dem oberen Rande der Glocke je zwei Rollen angebracht, deren gemeinsame Mittelebene tangential zum Glockenmantel liegt; zwischen beiden Rollen befindet sich die Führungsschiene, an der diese beiderseits gleiten. Zur unteren Führung sind am Fuße des Führungsbockes ebenfalls ein Paar Tangentialrollen angebracht, die an einer außen am Glockenmantel befestigten Schiene gleiten. Die Anzahl der Führungsböcke, die oben durch meist gitterförmige Traversen und häufig auch noch durch einen Diagonalverband miteinander verbunden sind, richtet sich nach der Größe der Glocke. — Von dem Engländer Peafe ist vor einigen Jahren eine Seilführung konstruiert und von Intze wesentlich verbessert worden (Fig. 6). Eine Reihe von Seilen ist in der Richtung abwechselnd so angeordnet, daß jedes Seil ein dem vorhergehenden entgegengesetztes Kraftmoment aufnehmen kann. Jedes Seil ist mit dem einen Ende am oberen, mit dem andern am unteren Glockenrand befestigt und über zwei auf dem Bassinrand angebrachte Rollen geführt, wie Fig. 6 zeigt. Durch im Innern der Glocke angebrachte Diagonalversteifungen von dem oberen Angriffspunkt des einen Seiles zum unteren des nächsten Seiles werden alle im Oberring auftretenden Kräfte von diesem nach dem Unterring übertragen. Da die Seile in jeder Stellung der Glocke gespannt bleiben, so kann ein Kippen der letzteren nicht eintreten. Ferner sind am Behälterrand noch Radialrollen zur Aufnahme des Radialdruckes angebracht. — Außer den genannten Anordnungen sind auch schräggestellte Rollen zur Verwendung gekommen, z. B. bei dem 1892 fertiggestellten sechsseitigen Riesenbehälter in East Greenwich [1]. — Hacker legt bei seiner Konstruktion (D.R.P. Nr. 80715) um den Behälter Ringe, die mit diesem durch Stützen verbunden sind, und überträgt die auf den Behälter wirkenden äußeren Kräfte durch die Ringe auf nur drei voneinander gänzlich getrennte, von Führungsrollen umfaßte Ständer. Die Uebertragung der auf den unteren Teil des Behälters wirkenden Kräfte geschieht ebenfalls mittels umgelegter Ringe auf einzelne Stellen der Bassinwand [2]. Darüber, ob Tangential- oder Radialführung die zweckmäßigste sei, gehen zurzeit die Meinungen noch auseinander [3], [4].

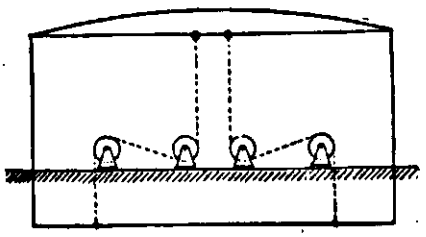


Fig. 6.

Die Dächer zum Zweck der Abdeckung von Gasbehältergebäuden werden meist als Kuppeln (vgl. Dach, Bd. 2, S. 497) ausgebildet [5]—[7].

Literatur: [1] Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingen. 1894, S. 698 u. 699. — [2] Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1896, S. 93. — [3] Ebend. 1895, S. 207. — [4] Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingen. 1893, S. 1186. — [5] Wist, Gasbehälter in Wien vor der Favoritenlinie, Wiener Baukonstruktionen. — [6] Schwedler, Dachkonstruktion zum Gasbehältergebäude der Imp. cont. Gas-Assoziat., Zeitschr. für Bauwesen 1863. — [7] Derf., Städtische Gasbehälter, ebend. 1866. — [8] Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung (diverse Jahrg.). *Schaar.*

Gasbeleuchtung, die Benutzung des durch Verbrennen von Gasen aus Steinkohlen (auch von Abfällen, Braunkohlen, Fett, Harz, Holz, Petroleum, Torf u. s. w.) entstehenden Lichtes zur Erhellung von Räumen.

Um die zur Beleuchtung eines Raumes für bestimmte Zwecke nötige Flammenzahl zu ermitteln, muß zunächst die erforderliche Helligkeit festgestellt und darüber, ob direkte oder indirekte Beleuchtung anzuwenden ist, entschieden werden.

Bei der direkten Beleuchtung werden die Strahlen der Lichtquelle unmittelbar in dem zu beleuchtenden Raume zerstreut, während bei der indirekten Beleuchtung die sämtlichen Strahlen der gegen das Auge abgeblendeten Lichtquelle nach der Decke geworfen und von dieser reflektiert werden. Bei letzterer Beleuchtungsart unterscheidet man halb zerstreute und ganz zerstreute Beleuchtung. Bei ersterer wird durch halbdurchscheinende Reflektoren ein Teil des Lichtes nach der Decke geworfen und von dieser zerstreut reflektiert, während der andre Teil direkt nach unten fällt; bei der ganz zerstreuten Beleuchtung wird die ganze Lichtmenge mittels undurchsichtiger Reflektoren nach der Decke geworfen und von dieser sowie den Wänden gleichmäßig im Raume verteilt.

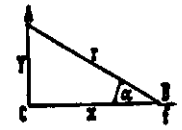


Fig. 1.

Seither pflegte man für die Einheit der Bodenfläche eine bestimmte Helligkeit anzunehmen und rechnete auf 1 qm Grundfläche 2½—3 Kerzen Leuchtkraft der Lichtquelle, wobei die Flammenhöhe 0,2 $(a + b)$, wenn a und b Länge und Breite des Raumes sind, über dem Fußboden angenommen wurde. Nach den heutigen Anforderungen an die Beleuchtung, nach denen eine bestimmte Platzhelligkeit je nach dem Zweck, dem der Raum dienen soll, verlangt wird, müssen Lichtstärke und Höhenlage der Lichtquelle anders berechnet werden. Die Einheit der Beleuchtung einer Fläche ist die Meterkerze oder Lux, d. i. die Helligkeit, die eine weiße Fläche von der Lichteinheit in 1 m senkrechtem Abstand empfängt. Cohn-Breslau verlangt 10 Lux als geringste zum Lesen erforderliche Platzhelligkeit und 50 Lux, um eine Schrift ebenso gut lesen zu können wie bei Tageslicht. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß diese Helligkeiten für rotes Licht gelten und denselben für weißes Licht 25 bezw. 125 Lux entsprechen, und weiter ist zu beachten, daß Cohn die englische Normalkerze zugrunde legt, während bei der jetzt allgemein gebräuchlichen Hefnerkerze diese Helligkeiten sich für weißes Licht auf ca. 28,5 bezw. 142,5 Lux stellen. Als Regel für die Praxis kann man annehmen für Räume, in denen geschrieben und gelesen werden soll, 30—50 Lux, und für solche, in denen Zeichnungen und feine Handarbeiten zu fertigen sind, 50—80 Lux. Befindet sich im Punkt A (Fig. 1) eine Lichtquelle von der Intensität J in der Höhe y über der Tischfläche, so ist die Helligkeit im

Punkte B der um x seitlich entfernten Fläche f $H = J \sin \alpha : r^2 = J y : (x^2 + y^2)\sqrt{x^2 + y^2}$. Kennt man die Lichtstärke einer Lichtquelle unter verschiedenen Winkeln, so kann man hiernach deren Lage berechnen, um eine bestimmte Helligkeit im Punkte B zu erzielen; auch läßt sich hiernach berechnen, welche Intensität eine in A anzubringende Lichtquelle haben muß, um in B eine bestimmte Helligkeit zu erhalten. Steht die zu beleuchtende Fläche senkrecht zu den Lichtstrahlen, so wird $\alpha = 90^0$ und $H = J : r^2$. Hat man es mit einer vertikalen Fläche zu tun, so ist $H = J \cos \alpha : r^2$. Bei der Straßenbeleuchtung kann man 0,1—5 Lux annehmen, für gewöhnliche Verhältnisse 0,55 Lux. Das Maximum liegt direkt unter der Laterne, das Minimum in der Mitte zwischen zwei Laternen, und zwar beträgt, wenn h die Höhe und l die Entfernung der Laternen voneinander ist: $H \min = 2 J : (h^2 + 0{,}25 \cdot l^2)$; es ist $H \max = J : h^2$. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Beleuchtung ist die Höhe der Laternen von großer Wichtigkeit, da bei größerer Höhe der Unterschied zwischen dem Maximum und dem Minimum geringer wird. Es wird auch durch kleinere Lichtquellen in geringeren Entfernungen eine gleichmäßigere Straßenbeleuchtung erzielt als durch größere Lichtquellen in weiteren Entfernungen. Zur Beleuchtung eines Platzes sind dagegen stärkere Lichtquellen vorteilhafter. Man verteilt sie am günstigsten so, daß sie an den Ecken von gleichschenkligen Dreiecken stehen; das Minimum der Beleuchtung liegt dann im Schwerpunkt eines jeden Dreiecks und beträgt, wenn a die Dreieckseite, $H \min = 3 J : (h^2 + 0{,}33 \cdot a^2)$.

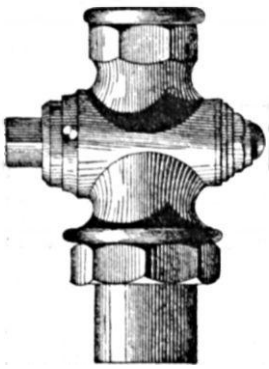


Fig. 2.

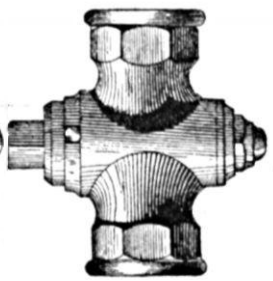


Fig. 3.

Fig. 6. Fig. 7.

Fig. 8.

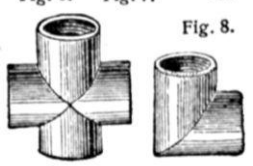


Fig. 10. Fig. 11.

Fig. 4.

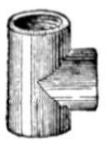


Fig. 9.

Fig. 12.

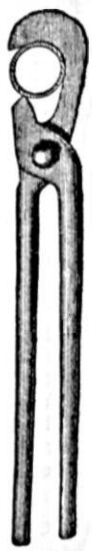
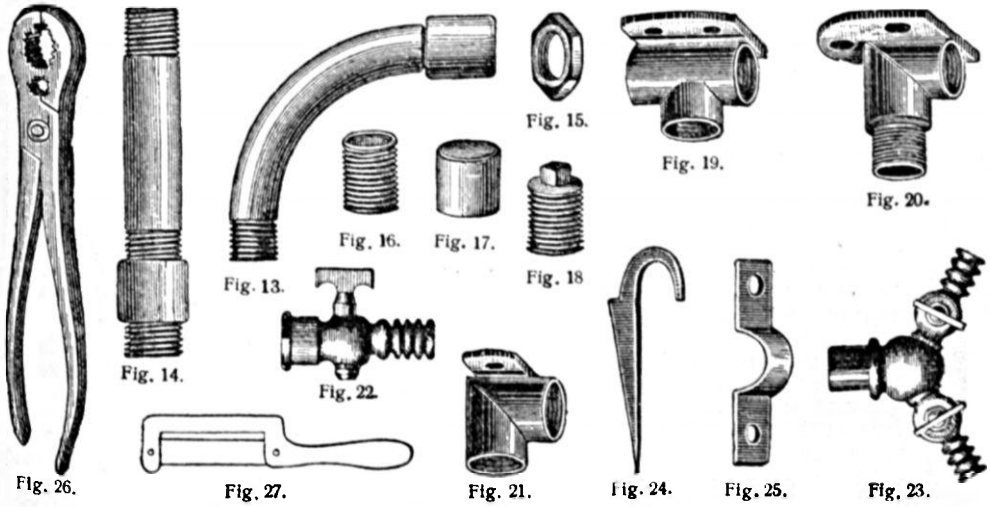


Fig. 5.

Die Flammen werden mit Glasglocken umgeben, um das Auge vor Blendung zu schützen, oder man verwendet zur Konzentrierung des Lichtes Reflektoren. Durch Absorbierung von Licht geben die Glasglocken einen Lichtverlust, der bei Milchglasglocken 40—60 % beträgt, bei Ueberfangglocken (das sind Glocken aus gewöhnlichem Glase, überzogen mit einer dem Milchglas ähnlichen Schicht) ca. 36 %, bei mit Flußsäure matt geätzten Glocken ca. 36 %. Viel Licht absorbiert die sogenannte Tellerbeleuchtung, bei der sich unter der Flamme ein Mattglasteller befindet, auf den sich die Glocke setzt. Durch Schirme und Reflektoren wird die Helligkeit direkt unter der Lampe gesteigert. Vielfach werden auch Reflektoren aus Metall, Spiegelglas u. s. w. angebracht, um zur Erzielung gleichmäßiger Beleuchtung von Arbeitstischen das Licht zu zerstreuen, wobei aber störende Schlagschatten unvermeidlich sind, ein Uebelstand, der durch die Elsterschen Lamellenreflektoren oder Blendscheinwerfer vermieden wird.

Um ein **Gebäude** mit Leuchtgas zu versorgen, wird ein von der Straßenleitung abzweigendes Zuführungsrohr in dasselbe geleitet und mit dem Eingangsstutzen des Gasmessers verbunden; am Gasmesserausgang schließt sich die Hausleitung an, so daß das Gas in diese nur durch den Gasmesser gelangen kann. Vor dem Gasmesser wird in die Leitung ein Haupthahn (Fig. 2 und 3) eingeschaltet, um das ganze mit Gas versorgte Gebäude von der Straßenleitung abschließen zu können. Die Verbindung des Gasmessers mit der Zuleitung sowie mit der Hausleitung geschieht durch kurze Bleirohrstücke, die beiderseits mit den Verschraubungen (Fig. 4) verlötet werden; die Hausleitungen werden aus gezogenen schmiedeeisernen Rohren hergestellt. Durch sämtliche Stockwerke wird ein Steigrohr aufwärts geleitet, von dem sich die Leitungen für die einzelnen Stockwerke abzweigen. Die Rohre haben an den beiden Enden äußeres Gewinde und werden durch die Verbindungsstücke, auch Fittings genannt, die mit innerem Gewinde versehen sind, untereinander verbunden. Zur Herstellung einer gasdichten Verbindung legt man um das Gewinde einige Hanffäden, bestreicht dasselbe mit Mennige und schraubt mit Hilfe der Rohrzange (Fig. 5) das Verbindungsstück fest auf das Rohr. Je nach dem Zwecke, dem sie dienen sollen, sind die Verbindungsstücke sehr verschiedenartig. Handelt es sich darum, zwei Rohre gleicher Weite zu verbinden, so bedient man sich der Muffe (Fig. 6), während die Reduktions- oder Verjüngungsmuffen (Fig. 7) angewendet werden, wenn die beiden Rohre verschiedene Durchmesser haben. Flanschen (Fig. 8) werden bei Gasleitungen selten als Verbindung benutzt. Um von einer geraden Strecke eine Leitung abzuzweigen, setzt man in erstere ein T-Stück (Fig. 9) ein, während Kreuzstücke (Fig. 10) angewendet werden, wenn von einem Punkte nach vier verschiedenen Richtungen Leitungen ausgehen. Sollen die Enden zweier Leitungen, deren Richtungen zueinander senkrecht sind, miteinander verbunden werden, so nimmt man dazu Winkelstücke, die entweder scharfkantig (Fig. 11) oder abgerundet (Fig. 12) sind; auch kann man hierzu Bogenstücke (Fig. 13) verwenden. Um eine gerade Leitung leicht auseinander nehmen zu können, schaltet man in dieselbe ein Lang-

gewinde (Fig. 14) ein, d. i. ein kurzes Rohrſtück, das an dem einen Ende ein normales, am andern ein Gewinde von doppelter Länge mit einer Muffe von ebenfalls doppelter Länge trägt, die durch eine Gegenmutter (Fig. 15) feſtgeſtellt wird. Zwei Verbindungsſtücke mit innerem Gewinde werden verbunden durch Nippel (Fig. 16), das ſind kurze Stücke mit äußerem Gewinde, die je zur Hälfte in die zu verbindenden Stücke eingeſchraubt werden. Die Enden einer Leitung ſowie auch Oeffnungen in derſelben werden durch Kappen (Fig. 17) oder Pfropfen (Fig. 18) geſchloſſen. Zur Anbringung der Lampen ſchaltet man an den betreffenden Stellen T-Stücke oder, wenn es das Ende einer Leitung iſt, Winkel ein, die durch eine Holzrofette häufig verkleidet werden; bei beſſeren Ausführungen nimmt man T-Deckenſcheiben (Fig. 19) oder Kniedeckenſcheiben (Fig. 20 und 21), das ſind T- oder Knieſtücke mit angegoſſener



Scheibe, die mittels Schrauben an der Zimmerdecke u. ſ. w. befeſtigt werden. — Für Lampen, deren Stellung auf dem Arbeitstiſche beliebig verändert werden kann, befeſtigt man an den T- oder Winkelſtücken der Leitung einfache oder doppelte Schlauchhähne (Fig. 22 u. 23), über deren verlängerten und gerippten Anſatz ein Gummiſchlauch, der ſich feſt und gasdicht anſchließen muß, geſchoben und mit der Lampe verbunden wird. — Die Leitungen werden mit Rohrhaken (Fig. 24) oder mit Rohrbändern (Fig. 25) an den Wänden und Zimmerdecken befeſtigt und ſollen nach dem Gasmeſſer zu Gefälle haben, denn das Gas enthält Waſſerdampf, der ſich in den Leitungen kondenſiert und entfernt werden muß, weil ein Waſſertropfen in der Leitung ein läſtiges Zucken der Flammen hervorruft. Selten iſt es durchführbar, der geſamten Leitung nach dem Gasmeſſer Gefälle zu geben; dann ſind an geeigneten Stellen, namentlich an abwärts gerichteten Leitungen, Waſſerſäcke anzuordnen, das ſind kurze, abwärts gerichtete Rohrſtücke, die unten durch einen Pfropfen, eine Kappe, eine Waſſerſchraube, d. i. eine auf das Rohrende geſchraubte, durch eine Schraube geſchloſſene Meſſingkapſel, oder auch durch einen kleinen Hahn verſchloſſen werden und aus denen das angeſammelte Waſſer von Zeit zu Zeit abgelaſſen wird.

Jede Gasleitung ſollte vor der Benutzung auf ihre Dichtigkeit geprüft werden, indem man, nachdem alle Oeffnungen durch Pfropfen ſorgfältig geſchloſſen ſind, mit einer Kompreſſionspumpe Luft in dieſelbe pumpt, bis das Manometer einen Druck von 150—200 mm Waſſerſäule zeigt. Bleibt dieſer Druck einige Minuten unverändert, ſo iſt die Leitung dicht, im andern Falle muß man die Leckagen, die ſich häufig durch ein ſauſendes Geräuſch bemerkbar machen, aufſuchen und beſeitigen; kleine Leckagen findet man durch Beſtreichen der Rohre mit Seifenwaſſer. Das häufig beliebte Ableuchten der Leitungen iſt zu verwerfen, weil dadurch oft verheerende Exploſionen entſtehen. Nach erfolgter Dichtigkeitsprobe werden die Gaslampen an die betreffenden Verbindungsſtücke der Leitungen angeſchraubt, wobei zu beachten iſt, daß auch dieſe Verbindungen vollkommen gasdicht ſind. Beim Anſchrauben der Lampen und Aufſetzen der Brenner auf dieſe iſt die Brennerzange (Fig. 26) ein unentbehrliches Werkzeug; dieſe hat zwei verſchiedene Maulweiten mit innen gerippten Flächen für Gegenſtände von kleinerem und größerem Durchmeſſer.

Um bei ſehr ausgedehnten Hausleitungen einen gleichmäßigen Druck und damit einerſeits eine gleichmäßige Beleuchtung zu erzielen und anderſeits einer Gasverſchwendung vorzubeugen, ſchaltet man mitunter in der Nähe des Gasmeſſerausganges einen Druckregler in die Leitung ein. Zur Vermeidung einer Gasverſchwendung infolge zu ſtarken Druckes unter dem Brenner, der ſich bei Schnittbrennern durch Abzweigung von Zacken beiderſeits der Flammenfläche und bei Rundbrennern durch rötliche Färbung und Neigung zum Rußen zeigt, empfiehlt es ſich, unmittelbar unter dem Brenner einen Rheometer oder Verbrauchsregler (ſ. d.) einzuſchalten, weil mit dem Mehrverbrauch an Gas ſich die Leuchtkraft der Flamme nicht in demſelben Maße ſteigert. Zeigt der Schnittbrenner eine ganz unregelmäßige Flamme und einzelne Strahlen, ſo iſt der Brennerſchnitt durch Staub u. dergl. verſchmutzt, und man hat dann nötig, eine Brennerſäge, beſtehend aus einem feinen Stahlblatt, das entweder an einem Ende einen Griff hat oder in einer dem Geſtell einer Säge ähnlichen Faſſung

(Fig. 27) eingefpannt ift, einigemal durch den Brennerfchnitt hin und her zu ziehen. Bei Rundbrennern erkennt man die Verfchmutzung an der ungleichmäßigen Flammenhöhe des Mantelumfanges, und die Löcher find dann mit einer feinen Nadel zu reinigen.

Bei der **Beleuchtungseinrichtung der Theater** find die Leitungen für die Rampen, für die Kuliffen, für die Soffitten u. f. w. voneinander ganz unabhängig. Das Ausgangsrohr des Gasmeffers mündet in den auf der Bühne angebrachten Regulierapparat, d. i. ein horizontales Gußrohrftück mit fo vielen Stutzen, als verfchiedene Leitungen vorhanden find; auf jedem Stutzen fitzt ein Regulierhahn (Fig. 28), mit deffen Kücken eine Scheibe feft verbunden wird, die in ihrem halben Umfang mit Zähnen verfehen ift, in die eine Schnecke, deren Welle eine Handkurbel trägt, eingreift, während auf der andern Scheibenhälfte eine Skala angebracht ift, die erkennen läßt, wie weit die Durchlaßöffnung des Hahns geöffnet ift. Diefe Einrichtung geftattet, jeden gewünfchten Helligkeitsgrad genau einftellen zu können.

Die Einrichtung der **Straßenbeleuchtung** ift wefentlich einfacher. Die Laternen werden entweder auf Kandelaber oder auf Wandarmen aufgeftellt, indem ein Laternenfuß, der zwei, bei großen Laternen mehrere aufrechtftehende Arme hat, auf dem Kandelaber oder Wandarm und auf diefem der Unterteil der Laterne mittels Schrauben befeftigt wird. Die Kandelaber beftehen meiftens aus hohlen gußeifernen Säulen mit einem ca. 0,6—1,0 m langen, durchbrochenen Fuß, der in das Erdreich eingelaffen wird, während fchwere, mehrarmige Kandelaber eines gemauerten Fundamentes bedürfen; von Tillmanns in Remfcheid werden Kandelaber aus verzinktem Wellblech hergeftellt. Die Wandarme, auch Konfolen genannt, find meift aus Gußeifen, zuweilen auch aus Schmiedeeifen konftruiert und werden an den Gebäuden u. f. w. befeftigt. Das direkt an die Zuleitung angefchloffene Gasrohr wird im Innern des Kandelabers, bei Wandarmen an der Gebäudemauer, aufwärtsgeführt und trägt an feinem Ende dicht unter der Laterne den Laternenhahn (Fig. 29), an den fich das Brennerrohr, ein ca. 10 mm weites Meffingröhrchen, anfchließt, in das der Brenner geftecket oder das Gasglühlicht aufgefchraubt wird. Bisweilen erhalten die Laternen Doppelhähne (Fig. 30), von denen der obere ein Regulierhahn ift, mit dem die Flammengröße und der Gasverbrauch feftgeftellt werden follen. Diefe Regulierung ift unvollkommen, weil trotzdem Flammengröße und Gasverbrauch durch die Verfchiedenheit des Gasdruckes fchwanken. Man tut daher beffer, einen einfachen Brennerhahn zu nehmen und zwifchen diefem und dem Brennerrohr oder zwifchen Brennerrohr und Brenner einen Verbrauchsregler (f. d.) einzufchalten. Die Grundform der Laternen ift meift viereckig, fechseckig oder rund, nur bei großen Ausführungen bisweilen achteckig. Sie werden in verfchiedenartigen Größen aus Blech, Gußeifen oder Schmiedeeifen gefertigt und beftehen aus Unterteil und Dach. Das Unterteil befteht aus dem unteren und dem oberen Rahmen, die durch zwei oder mehr Stäbe verbunden find; bisweilen find an fämtlichen Ecken Verbindungsftreifen, die gleichzeitig die Falze für die Scheiben bilden. Bei der viel gebräuchlichen Verbindung durch zwei Stäbe ftoßen die Scheiben ftumpf aneinander und werden nur durch Falze an den Rahmen gehalten. Der untere Rahmen hat einen Mittelfteg mit Loch, durch welches das Brennerrohr in das Innere der Laterne geführt wird; die eine Rahmenhälfte ift durch eine feite Scheibe gefchloffen, die andre durch eine Tür, durch welche die Anzündelampe in die Laterne hineingefchoben wird. Das Dach ift mit dem Unterteil durch ein Scharnier verbunden und trägt einen Aufiatz, durch den die Verbrennungsprodukte entweichen und der mit einem Knopf oder dergl. gekrönt ift. Statt der hellen Dachfcheiben wendet man oft Milchglasfcheiben oder emaillierte Bleche an, um das Licht beffer nach unten zu reflektieren. Für die Intenfivbrenner von Siemens, Schülcke u. f. w. find befondere Laternen konftruiert von meift rundlicher Grundform mit kuppelförmigem Dach; die Mainzer Laternen haben eine Gruppe von Schnittbrennern mit Zündflamme und Nachtflamme, denen vorerwärmte Verbrennungsluft zugeführt wird, welche die durch Doppelwandungen gebildeten Hohlräume des Daches paffieren muß, um in die Laterne zu gelangen. Bei den neuerdings fehr beliebten Glasmantellaternen find die einzelnen Glasfcheiben durch einen

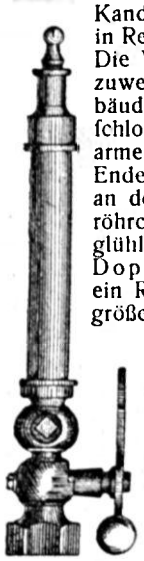


Fig. 30.

Fig. 29.

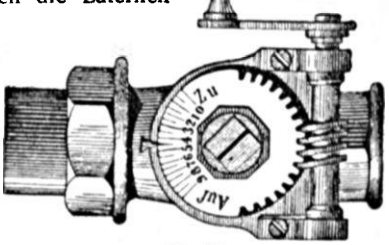


Fig. 28.

Fig. 31.

Fig. 32.

Fig. 33.

geschlossenen Glasmantel ersetzt, der entweder wie bei der Ritter-Laterne (Fig. 31) eine konische Gestalt hat oder nach unten kuppelförmig (Fig. 32) ist; bei der Rech-Laterne (Fig. 33) besteht derselbe aus einem Zylinder.

Hängelaternen werden an Arme gehängt und erhalten ihre Gaszuführung von oben; sie sind im übrigen ebenso konstruiert wie die obenerwähnten. Himmel in Tübingen hat für hoch anzuordnende Hängelaternen besondere Masten und Rohranordnungen konstruiert, die ein Herablassen der Laternen zur Bedienung ermöglichen.

Zur **Zündung** der Straßenlaternen bedient man sich der Anzündelampen, die aus einem Oel- oder Petroleumlämpchen bestehen, eingeschlossen in eine Blechhülse, die so beschaffen ist, daß das Lämpchen durch Zugluft nicht erlöschen kann, und auf einer Stange befestigt wird; an der Hülse sitzt ein Häkchen, mit dem der Laternenhahn geöffnet wird, und alsdann wird die Lampe von unten in die Laterne geschoben, damit das ausströmende Gas sich an derselben entzündet. Das Anzünden der Straßenflammen geschieht auch mittels der Rudolphschen Kletterzündung, bei der nach halbgehobenem Hahnhebel das Gas in eine Nebenröhre zum Brenner strömt, die, ähnlich wie die Illuminationskörper, mit vielen kleinen Löchern versehen ist. Das Gas wird dann außerhalb der Laterne mit einem Zündstock entzündet und brennt nun aus den vielen kleinen Löchern bis zum Brenner hinein. Alsdann wird der Hahn weiter geöffnet, und nun tritt das Gas zum Brenner, wo es sich an der in den Brenner hineinschlagenden Zündflamme entzündet. Gleichzeitig aber wird durch die Weiterdrehung des Hahnes die Gaszufuhr zum Zünderöhrchen abgesperrt, wobei alle Kletterflämmchen bezw. Zündflämmchen erlöschen. Neuerdings werden vielfach Bemühungen gemacht, die Straßenlaternen selbsttätig von einer Zentralstelle aus gleichzeitig anzuzünden und zu löschen. Entweder geschieht dieses auf elektrischem Wege, indem die Hahnstellung elektrisch und die Zündung durch einen Induktionsfunken bewirkt wird, oder es wird, wie es bei den meisten der neuen Konstruktionen der Fall ist, die Aenderung des Gasleitungsdruckes dazu benutzt, indem durch Erhöhung des Druckes der Brennerhahn sich öffnet und das ausströmende Gas sich an einem Zündflämmchen entzündet; bei einer bestimmten Druckminderung erlöschen die Abendflammen, während die Nachtflammen bei weiterer Druckabnahme erlöschen. Hierher gehören die Apparate von Nebendahl in Wandsbeck, die der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft, von Burgemeister in Celle, Rostin u. a. — Bei den Zünduhren (Deutsche Gaszünderfabrik, Elberfeld, Aktiengesellschaft für automatische Zünd- und Löschapparate in Zürich) wird das Oeffnen und Schließen des Brennerhahnes durch ein auf beliebige Zeit einstellbares Uhrwerk besorgt, und die Zündung wird an einem Dauerflämmchen bewirkt. — Bei der pneumatischen Gasfernzündung von Fr. Siemens in Dresden wird durch die mittels einer dünnen Leitung zugeführte Druckluft ein Quecksilber- oder Glyzerinventil beeinflußt, das den Gaszufluß öffnet oder schließt.

Für Innenbeleuchtung vermag man mit elektrischer Zündung einzelne Flammen oder ganze Flammengruppen durch Druck auf einen einzigen Druckknopf zu zünden oder zu löschen (Sonnenzünder der Elektrogasfernzündergesellschaft in Berlin, Gasfernzünder Lucifer von Lüttges u. Cie. in Köln, Multiplex u. a.). — Für Innenbeleuchtung bei zugänglichen Lichtquellen bewährt sich die Zündung durch Zündpillen. Diese bestehen aus Platinmoor, das beim Ausströmen des Gases durch Einwirkung des in diesem enthaltenen Wasserstoffes zum Glühen gebracht wird, so daß das nachströmende Gas sich an der Pille entzündet. Der vollkommenste Zünder dieser Art ist der „Fiat Lux" der Deutschen Gasglühlichtgesellschaft in Berlin. Vgl. a. Brenner, Gasfabrik, Gasglühlicht, Leuchtgas.

Literatur: [1] Cohn, Ueber den Beleuchtungswert der Lampenglocken, Wiesbaden 1885. — [2] Schilling, N. H., Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung, 3. Aufl., München 1879. — [3] Schilling, E., Neuerungen auf dem Gebiete der Erzeugung und Verwendung des Steinkohlenleuchtgases, München 1892. — [4] Schaar, Browns Vademecum für Gaskonsumenten, Stuttgart 1890. — [5] Derf., Kalender für Gas- und Wasserfachtechniker. *G. F. Schaar. H. Meininger.*

Gasblaubrenner, eine dem Bunsenbrenner (s. d.) entsprechende Einrichtung.

Durch künstliche Zuführung von Luft zur Gasausströmung erzielt man eine intensivere Wärme der blaubrennenden Flamme für verschiedene Zwecke, z. B. zur Erhitzung der Sengplatten bei Gewebeplättmaschinen u. s. w. *Bosshard.*

Gasbleiche, auch trockene Bleiche, bei der Papierfabrikation (s. d.) diejenige Bleichmethode, bei der die Entfärbung der Papierfasern durch Chlorgas in geschlossenen Räumen zur Ausführung kommt. *Kraft.*

Gascheck, Liderung für den Verschluß der Hinterladegeschütze (s. Verschlüsse der Geschütze).

Gaschen, in der Glacéledergerberei das Bewegen der enthaarten und geputzten Felle mit Stampfen oder mit einem drehbaren Schaufelrade in großen, mit Wasser gefüllten Fässern, um Unreinigkeiten aus den Fellen vollständig auszuwaschen. *Püssler.*

Gasdynamo, s. Dynamomaschine, Bd. 3, S. 187.

Gase, gasförmige Körper. Ein Körper wird als gasförmig bezeichnet, wenn er weder selbständige Gestalt noch selbständiges Volumen besitzt, wenn er sich nach allen Seiten ausbreitet, bis ihn feste Wände oder sonstige Widerstände daran hindern. Früher hielt man eine Reihe solcher Körper für

permanente Gaſe, d. h. man glaubte, daß ſie auf keine Weiſe in eine andre Aggregatform übergeführt werden könnten. Indeſſen ſprach ſchon Lavoiſier die Anſicht aus, daß ſich die atmoſphäriſche Luft durch große Kälte verflüſſigen ließe, und 1823 machte es Faraday durch Kondenſation einer Reihe bis dahin für permanent gehaltener Gaſe [2] für jedermann wahrſcheinlich, daß wirklich permanente Gaſe überhaupt nicht exiſtieren. 1877 wurden durch Cailletet in Paris und Pictet in Genf auch die letzten der damals bekannten Gaſe in Flüſſigkeiten und teilweiſe ſelbſt in feſten Zuſtand übergeführt [5]—[7], wobei Cailletet Drücke bis 300 Atmoſphären und plötzliche Verringerung derſelben (ſ. Adiabatiſche Zuſtandsänderung), Pictet Drücke bis 650 Atmoſphären bei —140° Temperatur zur Verwendung brachten. Der flüſſige Waſſerſtoff wurde bei den Verſuchen Cailletets in einem zarten Nebel vermutet und bei den Verſuchen Pictets nach Oeffnen eines Verſchlußhahns als Strahl beobachtet, aber erſt 1895 durch Olſzewski als ruhende Flüſſigkeit mit erkennbarem Spiegel und derart dauernd erhalten, daß der Siedepunkt bei 1 Atmoſphäre Druck (—252,5° nach Dewar) und die kritiſche Temperatur (—234,5°) feſtgeſtellt werden konnten (Naturforſcher 1895, S. 199, 506; vgl. Kritiſche Temperatur). Bis jetzt hat nur das Helium allen Kondenſationsverſuchen widerſtanden, obſchon es bis etwa —264° erkaltet wurde [23]. Seit dieſen Erfahrungen iſt der Begriff „Gas“ etwas ſchwankend geworden. Andrews z. B. ſchlug vor, gasförmige Körper als Dämpfe oder als Gaſe zu bezeichnen, je nachdem ſie ſich unterhalb oder oberhalb ihrer kritiſchen Temperatur befinden, je nachdem ſie alſo vom augenblicklichen Zuſtande aus durch bloßen Druck (ohne Temperaturänderung) in Flüſſigkeiten verwandelt werden können oder nicht. Oft verſteht man unter Gaſen lediglich ſchwer kondenſierbare gasförmige Körper. In der Wärmetheorie und vor allem in der geſamten Technik pflegt man jedoch von Gaſen insbeſondere dann zu ſprechen, wenn angenommen wird, daß für ſie das Boyle-Gay-Luſſacſche Geſetz (ſ. d.):

$$p\,v = R(273 + t) = R\,T \qquad 1.$$

mit genügender Genauigkeit gilt. So ſoll der Begriff „Gas“ auch hier in erſter Linie verſtanden ſein, womit alle mit der Verflüſſigung zuſammenhängenden Fragen ins Gebiet der Dämpfe verwieſen werden. Vgl. Dampf, Dampf, geſättigter, Dampf, überhitzter, kritiſche Temperatur u. ſ. w.

Bedeuten für ein Gas p den Druck in Kilogramm pro Quadratmeter (ſpezifiſcher Druck), v das Volumen von 1 kg in Kubikmetern (ſpezifiſches Volumen), c_p, c_v die unveränderlich angenommenen ſpezifiſchen Wärmen (ſ. d.) bei konſtantem Druck und konſtantem Volumen und $W = 1/A = 424$ das mechaniſche Wärmeäquivalent (ſ. d.), dann liefert die mechaniſche Wärmetheorie (ſ. d.) auf Grund von 1. die äußere Arbeit (ſ. d.) und die Aenderung der Energie im Körper (ſ. Energie) pro Kilogramm Gas in Meterkilogramm:

$$d\,L = p\,d\,v, \qquad d\,U = W c_v\,d\,t = \frac{d\,(p\,v)}{k-1}, \qquad 2.$$

und die Wärmezufuhr pro Kilogramm in Kalorien (ſ. d., Entziehung gleich negative Zufuhr):

$$d\,Q = A\,(d\,U + p\,d\,v) = \frac{1}{R}\,(c_v\,v\,d\,p + c_p\,p\,d\,v), \qquad 3.$$

$$d\,Q = c_v\,d\,t + A\,p\,d\,v = c_p\,d\,t - A\,v\,d\,p, \qquad 4.$$

wobei die Beziehung beſteht:

$$c_p - c_v = A\,R = (k-1)\,c_v, \qquad \text{mit } k = \frac{c_p}{c_v}. \qquad 5.$$

Dieſe Gleichungen ſind zunächſt an die gewöhnlichen Vorausſetzungen der Wärmetheorie gebunden, wonach alle von außen zugeführte oder entzogene Energie nur Arbeit oder Wärme darſtellen und keine Energie zu lebendiger Kraft verausgabt wird. Für atmoſphäriſche Luft ſind $R = 29{,}269$, $c_p = 0{,}23751$, $c_v = 0{,}16844$, $k = 1{,}41$; weitere Werte von R, c_p, c_v, k ſ. Boyle-Gay-Luſſacſches Geſetz und Spezifiſche Wärme. Für Kohlenſäure wären nach Regnault zu ſetzen $R = 19{,}141$, $c_p = 0{,}21627$, $c_v = 0{,}17110$, $k = 1{,}264$; doch erweiſt ſich für Kohlenſäure das Geſetz 1. keineswegs allgemein genügend.

Die vorſtehenden Gleichungen liefern für den Uebergang aus einem Anfangszuſtand p_1, v_1 in einen Endzuſtand p, v allgemein:

$$U - U_1 = W c_v\,(t - t_1) = R\,\frac{t - t_1}{k-1} = \frac{p\,v - p_1\,v_1}{k-1}, \qquad 6.$$

und z. B. bei konſtantem Drucke p: $\frac{v}{v_1} = \frac{T}{T_1}$, $L = p\,(v - v_1) = R\,(t - t_1)$,

$$Q = c_p\,(t - t_1), \qquad U - U_1 = p\,\frac{v - v_1}{k-1};$$

bei konstantem Volumen v neben $L=0$: $\frac{p}{p_1}=\frac{T}{T_1}$, $\quad U-U_1=WQ=v\frac{p-p_1}{k-1}$,

bei konstanter Temperatur T (isothermische Zustandsänderung) neben $U-U_1=0$:

$$p\,v=p_1\,v_1=RT, \qquad L=WQ=RT\log n\frac{v}{v_1}=RT\log n\frac{p_1}{p},$$

und wenn weder Wärme zugeführt noch entzogen wird (adiabatische Zustandsänderung) neben $Q=0$:

$$p\,v^k=p_1\,v_1{}^k, \qquad \frac{T}{T_1}=\left(\frac{v_1}{v}\right)^{k-1}=\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}},$$

$$L=U_1-U=\frac{p_1\,v_1-p\,v}{k-1}=\frac{p_1\,p_1}{k-1}\left(1-\frac{T}{T_1}\right).$$

Im letzten Ausdruck können für $T:T_1$ die darüberstehenden Werte gesetzt werden. Außer den jetzt erwähnten Zustandsänderungen kommen bei technischen Untersuchungen häufig solche nach Gesetzen der Form $p\,v^m=p_1\,v_1{}^m$ 7.

mit beliebigem konstanten m vor (polytropische Zustandsänderungen, s. d.). Es gelten dann neben 6. die Beziehungen:

$$\frac{T}{T_1}=\left(\frac{v_1}{v}\right)^{m-1}=\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{m-1}{m}}, \qquad Q=c\,(t-t_1),$$

$$L=R\frac{t-t_1}{m-1}=\frac{p_1\,v_1-p\,v}{m-1}=\frac{p_1\,v_1}{m-1}\left(1-\frac{T}{T_1}\right),$$

und kann im letzten Ausdruck wieder für $T:T_1$ sein darüberstehender Wert gesetzt werden. Die Zustandsänderungen nach Gesetzen der Form 7., für welche bei Gasen die spezifische Wärme $\frac{dQ}{dt}=c=\frac{m-k}{m-1}c_v$, also konstant ist, umfassen auch alle vorher erwähnten speziellen Fälle, indem bei konstantem Drucke $m=0$, bei konstantem Volumen $m=\infty$, für isothermische Zustandsänderungen $m=1$ und für adiabatische Zustandsänderungen $m=k$ ist. Durch eine Anzahl solcher Zustandsänderungen lassen sich beispielsweise die Indikatordiagramme bei der Beurteilung von Luft- und Gasmaschinen darstellen [31], S. 197, 199, 201, 283, 294.

Die kinetische Gastheorie [14], [20], [24], [26] beruht auf der schon von Daniel Bernoulli [1] verwerteten Anschauung, daß die Gasteilchen sich nach allen Seiten im Raume bewegen und der Gasdruck aus den Stößen dieser Teilchen auf die Wände resultiert. Wird nun angenommen, daß die Moleküle gar nicht aufeinander wirken und sich beim Stoße wie vollkommen elastische Kugeln verhalten, daß ihr Volumen gegen den Raum, in welchem sie verbreitet sind, verschwindet, und die absolute Temperatur (s. d.) proportional der mittleren lebendigen Kraft der fortschreitenden Bewegung der Moleküle ist, so liefert die Mechanik Gleichung 1. Das Boyle-Gay-Lussacsche Gesetz würde hiernach einem idealen Gaszustande entsprechen, welchem sich die wirklichen gasförmigen Körper um so mehr nähern, je mehr sie sich von ihrem Kondensationspunkte entfernen, was durch die Gesamtheit der Versuche bestätigt wird (vgl. Boylesches Gesetz, Gay-Lussacsches Gesetz, Boyle-Gay-Lussacsches Gesetz, Daltons Gesetz). Hat man es jedoch mit gasförmigen Körpern nicht nur bei stärkster Verdünnung, also besonders auch in der Nähe ihrer Verflüssigung zu tun, so macht sich der Einfluß der Ausdehnung und Wechselwirkung der Moleküle in Abweichungen von 1. bemerkbar, weshalb zuerst Hirn [4] an Stelle von 1. setzte:

$$(p+r)(v-b)=RT, \qquad p=\frac{RT}{v-b}-r, \qquad 8.$$

worin, wie in 1. $T=273+t$ die absolute Temperatur, R eine von der Körperart abhängige Konstante bedeuten. Diese Gleichung soll für den betreffenden Körper nicht nur im reinen Gaszustande bis zum Beginn der Kondensation (s. Dampf und Dampf, überhitzter), sondern auch im reinen Flüssigkeitszustande, aber nicht für Gemische von Dampf und Flüssigkeit (s. Dampf, gesättigter) gelten.

In Gleichung 8. wurde b bisher im allgemeinen konstant gesetzt (bei Hirn Summe der Atomvolumen im Raume v), während für r (Verringerung des Drucks p infolge der Wechselwirkung der Teilchen) auf Grund von Versuchen und Anschauungen der kinetischen Gastheorie eine ganze Reihe von Ausdrücken in Vorschlag kam. So wählten

Hirn [4], 3. Aufl., II, S. 214, mit konstanten a, k $\quad r=\frac{a}{(v-b)^k}$,

van der Waals [8], S. 62, mit konstantem B $\quad r=\frac{B}{v^2}$,

Clausius [14], S. 194, mit konstanten K, c $\quad r=\frac{K}{T(v+c)^2}$,

Sarrau [11], S. 943, mit konstanten K, c, ε $\quad r=\frac{K_\varepsilon-T}{(v-c)^2}$.

Nur Amagat [19], S. 569, glaubte mit Rücksicht auf Versuchsresultate für Wasserstoff auch b variabel annehmen zu sollen, und zwar $r=C\frac{v-\varepsilon}{v^m}$, $\quad b=a-\beta(v-\alpha)^n$,

bei konstanten $C, \varepsilon, m, \alpha, \beta, n$. Die Gleichungen von van der Waals, Clausius, Sarrau, bei deren Aufstellung besondere Rücksicht auf Versuchsergebnisse mit Kohlensäure genommen wurde, haben auch in der Technik Beachtung gefunden. Werden wie oben p in Kilogramm pro Quadratmeter, v in Kubikmeter pro Kilogramm ausgedrückt, so wären nach den Angaben der genannten Autoren für Kohlensäure zu setzen:

bei van der Waals $R=19{,}333$, $B=23{,}260$, $b=0{,}001167$,
" Clausius $R=19{,}273$, $K=5533$, $b=0{,}000426$, $\beta=0{,}000494$,
" Sarrau $R=19{,}209$, $K=44{,}048$, $b=0{,}000584$, $\beta=0{,}000357$, $\varepsilon=1{,}00285$,

doch ſind die Konſtanten je nach den berückſichtigten Verſuchen und dem beanſpruchten Gültigkeitsbereich auch anders gewählt worden. Auf Grund der Gleichung von Clauſius und mit deſſen Konſtanten hat Blühmke eine Tabelle berechnet [12], welche für 0,001—1 des Volumens bei 1 Atmoſphäre Druck und 0° Temperatur die Drücke p in Atmoſphären bei Temperaturen von 0—40° gibt. Für Waſſerdampf fand Clauſius obigen Ausdruck von r zur Darſtellung der Verſuchsreſultate von Regnault ungenügend, weshalb er mit konſtantem b weiter gab [14], S. 237: $r = \frac{MT^{-\mu} - N}{(v+c)^2} RT$ mit konſtanten M, N, c, μ.

Im Anſchluß an dieſen Ausdruck nahm Battelli [18] auf Grund ſeiner ausgedehnten Verſuche mit überhitztem und geſättigtem Waſſerdampf an:

$$r = \frac{mT^{-\mu} - nT^{\nu}}{(v+c)^2} \text{ mit konſtanten } m, n, c, \mu, \nu,$$

worin für p in Kilogramm pro Quadratmeter, v in Kubikmetern pro Kilogramm:

$R = 46{,}647, \quad m = 778{,}896, \quad n = 0{,}10485,$

$b = 0{,}000742, \quad c = 0{,}001137, \quad \mu = 0{,}22015, \quad \nu = 0{,}12235,$

doch laſſen ſich die Ergebniſſe von Battelli nach Tumlirz auch einfacher darſtellen (Bd. 2, S. 545).

Auf Grund von Zuſtandsgleichungen (Beziehungen zwiſchen p, v, t) der Form 8. laſſen ſich die Gleichungen der mechaniſchen Wärmetheorie in ähnlicher Weiſe ſpezialiſieren, wie dies oben auf Grund von 1. geſchah. So entſprechen der Gleichung von van der Waals, welche am einfachſten iſt und bei geeigneter Wahl der Konſtanten faſt allen Verſuchen genügend angepaßt werden kann, an Stelle von 2., 4., 5.:

$$dL = p\,dv, \qquad dU = Wc_v\,dt + B\frac{dv}{v^2}, \tag{9.}$$

$$dQ = c_v\,dt + A\left(p + \frac{B}{v^2}\right)dv = c_p\,dt - \frac{c_p - c_v}{R}(v - b)\,dp, \tag{10.}$$

$$(c_p - c_v)\left(p - \frac{B}{v^2} + \frac{2Bb}{v^3}\right) = AR\left(p + \frac{B}{v^2}\right), \tag{11.}$$

und mit einem Mittelwert von c_v an Stelle von 6:

$$U - U_1 = Wc_v(t - t_1) - \frac{B}{v} + \frac{B}{v_1}, \tag{12.}$$

während die Gleichungen von Clauſius, Sarrau u. ſ. w. weſentlich umſtändlichere Ausdrücke liefern. Man hat ſich deshalb bisher bei techniſchen Unterſuchungen gasförmiger Körper ohne Flüſſigkeitsbeimiſchung, wenn die auf 1. beruhenden Gleichungen nicht mehr genügten, meiſt mit den unter Dampf, überhitzter, beſprochenen Näherungsformeln beholfen. Für die Kohlenſäure hat Mollier [22] aus den umfaſſenden Verſuchen von Amagat [15], [16] durch graphiſche Interpolation eine Tabelle gewonnen, welche für Temperaturen von —20 bis 150° und Drücke von 20—150 kg pro Quadratzentimeter (20—150 Neuatmoſphären oder 19,35 bis 145,17 Normalatmoſphären) die Volumen v von 1 kg in Kubikdezimeter gibt, und im Verein mit andern aus jenen Verſuchen entnommenen Reſultaten bei den auf die Kohlenſäure bezüglichen techniſchen Berechnungen Verwendung finden kann; ſ. a. Ausdehnungskoeffizient. Boyle-Gay-Luſſacſches Geſetz, Daltons Geſetz, Dampf, Kritiſche Temperatur, Kompreſſionskoeffizient, Spannungskoeffizient, Spezifiſche Wärme u. ſ. w, ſowie die folgenden Artikel.

Literatur: [1] Bernoulli, Hydrodynamica etc., Straßburg 1738, Sect. X (vgl. Poggendorffs Annalen 1859, X, S. 490). — [2] Faraday, On the condensation of several gases into liquides, Philosophical transactions, 1823, II, S. 189 (auch 1836, 1845, 1849). — [3] Regnault, Relations des expériences entreprises etc. pour déterminer les principales lois et données numériques qui entrent dans le calcul des machines à vapeur, I, Paris 1847; II, Paris 1862 (zugleich Bd. 21 und 26 der Mémoires de l'Acad. des sciences). — [4] Hirn, Théorie mécanique de la chaleur, 2. Aufl., Paris 1865, S. 196 (3. Aufl., Bd. II, Paris 1876, S. 211, 214). — [5] Cailletet, Sur la condensation des gaz réputés incoercibles, Comptes rendus etc., 1877, LXXXV, S. 1270 (ſ. a. S. 851, 1016, 1213, und 1878, LXXXVI, S. 97). — [6] Pictet, Expérience sur la liquéfaction de l'oxygène, Comptes rendus etc., 1877, LXXXV, S. 1214 (ſ. a. S. 1220, und 1878, LXXXV, S. 37); Liquéfaction de l'hydrogène, Comptes rendus etc., 1878, LXXXVI, S. 106). — [7] Pictet, Mémoire sur la liquéfaction de l'oxygène, la liquéfaction de l'hydrogène et sur les théories des changements des corps, Genève 1878. — [8] Van der Waals, Die Kontinuität des gasförmigen und flüſſigen Zuſtandes, deutſch von Roth, Leipzig 1881. — [9] Wroblewski und Olſzewski, Ueber die Verflüſſigung des Sauerſtoffs, Stickſtoffs und Kohlenoxyds, Wiedemanns Annalen 1883, XX, S. 243 (ſ. a. S. 860). — [10] Wroblewski, Ueber den Gebrauch des ſiedenden Sauerſtoffs, Stickſtoffs und Kohlenoxyds ſowie der atmoſphäriſchen Luft als Kältemittel, Sitzungsbericht der Wiener Akademie, 1885, XCI, S. 667. — [11] Sarrau, Sur la compressibilité des fluides, Comptes rendus etc., 1885, CI, S. 941 (ſ. a. S. 994, 1145). — [12] Blühmke, Tabelle zu der von Clauſius nach den Verſuchen von Andrews entwickelten Formel für die Zuſtandsgleichung der Kohlenſäure, Zeitſchr. d. Vereines deutſcher Ingenieure 1886, S. 110. — [13] Wroblewski, Die Zuſammendrückbarkeit des Waſſerſtoffs, Sitzungsbericht der Wiener Akademie, 1888, XCVII, S. 1321. — [14] Clauſius, Mechaniſche Wärmethorie, III, Die kinetiſche Theorie der Gaſe, Braunſchweig 1889—91. — [15] Amagat, Nouveau réseau d'isothermes de l'acide carbonique, Comptes rendus etc., 1891, CXIII, S. 446; Sur les lois de la dilatation des gaz sous pression constante, Comptes rendus, 1892, CXV, S. 771. — [16] Amagat, Mémoire sur l'élasticité et la dilatabilité des fluides jusqu'aux très hautes pressions, Annales de chimie et de physique 1893, XXIX, S. 68, 505. — [17] Violle, Lehrbuch der Phyſik, II, Mechanik der flüſſigen und gasförmigen Körper, Berlin 1893,

S. 735. — [18] Batteili, Sulle proprietà thermiche dei vapori, IV, Studio del vapor d'acqua, Memorie della reale accademia delle scienze di Torino, Serie II, Bd. 43, 1893, S. 63; Auszug: Annales de chimie et de phyſique, Serie VII, Bd. 3, 1894, S. 408. — [19] Amagat, Sur la pression interne des fluides et la forme de la fonction $\varphi(p, v, t) = 0$, Comptes rendus etc., 1894, CXVIII, S. 566 (f. a. S. 326). — [20] Kirchhoff, Vorleſungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1894. — [21] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, I, Allgemeine Phyſik und Akuſtik, Leipzig 1895, S. 498, II, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 108, 507, 862 u. f. w. — [22] Mollier, Ueber die kaloriſchen Eigenſchaften der Kohlenſäure u. f. w., Zeitſchr. f. d. geſamte Kälteinduſtrie 1896, S. 65, 90 (f. a. 1895, S. 66, 85). — [23] Olſzewski, Ein Verſuch, das Helium zu verflüſſigen, Wiedemanns Annalen 1896, LXI, S. 184. — [24] Boltzmann, Vorleſungen über die Gastheorie, Leipzig 1896—98. — [25] Pfaundler, Müller-Pouillets Lehrbuch der Phyſik und Meteorologie, Bd. 2, 2. Abt., Von der Wärme, Braunſchweig 1898, S. 100, 186, 257, 370 u. f. w. — [26] Meyer, O. E., Die kinetiſche Theorie der Gaſe, Breslau 1899. — [27] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, I, Leipzig 1902; II, Leipzig 1901. — [28] Weinſtein, Thermodynamik und Kinetik der Körper, I, Braunſchweig 1901, S. 121. — [29] Chwolſon, Lehrbuch der Phyſik, I, Braunſchweig 1902, S. 404; IV, Braunſchweig 1905, S. 223, 535, 787. — [30] Lorenz, Techniſche Wärmelehre, München und Berlin 1904, S. 1, 90, 468, 523. — [31] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, I, Stuttgart 1905, S. 122, 211; II, Stuttgart 1906. — [32] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Bd. 3, 1. Hälfte, Die Wärme, Leipzig 1906, S. 110, 208, 526. — Weitere Literatur ſ. unter den obenzitierten Stichworten.

Weyrauch.

Gaſe, gasförmige Körper. Avogadros Hypotheſe beſagt, daß ſämtliche Gaſe unter gleichen Bedingungen des Druckes und der Temperatur in der Volumeneinheit die gleiche Anzahl Moleküle beſitzen, d. h. daß die Dichten der Gaſe unter ſonſt gleichen Umſtänden ſich wie die Molekulargewichte verhalten.

Sie wurde 1811 von Avogadro aufgeſtellt, um den Gasgeſetzen eine einfache und anſchauliche theoretiſche Deutung zu geben, vor allem aber, um die bei chemiſchen Vereinigungen ſtattfindenden, nach einfachen Volumenverhältniſſen erfolgenden Verbindungen der Gaſe zu erklären. Auch heute noch bildet ſie eines der wichtigſten Fundamente der Molekularphyſik ſowie der geſamten chemiſchen Forſchung. Als logiſche Konſequenz ergibt ſie ſich aus den Annahmen der kinetiſchen Gastheorie. Die Uebertragung der Hypotheſe durch van't Hoff (1887) auf Löſungen, für die ſie lautet: Alle Löſungen enthalten bei gleichem osmotiſchen Druck und gleicher Temperatur in der Volumeneinheit gleich viel Moleküle, bildet die Grundlage der neueren Theorie der Löſungen. Auch auf dieſem Gebiete hat ſie ſich durchgehends bewährt.

Literatur: Die gebräuchlichen Lehrbücher der phyſikaliſchen Chemie, beſonders Nernſt, Theoretiſche Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903.

F. Krüger.

Gaſe, gasförmige Körper. Beſtimmung der Dichte. Die üblichen Methoden der Gasdichtebeſtimmungen laufen darauf hinaus, daß man entweder die in einem bekannten Volumen vorhandene Gasmaſſe wägt oder das von einer bekannten Gasmaſſe erfüllte Volumen mißt oder die Druckzunahme ermittelt, die ein von einer bekannten Subſtanzmenge entwickelter Dampf in bekanntem Volumen erzeugt; doch exiſtieren auch noch einige auf andern Prinzipien beruhende Methoden.

Man pflegt die Dichte eines Gaſes auf trockene atmoſphäriſche Luft von gleicher Temperatur und gleichem Druck zu beziehen. Da nach Avogadros Regel ſich die Dichten zweier Gaſe wie ihre Molekulargewichte verhalten, ſo liefert eine Gasdichtebeſtimmung das Molekulargewicht der betreffenden Subſtanz. Dieſer Hauptzweck der Gasdichtebeſtimmungen macht eine ſehr genaue Meſſung unnötig, da die prozentiſche Zuſammenſetzung der Subſtanz durch die chemiſche Analyſe bekannt iſt und die Gasdichtebeſtimmung meiſt nur die Entſcheidung zwiſchen den möglichen, weit unter ſich verſchiedenen Molekulargewichten geben ſoll.

1. Methode von Regnault: Man wägt einen großen Glasballon erſt leer, d. h. mit Luft gefüllt, dann mit dem betreffenden Gaſe gefüllt. Der Auftrieb, den das Glasgefäß als ſolches durch die Luft erfährt, wird durch einen an dem andern Wagebalken aufgehängten gleichgroßen Ballon kompenſiert.

2. Methode von Dumas (1827): Sie bildet die Uebertragung der Regnaultſchen Methode auf Subſtanzen, die bei gewöhnlicher Temperatur nicht gasförmig ſind. Ein leichter Glasballon mit ausgezogener Spitze wird leer gewogen, durch Auflaugen nach vorheriger Erwärmung mit wenig der zu unterſuchenden Subſtanz beſchickt, dieſelbe im Ballon verdampft, die Spitze zugeſchmolzen und der Ballon gewogen. Den Augenblick der vollſtändigen Verdampfung erkennt man an dem Aufhören des Ausſtrömens des Gaſes aus der Spitze. Das Volumen des Ballons wird ermittelt, indem man die Spitze unter Waſſer abbricht, ihn ſo mit Waſſer anfüllt und ihn gefüllt wägt. Die Abweſenheit von Luftblaſen im Ballon iſt ein Kriterium dafür, ob der Ballon vorher nur reines Gas enthalten hatte. Berechnung: Bedeutet m das Gewicht des mit Luft, m_1 dasjenige des mit dem Gaſe, m_2 dasjenige des mit Waſſer gefüllten Ballons, t und b bezw. t' und b' Temperatur und Barometerſtand im Augenblick des Zuſchmelzens bezw. der erſten Wägung, λ das Gewicht eines Kubikzentimeters Luft bei dem Druck b' und der Temperatur t', ſo iſt:

$$D = \left(\frac{m_1 - m}{m_2 - m} \cdot \frac{1}{\lambda} + 1\right) \frac{b'}{b} \cdot \frac{1 + 0{,}00367\, t}{1 + 0{,}00367\, t'}.$$

Da 1 ccm Luft bei 0° und 760 mm Druck 0,001293 g wiegt, iſt $\lambda = \frac{0{,}001293}{1 + 0{,}00367\, t'} \cdot \frac{b'}{760}$.

3. Methode von Gay-Luſſac und Hofmann (1868): Man läßt in die Leere eines Gefäßbarometers ein Fläſchchen mit gewogener Subſtanzmenge m aufſteigen, verdampft letztere durch Erwärmen und beſtimmt aus dem von dem Gaſe eingenommenen Volumen v bei t^0 die Dampfſchicht $D = \frac{m}{v} \cdot \frac{1}{\lambda}$. Wenn b der auf 0° reduzierte Barometerſtand, h die Höhe der Queckſilberſäule, e die Dampfſpannung des Queckſilbers iſt, ſo berechnet ſich λ aus

$$\lambda = \frac{0{,}001293}{1 + 0{,}00367\,t} \cdot \frac{b - h - e}{760}.$$

4. Methode von V. Meyer (1878): In eine mit einem längeren Anſatzrohr verſehene und auf eine über den Siedepunkt der zu unterſuchenden Subſtanz erhitzte Glasbirne läßt man durch eine geeignete Fallvorrichtung aus dem kaltgebliebenen Anſatzrohr die Subſtanz fallen. Dieſelbe treibt beim Verdampfen die als Sperrflüſſigkeit dienende Luft vor ſich her aus der Birne heraus. Dieſe Luft wird in einer Bürette u. ſ. w. gemeſſen und entſpricht in bezug auf das Volumen demjenigen Volumen, welches das Gas unter gleichen Druck- und Temperaturverhältniſſen einnehmen würde. Wenn m die Subſtanzmenge in Gramm, b der Druck in Millimetern, t die Temperatur, bei der gemeſſen worden iſt, v das gemeſſene Luftvolumen iſt, ſo ergibt ſich:

$$D = \frac{m}{b} \cdot \frac{760}{0{,}001273} \cdot \frac{1 + 0{,}004\,t}{v} = 587\,800\,\frac{m}{b\,v}\,(1 + 0{,}004\,t),$$

0,004 iſt anſtatt des Ausdehnungskoefflzienten 0,00367 geſetzt, um der Luftfeuchtigkeit Rechnung zu tragen. Eine Diffuſion des Gaſes in die darüberliegende Luft iſt nur dann für die Meſſung irrelevant, wenn das Gas dem Boyleſchen Geſetz gehorcht, d. h. ſich wie ein ideales Gas verhält. Iſt jedoch das Gas durch die Verdünnung mit Luft diſſoziiert, ſo gibt eine Diffuſion zu Fehlern Anlaß, da bei längerem Stehen noch fortwährend Luft aus dem Apparat verdrängt wird. Letztere Erſcheinung gibt zugleich ein qualitatives Kriterium darüber, ob ſich das Gas normal verhält oder ſich im Diſſoziationszuſtand befindet.

Auf abweichenden Prinzipien beruhen folgende beiden Methoden:

5. Methode von Bunſen: Gasdichten verhalten ſich nahe umgekehrt wie die Quadrate der Ausſtrömungsgeſchwindigkeiten, mit denen die Gaſe unter gleichem Druck aus enger Wandöffnung austreten. Man vergleicht die Zeit, die eine beſtimmte Gasmenge zum Ausſtrömen aus einem oben durch ein Metallblech mit ganz feiner Oeffnung geſchloſſenen und unten in Queckſilber tauchenden Glasrohr braucht, mit der Zeit, die ein gleiches Luftvolumen unter den gleichen Bedingungen erfordert. Das ausgeſtrömte Volumen wird an einem Schwimmer abgeleſen.

6. Methode von R. Wachsmuth [1]: Sie beſteht in der Beſtimmung der Tonhöhenänderung einer kleinen Labialpfeife, wenn dieſe von dem betreffenden Gaſe ſtatt von Luft durchſtrömt wird. Für die auf Luft gleich 1 bezogene Gasdichte d gilt die Formel:

$$d = \frac{\varkappa \cdot p\,(1 + 0{,}00367\,t) \cdot n_0^2}{\varkappa_0 \cdot p_0\,(1 + 0{,}00367\,t_0)\,n^2},$$

worin $\varkappa$ das Verhältnis der ſpezifiſchen Wärme bei konſtantem Druck und konſtantem Volumen, p den Druck, t die Temperatur des betreffenden Gaſes bedeutet und n die Schwingungszahl des bei ſeinem Ausſtrömen beobachteten Tones, die mit dem Index 0 bezeichneten Buchſtaben die entſprechenden Größen für Luft bedeuten. *Für die Dämpfe hochmolekularer Verbindungen* weicht $\varkappa$ wenig von 1,1 ab. Benutzt man Dampf von 100° und vergleicht mit Luft von Zimmertemperatur, ſo fallen die $\varkappa$-Werte und die Temperaturkorrektion fort, da ſich die Quotienten gegenſeitig ziemlich genau aufheben, und es gibt dann recht angenähert: $d = \frac{n_0^2}{n^2}$.

Für Gasdichtebeſtimmungen bei ſehr hohen Temperaturen iſt am meiſten das Meyerſche Luftverdrängungsverfahren geeignet. Bei Temperaturen bis zu 1700° haben Peterſon und Nilſon, ſpäterhin V. Meyer, Biltz u. a. Meſſungen ausgeführt. Birne und Anſatzrohr beſtanden dabei aus Platin oder Porzellan. Zur Beſtimmung der Temperatur maß man die beim Erhitzen verdrängte Luft und berechnete die Temperatur aus dem Ausdehnungskoefflzienten der Luft.

Neuerdings iſt es Nernſt unter Verwendung einer aus Iridium gefertigten Birne von etwa 3 ccm Inhalt gelungen, nach einem vereinfachten Meyerſchen Verfahren Gasdichtebeſtimmungen bis zu 2000° auszuführen. Die Birne wurde durch ein elektriſch geheiztes Iridiumrohr erhitzt, die verdrängte Luftmenge durch Verſchiebung eines Queckſilbertropfens in einer Glaskapillare gemeſſen. Zur Wägung der nur nach Bruchteilen eines Milligramms zählenden Subſtanzmenge diente eine nach Art einer Briefwage konſtruierte Mikrowage, deren Wagebalken an einem horizontal ausgeſpannten Quarzfaden befeſtigt war. Die Temperatur wurde aus der Lichtemiſſion nach den Strahlungsgeſetzen berechnet.

Gasdichtebeſtimmungen bei vermindertem Druck werden angewandt, wenn eine Temperaturerhöhung eine Zerſetzung der Subſtanz zur Folge haben würde, was die Molekulargewichtsbeſtimmung unmöglich machen würde. Malfatti und Schoop, Eykmann, Schall ſowie Lunge und Neuberg haben Methoden für ſolche Beſtimmungen angegeben. Beſonders bequem laſſen ſich Dampfdichtebeſtimmungen bei gewöhnlichem oder vermindertem Druck mittels des von Bodländer konſtruierten Gasbarofkops anſtellen.

Literatur: Kohlrauſch, Lehrbuch der praktiſchen Phyſik, 10. Aufl., Leipzig 1905; Nernſt, Theoretiſche Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903; Oſtwald, Allgemeine Chemie, Bd. 1, 2. Aufl. — [1] Wachsmuth, R., Boltzmann-Feſtſchrift, Leipzig 1904, S. 923. — [2] Nernſt, Zeitſchr. f. Elektrochemie, 1903, S. 622.

F. Krüger.

Gaſe, gasförmige Körper. Bewegung derſelben. Die S. 276 ſowie unter Dampf, geſättigter, und Dampf, überhitzter, angeführten Beziehungen genügen nicht, wenn es ſich um die Bewegung gasförmiger Körper

handelt. Im folgenden ſollen die entſprechenden Ergänzungen für ſtrömende Bewegungen gegeben werden, wobei jedoch neben den Grundgleichungen nur die wichtigſten Fälle berührt werden können. Als ſtrömende Bewegungen tropfbarer und gasförmiger Flüſſigkeiten bezeichnet man ſolche Bewegungen, die immer im gleichen Sinne ſtattfinden, im Gegenſatze zu ſchwingenden Bewegungen, wie wir ſie als Waſſerwellen, elaſtiſche Schwingungen u. ſ. w. beobachten. Es handelt ſich dabei beſonders um die Bewegungen jener Körper aus Gefäßmündungen und in ruhenden oder rotierenden Kanälen.

a) Grundgleichungen. Wir ſetzen die Bewegung hinſichtlich eines beliebigen Koordinatenſyſtems im Beharrungszuſtande voraus, ſo daß ſich die Verhältniſſe nicht mehr mit der Zeit, ſondern nur noch mit dem Orte ändern. Abgeſehen von dem Einfluſſe derjenigen Bewegungswiderſtände, die gewöhnlich als Reibungswiderſtände bezeichnet werden, iſt der ſpezifiſche Druck (Druck pro Flächeneinheit) für alle durch einen Punkt des gasförmigen Körpers gehenden Flächenelemente gleichgroß (Bd. 3, S. 111, 391). Für ein Maſſenteilchen vom ſpezifiſchen Volumen v (Volumen pro Gewichtseinheit) und der Geſchwindigkeit w möge er durch p bezeichnet ſein. Bedeuten während einer unendlich kleinen Bewegung des Teilchens dM die Arbeit der Maſſenkräfte (ſ. äußere Arbeit), dB die Arbeit zur Ueberwindung der erwähnten Bewegungswiderſtände, beide pro Gewichtseinheit, ſo liefert die Mechanik:

$$dh = dM - v\,dp - dB = dh - d(pv) + p\,dv - dB, \tag{1.}$$

worin

$$h = \frac{w^2}{2g}, \qquad w = \sqrt{2gh}. \tag{2.}$$

h iſt die lebendige Kraft des betrachteten Teilchens pro Gewichtseinheit, wird aber auch deſſen Geſchwindigkeitshöhe genannt, weil ein Körper, der von der Höhe h frei herabfällt, die Geſchwindigkeit w erlangt.

Im folgenden ſollen, ſoweit nichts Gegenteiliges bemerkt wird, Meter als Längeneinheit, Kilogramm als Gewichtseinheit gelten, ſo daß v in Kubikmeter pro Kilogramm und p in Kilogramm pro Quadratmeter einzuſetzen ſind. Wird nun, wie üblich, angenommen, daß die Widerſtandsarbeit dB vollſtändig in Wärme übergeht, die dem betrachteten Körperteilchen verbleibt, und werden dieſem außerdem dQ Kalorien (ſ. d.) Wärme pro Kilogramm von außen zugeführt, ſo beſteht nach der Wärmetheorie die Gleichung:

$$dQ + A\,dB = A(dU + p\,dv), \tag{3.}$$

womit aus 1.:

$$dh = dM - W\,de + W\,dQ. \tag{4.}$$

Hierin bedeuten $W = 1/A = 424$ das mechaniſche Wärmeäquivalent (ſ. d.), U die Eigenenergie (ſ. Energie) und e die Erzeugungswärme (ſ. d.) des Teilchens pro Kilogramm. Man hat für Gaſe der abſoluten Temperatur T (Bd. 4, S. 276):

$$A\,dU = \frac{A}{k-1}\,d(pv), \qquad de = \frac{k}{k-1}\,d(pv) = c_p\,dT, \tag{5.}$$

für geſättigte Dämpfe der ſpezifiſchen Dampfmenge x (Bd. 2, S. 539):

$$A\,dU = dq + d(x\varrho), \qquad de = dq + d(xr), \tag{6.}$$

für überhitzte Dämpfe der Ueberhitzung τ (Bd. 2, S. 544):

$$A\,dU = d(q+\varrho) + (c_p - AR)\,d\tau, \qquad de = d\lambda + c_p\,d\tau, \tag{7.}$$

doch werden für techniſche Unterſuchungen häufig in allen drei Fällen als genügend genau angenommen:

$$dU = \frac{1}{k-1}\,d(pv), \qquad W\,de = \frac{k}{k-1}\,d(pv) = k\,dU. \tag{8.}$$

In vorſtehenden Gleichungen hat man für Gaſe:

$$pv = RT, \qquad c_p - c_v = AR, \qquad k = \frac{c_p}{c_v}, \tag{9.}$$

für geſättigte Dämpfe:

$$v = x\,u + \sigma, \quad \text{bei Waſſerdampf von anfänglich } x_1 > 0{,}7 \qquad k = 1{,}035 + 0{,}1\,x_1, \tag{10.}$$

für überhitzten Waſſerdampf:

$$p(v-s) = R\tau \text{ oder } pv = R(T-P), \qquad k = \frac{c_p}{c_p - AR}. \tag{11.}$$

In vielen Fällen wirkt als einzige Maſſenkraft die Schwere. Wird dann die y-Achſe in die Richtung derſelben vertikal abwärts gelegt, ſo folgt:

$$dM = dy. \tag{12.}$$

Wirkt neben der Schwere die einer Rotation mit konſtanter Winkelgeſchwindigkeit ω um die y-Achſe entſprechende Zentrifugalkraft (Ventilatoren, Dampfturbinen), ſo hat man in Entfernung x von der Rotationsachſe, wo $u = \omega x$ die Umdrehungsgeſchwindigkeit bedeutet:

$$dM = dy + \frac{\omega^2}{g}\,x\,dx = dy + d\,\frac{u^2}{2g}. \tag{13.}$$

Bei Vernachläſſigung der Schwere gilt dieſe Gleichung mit $dy = 0$ auch für nicht vertikale Rotationsachſen.

Da die Gaſe und Dämpfe ſich nach allen Seiten auszubreiten ſtreben, ſo iſt man in der Aerodynamik weit eher als in der Hydrodynamik berechtigt, die Hypotheſe der Kontinuität anzuerkennen, wonach während der Bewegung in dem bewegten Körper keine leeren Räume entſtehen. Wenn nun zu irgend einer Zeit an beliebiger Stelle durch den dortigen Querſchnitt F des Körpers in der Sekunde G kg vom Zuſtande p, v, T mit der Geſchwindigkeit w ſtrömen, ſo drückt ſich das ſekundliche Durchflußvolumen daſelbſt aus:

$$V = Fw = Gv. \tag{14.}$$

Diese Beziehung wird gewöhnlich Kontinuitätsgleichung genannt. Sie gilt im allgemeinen nur annäherungsweise, da w und p, v, T nicht für alle Elemente eines Querschnitts gleichgroß zu sein brauchen, so daß man Mittelwerte einzuführen hat.

b) Widerstandskoeffizienten. Die Widerstände gasförmiger wie tropfbarer Flüssigkeiten sind in der Regel durch Erfahrungskoeffizienten zu berücksichtigen. Für irgend eine Strecke $s - s_1 = l$ des Weges eines betrachteten Teilchens liefert 1.:

$$h - h_1 = y - \int v\,dp - B. \qquad 15.$$

Wird nun gesetzt:

$$B = \zeta h = \zeta \frac{w^2}{2g}, \qquad 16.$$

so heißt ζ der Widerstandskoeffizient, ζh die Widerstandshöhe für die auf der Strecke l berücksichtigten Widerstände, wonach der Widerstandskoeffizient das Verhältnis der verbrauchten Widerstandsarbeit zur verbleibenden lebendigen Kraft darstellt oder auch das Verhältnis der Widerstandshöhe zur schließlichen Geschwindigkeitshöhe. Bei Berücksichtigung eines einzelnen Widerstandes wird der Widerstandskoeffizient meist auf die Geschwindigkeitshöhe unmittelbar nach Passieren des Widerstandes bezogen. Beispielsweise ermittelte Grashof aus Versuchen von Weisbach mit atmosphärischer Luft für eine rechtwinklige Knieröhre von $d = 0{,}014$ m innerem Durchmesser und etwa $3d$ Länge der Mittellinie des Kniestücks bei $w = 126{,}7$ m $\zeta = 1{,}028$, bei $w = 71{,}5$ m $\zeta = 0{,}903$, für eine rechtwinklige Kropfröhre von gleichem Durchmesser und etwa $3d$ Länge der Mittellinie des Kropfstücks, Halbmesser etwa der Rohrweite entsprechend, bei $w = 150{,}2$ m $\zeta = 0{,}296$, bei $w = 82{,}6$ m $\zeta = 0{,}188$, wonach diese Widerstände mit abnehmender Geschwindigkeit erheblich abnehmen. Meist werden für Gase und Dämpfe in Ermanglung besserer Anhaltspunkte annähernd dieselben Widerstandskoeffizienten wie für Wasser verwendet.

Auch ohne besondere Widerstände, wie sie durch Querschnitts- und Richtungsänderungen bedingt sind, tritt bei der Bewegung gasförmiger und tropfbarer Flüssigkeiten ein allgemeiner Leitungswiderstand auf, für dessen Koeffizienten längs einer Rohrstrecke l oder ds bei kreisförmigem Querschnitt vom Durchmesser d nach Weisbach gesetzt zu werden pflegt:

$$\zeta = \lambda \frac{l}{d}, \qquad \zeta = \lambda \frac{ds}{d}, \qquad 17.$$

während bei beliebigem Querschnitt F vom Umfang U derselbe Ausdruck mit $d = \frac{4F}{U}$ verwendet wird. Es bedeutet also λ den Wert von ζ für $l = 1$, $d = 1$. Für atmosphärische Luft fanden Pecqueur $\lambda = 0{,}0237$, Zeuner 0,0258, Poncelet 0,0315, Buff 0,0375 u. s. w. Die Verschiedenheit erklärt sich aus der Verschiedenheit der Verhältnisse, unter welchen die Versuche vorgenommen wurden (Rauhigkeit der Wand, Querschnitt, Geschwindigkeit). So ermittelte Grashof aus Versuchen von Weisbach mit Glas-, Messing- und Zinkröhren von $d = 0{,}01$—$0{,}025$ m Durchmesser bei Geschwindigkeiten $w = 25$—185 m:

$$\lambda = 0{,}01355 + \frac{0{,}001235 + 0{,}01\,d}{d\sqrt{w}},$$

worin d, w in Metern einzusetzen. Neuerdings erhielt Brabbée [39] auf Grund ausgedehnter Versuche mit genieteten schmiedeeisernen Luftleitungen von $l = 300$—687 m und $d = 0{,}5$—$0{,}8$ m bei Geschwindigkeiten $w = 4$—17 m konstant $\lambda = 0{,}0175$. Für Heiz- und Lüftungsanlagen werden wegen der Rauhigkeit der Wände meist Werte von λ zwischen 0,024 und 0,08 verwendet. Uebrigens werden durch λ oft besondere Widerstände mitberücksichtigt. Weitere Widerstandskoeffizienten s. unter c), d) und e).

c) Bewegung in Röhren. Von Massenkräften kommt nur die Schwere in Betracht. Auf einer Rohrstrecke l von konstantem Querschnitt F seien neben dem allgemeinen Leitungswiderstand beliebige besondere Widerstände zugelassen, denen die Widerstandskoeffizienten $\zeta_1, \zeta_2, \ldots$ entsprechen. Beziehen sich p_1, v_1, w_1, h_1 auf den Anfang, p, v, w, h auf das Ende der Strecke, so hat man bei konstantem sekundlichen Durchflußgewicht nach 14.:

$$G = F\frac{w_1}{v_1} = F\frac{w}{v}, \qquad \frac{v}{v_1} = \frac{w}{w_1} = \sqrt{\frac{h}{h_1}} \qquad 18.$$

und nach 15.—17.:

$$\left(1 + \frac{l}{d}\lambda + \zeta_1 + \zeta_2 + \ldots\right) h = h_1 + y - \int v\,dp = h_1 + y - pv + p_1 v_1 + \int p\,dv, \qquad 19.$$

worin häufig für das erste oder zweite Integral mit einem Mittelwert von v oder p gesetzt werden kann $v_m\,(p - p_1)$ bezw. $p_m\,(v - v_1)$.

Den gewöhnlichsten Fall hat man beim Durchfluß von Gasen bei konstanter Temperatur. Dann treten zu 18.:

$$pv = p_1 v_1 = RT \qquad \frac{v}{v_1} = \frac{p_1}{p} = \sqrt{\frac{h}{h_1}} \qquad 20.$$

und wird aus 19.:

$$\left(1 + \frac{l}{d}\lambda + \zeta_1 + \zeta_2 + \ldots\right) h = h_1 + y + RT \log\mathrm{n}\frac{p_1}{p} = h_1 + y + \frac{RT}{2}\log\mathrm{n}\frac{h}{h_1}, \qquad 21.$$

für genügend kleine Aenderungen von p oder h:

$$\left(1 + \frac{l}{d}\lambda + \zeta_1 + \zeta_2 + \ldots\right) h = h_1 + y + RT\frac{p_1 - p}{p_1} = h_1 + y + \frac{RT}{2}\frac{h - h_1}{h_1}. \qquad 22.$$

Sind keine besonderen Widerstände vorhanden oder werden letztere im allgemeinen Leitungswiderstand eingerechnet, so gelten vorstehende Gleichungen mit $\zeta_1 + \zeta_2 + \ldots = 0$, doch lassen sich durch etwas andre Vernachlässigungen für kleine Aenderungen von p, h auch ableiten:

$$\frac{h_1}{h}=1-\frac{2}{RT}\left(\frac{l}{d}\lambda h_1-y\right), \qquad \frac{p}{p_1}=\sqrt{1-\frac{2}{RT}\left(\frac{l}{d}\lambda h_1-y\right)}, \tag{23.}$$

womit auch $\frac{p_1-p}{p_1}=1-\frac{p}{p_1}$ bestimmt ist. Noch etwas weiter gehend, erhält man:

$$\frac{p_1-p}{p_1}=\frac{1}{RT}\left(\frac{l}{d}\lambda h_1-y\right). \tag{24.}$$

Diese Gleichung liefert für den Durchfluß mittelfeuchter Luft durch eine horizontale Röhre, wenn l, d, w in Metern eingesetzt werden, mit $R=29{,}4$, $y=0$, $g=9{,}81$ m:

$$\frac{p_1-p}{p_1}=0{,}0017336\,\lambda\frac{l}{d}\frac{w^2}{T}. \tag{25.}$$

Lorenz [18], [32] erhielt aus Versuchen von Stockalper im Gotthardtunnel, Devillez in einem Kohlenbergwerk, Riedler und Gutermuth an der Druckluftanlage in Paris und Lorenz an der Druckluftanlage in Offenbach bei $l=172$—16502 m, $d=0{,}073$—$0{,}300$ m, $p_1=3{,}2$—$8{,}1$ Atmosphären und $w=1$—$32{,}7$ m:

$$\frac{p_1-p}{p_m}=0{,}0000167\,\frac{l}{d^{1{,}31}}\frac{w_m^2}{T}, \tag{26.}$$

worin für p_m, w_m Mittelwerte des Druckes und der Geschwindigkeit gesetzt werden sollen. Da aber anstatt dieser für die in 25. und 26. vorausgesetzten kleinen Aenderungen von p, w meist die Werte am Anfang oder Ende der in Frage stehenden Rohrstrecke gesetzt werden dürfen, so zeigt der Vergleich von 25., 26., daß unter den von Lorenz berücksichtigten Verhältnissen annähernd gewesen wäre: $\lambda=\frac{0{,}009633}{d^{0{,}31}}$, und beispielsweise für

$d=$	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35 m
$\lambda=$	0,0246	0,0197	0,0174	0,0159	0,0149	0,0140	0,0134.

Siehe auch Dampfleitungen, Gasrohrleitungen sowie betreffend Zugerzeugung durch Schornsteine [4], [10], [42] und bezüglich weiterer Behandlung von Aufgaben über die Bewegung von Gasen und Dämpfen in Röhren [10], [42].

d) Ausfluß aus Gefäßmündungen. Durch die Mündung eines beliebig geformten Gefäßes fließe Gas oder Dampf, ohne daß von außen Wärme zugeführt oder entzogen wird ($dQ=0$). Die Mittelwerte von spezifischem Druck, spezifischem Volumen, absoluter Temperatur, Geschwindigkeit und Geschwindigkeitshöhe seien für einen Querschnitt F_1 im Gefäß p_1, v_1, T_1, w_1, h_1, und für einen Querschnitt F des austretenden Strahles, dessen Schwerpunkt um y unter demjenigen von F_1 liegt, p, v, T, w, h. Es handelt sich darum, bei bekannten Verhältnissen im Gefäß (im Querschnitt F_1) die Verhältnisse im Strahlenquerschnitt F, insbesondere die Geschwindigkeit w und das Ausflußgewicht pro Sekunde G zu bestimmen.

Aus 4. ergibt sich mit 8., 12. und $dQ=0$:

$$h-h_1=y+\frac{k}{k-1}(p_1v_1-pv), \tag{27.}$$

und wenn vorbehaltlich geeigneter Wahl von m gesetzt wird (vgl. Polytropische Zustandsänderung):

$$pv^m=p_1v_1^m \tag{28.}$$

bei der üblichen Vernachlässigung von y, h_1:

$$h=\frac{k}{k-1}(p_1v_1-pv), \qquad w=\sqrt{\frac{2gk}{k-1}p_1v_1\left[1-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{m-1}{m}}\right]}, \tag{29.}$$

$$G=F\frac{w}{v}=F\sqrt{\frac{2gk}{k-1}\frac{p_1}{v_1}\left[\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{2}{m}}-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{m+1}{m}}\right]}. \tag{30.}$$

Abgesehen von der aus der Widerstandsarbeit dB entstandenen Wärme wäre in 28.—30 wegen $dQ=0$ der Ausflußexponent $m=k$ (s. Adiabatische Zustandsänderung, Bd. 1, S. 77), wie schon 1839 Saint-Venant und Wantzel [1] und 1855 Weisbach [2] bei den ersten Ableitungen von 29., 30. vorausetzten und auch jetzt noch häufig angenommen wird, während Zeuner [6], [25] durch Wahl andrer geeigneter m den Widerständen beim Ausfluß Rechnung zu tragen suchte. Ist ζ der Widerstandskoeffizient, so ergeben sich:

$$m=\frac{(1+\zeta)k}{1+\zeta k}, \qquad \zeta=\frac{k-m}{k(m-1)}, \qquad \frac{m-1}{m}=\frac{k-1}{(1+\zeta)k}. \tag{31.}$$

Um die Formeln 28.—30. verwenden zu können, muß der Druck p im Strahlquerschnitt F bekannt sein. Daß p nicht allgemein mit dem Druck p_a im äußeren Raum übereinstimmt, geht schon daraus hervor, daß die Formeln für den Ausfluß in den luftleeren Raum mit $p=p_a=0$ das Ausflußgewicht $G=0$ und gleichzeitig die größte Ausflußgeschwindigkeit w liefern würden. Mit der abkürzenden Bezeichnung

$$\varepsilon=\left(\frac{2}{m+1}\right)^{\frac{m}{m-1}} \tag{32.}$$

pflegt nach dem Vorgange von Saint-Venant und Wantzel für den kleinsten Strahlquerschnitt F gesetzt zu werden:

$$\text{wenn } \varepsilon p_1\leqq p_a \quad p=p_a, \qquad \text{wenn } \varepsilon p_1\geqq p_a \quad p=\varepsilon p_1, \tag{33.}$$

wonach p nie unter denjenigen Wert εp_1 sinken soll, für welchen zufolge 30. bei bestimmtem m das Maximum von G eintritt. Zahlreiche Versuche bis in die neueste Zeit stehen hiermit gut im Einklang, soweit es sich um sogenannte einfache Mündungen (Mündungen in dünner Wand, kurze, innen gut abgerundete Mündungen, kurze zylindrische Ansatzröhren) handelte [21], [27], [33]. Mit 33. hat man:

für $\varepsilon p_i < p_a$ in 29., 30. $p = p_a$ 34.

„ $\varepsilon p_i \geq p_a$ $w = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}\frac{m-1}{m+1} p_i v_i}$, $G = F \varepsilon^{\frac{1}{m}} \sqrt{\frac{2gk}{k-1}\frac{m-1}{m+1}\frac{p_i}{v_i}}$ 35.

und wenn gesetzt werden:

$$a_i = \sqrt{g k p_i v_i}, \qquad a = \sqrt{g k p v}, \tag{36.}$$

womit a_i, a die Schallgeschwindigkeiten im Gefäß und im kleinsten Strahlquerschnitt bedeuten (weil nach 28., 32. $\frac{p v}{p_i v_i} = \frac{2}{m+1}$):

für $\varepsilon p_i \geq p_a$ im Falle $m = k$ $\qquad w = a = a_i \sqrt{\frac{2}{k+1}}$. 37.

Die Ausflußgeschwindigkeit im kleinsten Strahlquerschnitt kann hiernach nicht größer als die Schallgeschwindigkeit daselbst werden. Gleichung 32. liefert beispielsweise:

für $m =$	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17
$\varepsilon =$	0,5847	0,5826	0,5805	0,5784	0,5764	0,5744	0,5724	0,5704
für $m =$	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25
$\varepsilon =$	0,5684	0,5664	0,5645	0,5625	0,5606	0,5587	0,5568	0,5549
für $m =$	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33
$\varepsilon =$	0,5531	0,5512	0,5494	0,5475	0,5457	0,5439	0,5421	0,5404
für $m =$	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40	1,41
$\varepsilon =$	0,5386	0,5368	0,5351	0,5334	0,5317	0,5300	0,5283	0,5266

wonach innerhalb ziemlich weiter Grenzen $\varepsilon = a + b m$ mit konstanten a, b gesetzt werden kann und sich jedenfalls genau interpolieren läßt.

Unter Voraussetzung genügend kleiner Differenzen zwischen den Drücken p_i, p_a, wie sie in der Praxis sehr oft vorkommen, ergeben sich mit $p = p_a$ aus 29., 30. mit gewissen Vernachlässigungen die Näherungsformeln:

$$w = \sqrt{\frac{2g}{1+\zeta} v_i (p_i - p_a)}, \qquad G = F \sqrt{\frac{2g}{1+\zeta}\frac{p_i - p_a}{v_i}}, \tag{38.}$$

welche mit den entsprechenden Ausdrücken für Wasser übereinstimmen.

Für Gase, welche dem Boyle-Gay-Lussacschen Gesetze folgen, gelten neben 27.—38. mit $y = 0$, $h_i = 0$:

$$h = \frac{w^2}{2g} = \frac{k}{k-1} R (T_i - T), \qquad \frac{T}{T_i} = \left(\frac{p}{p_i}\right)^{\frac{m-1}{m}} = \left(\frac{v_i}{v}\right)^{m-1} \tag{39.}$$

und für $\varepsilon p_i \geq p_a$ $\qquad T = \frac{2}{m+1} T_i$, $\qquad w = \sqrt{\frac{m-1}{k-1} g k R T}$. 40.

Sollen die Widerstände vernachlässigt werden, so liefern diese Gleichungen mit $m = k = 1{,}41$ und v_i in Kubikmetern pro Kilogramm:

für $\varepsilon p_i \geq p_a$ $\qquad T = 0{,}8299\, T_i$, $\qquad w = 20{,}12 \sqrt{T} = 18{,}33 \sqrt{T_i}$, 41.

wenn p_i in Atmosphären zu 10000 kg pro Quadratmeter $\qquad G = 214{,}99 F \sqrt{\frac{p_i}{v_i}} = 3974 F \frac{p_i}{\sqrt{T_i}}$, 42.

„ p_i „ „ „ 10333 „ „ „ $\qquad G = 218{,}54 F \sqrt{\frac{p_i}{v_i}} = 4106 F \frac{p_i}{\sqrt{T_i}}$. 43.

Versuche von Fliegener [9] mit innen gut abgerundeten Kreismündungen von $d = 0{,}4$ bis 1 cm Durchmesser bei Drücken p_i bis 5 Atmosphären und annähernd $p_a = 1$ Atmosphäre führten zu der Gleichung

$$G = 217{,}33 F \sqrt{\frac{p_i}{v_i}} = 4083 F \frac{p_i}{\sqrt{T_i}},$$

unter F den Mündungsquerschnitt verstanden, wonach sich der Einfluß der Widerstände gering ergab. Nach 41. hätte man die größte Geschwindigkeit im kleinsten Strahlquerschnitt:

für $t_i =$	0°	100°	200°	300°	400°	600°	800°	1000°
$w =$	303	354	399	439	475	542	600	654 m.

Häufig hat man es mit dem Ausfluß von Wasserdampf zu tun, der als trocken gesättigt gilt. Alsdann folgen aus 35. mit $k = 1{,}135$ und v_i nach der Gleichung der Grenzkurve (Bd. 2, S. 538):

für $\varepsilon p_i \geq p_a$ $\qquad w = c\, p_i^{0{,}03035}$, $\qquad G = F C p_i^{0{,}96965}$, 44.

worin, wenn p_i in Neuatmosphären zu 10000 kg pro Quadratmeter (1 kg pro Quadratzentimeter):

$$c = 1675{,}62 \left(\frac{m-1}{m+1}\right)^{\frac{1}{2}}, \qquad C = 984{,}43\, \varepsilon^{\frac{1}{m}} \left(\frac{m-1}{m+1}\right)^{\frac{1}{2}}, \tag{45.}$$

und wenn p_i in Normalatmosphären zu 10333 kg pro Quadratmeter (1,0333 kg pro Quadratzentimeter:

$$c = 1676{,}96 \left(\frac{m-1}{m+1}\right)^{\frac{1}{2}}, \qquad C = 1016{,}40\, \varepsilon^{\frac{1}{m}} \left(\frac{m-1}{m+1}\right)^{\frac{1}{2}}. \tag{46.}$$

Wir erhalten beispielsweise

für $\zeta =$	0	0,02	0,05	0,1	0,25	0,5	1
nach 31. $m =$	1,1350	1,1320	1,1278	1,1212	1,1052	1,0861	1,0632
„ 32. $\varepsilon =$	0,5774	0,5780	0,5789	0,5803	0,5835	0,5875	0,5924
„ 45. $c =$	421,35	416,93	410,66	400,52	374,57	340,42	293,27
$C =$	152,58	150,94	148,57	144,84	135,16	122,61	105,32
„ 46. $c =$	421,69	417,26	410,99	400,84	374,87	340,69	293,50
$C =$	157,53	155,84	153,39	149,54	139,55	126,59	108,74

Zur Erleichterung der Berechnung nach 44. fügen wir die folgende Tabelle bei.

p_1	$p_1^{0,03035}$	$p_1^{0,96965}$	p_1	$p_1^{0,03035}$	$p_1^{0,96965}$
1,5	1,0124	1,4816	8	1,0651	7,5107
2	1,0213	1,9584	8,5	1,0671	7,9654
2,5	1,0282	2,4315	9	1,0690	8,4194
3	1,0339	2,9016	9,5	1,0707	8,8725
3,5	1,0387	3,3694	10	1,0724	9,3250
4	1,0430	3,8352	10,5	1,0740	9,7768
4,5	1,0467	4,2991	11	1,0755	10,2278
5	1,0500	4,7616	11,5	1,0769	10,6780
5,5	1,0531	5,2226	12	1,0783	11,1283
6	1,0559	5,6824	12,5	1,0797	11,5775
6,5	1,0585	6,1410	13	1,0809	12,0263
7	1,0608	6,5986	13,5	1,0822	12,4745
7,5	1,0631	7,0550	14	1,0834	12,9224

Der Fall $\zeta = 0$ oder $m = k$ entſpricht der Vernachläſſigung der Widerſtände. Für dieſen Fall hat man alſo beim Ausfluß trocken geſättigten Waſſerdampfes von 0,5754 $p_1 > p_a$: wenn p_1 in Atmoſphären zu 10000 kg pro 1 qm $w = 421{,}35\, p_1^{0,03035}$, $G = 152{,}58\, p_1^{0,96965}$, 47.

„ p_1 „ „ „ 10333 „ „ 1 „ $w = 421{,}69\, p_1^{0,03035}$, $G = 157{,}53\, p_1^{0,96965}$ 48.

Es ergeben ſich beiſpielsweiſe:

für $p_1 =$ 2 4 6 8 10 12 14 Atmoſphären zu 10000 kg pro Quadratmeter
nach 47. $w =$ 430 439 445 449 452 454 456 m,

für $p_1 =$ 2 4 6 8 10 12 14 „ „ 10333 „ „ „
nach 48. $w =$ 431 440 445 449 452 455 557 m,

wonach die Maximalgeſchwindigkeiten (Geſchwindigkeiten bei Vernachläſſigung der Widerſtände) im kleinſten Strahlquerſchnitt für trockenen geſättigten Waſſerdampf nur wenig vom Drucke abhängen.

Bezüglich der Widerſtandskoeffizienten ζ beim Ausfluß von Gaſen und Dämpfen ſtehen die Verſuchsreſultate nicht ſonderlich im Einklang miteinander. Häufig wird unter Vernachläſſigung der Widerſtände $\zeta = 0$, $m = k$ geſetzt, was manchen Reſultaten nahekommt. Zeuner hält es bei Berechnung des Ausflußgewichts G atmoſphäriſcher Luft durch einfache Mündungen bis zu den größten Geſchwindigkeiten für zuläſſig, ζ wie beim Ausfluß des Waſſers zu wählen. Uebrigens kommt es bei den aus Verſuchen folgenden ζ, m im allgemeinen darauf an, ob eine Kontraktion des austretenden Strahles vorausgeſetzt wird, ob alſo, wenn f den Mündungsquerſchnitt und $F = \alpha f$ den kleinſten Strahlquerſchnitt bezeichnen, $\alpha \leq 1$ und nur für nach innen gut abgerundete Mündungen $\alpha = 1$ angenommen wird, oder ob man allgemein $F = f$ ſetzt. In dieſer Hinſicht wird gegenwärtig nicht immer gleich verfahren. Für den Ausfluß atmoſphäriſcher Luft fand Zeuner bei Druckverhältniſſen $p_1 : p_a = 1$ bis 4 für eine innen gut abgerundete Kreismündung von 0,00410 m Durchmeſſer $\zeta = 0{,}105$, $m = 1{,}404$, für eine andre von 0,00698 m Durchmeſſer $\zeta = 0{,}0123$, $m = 1{,}403$. Dagegen liefern neuere Verſuche von Zeuner für eine ebenſolche Kreismündung von 0,00510 m Durchmeſſer bei Druckverhältniſſen $p_1 : p_a = 1{,}82$ bis 27,12 ſtark abweichend $\zeta = 0{,}0687$, $m = 1{,}372$. Aus Verſuchen von Weisbach leitete Grashof ohne Annahme einer Kontraktion ab für eine kurze konvergente Anſatzröhre von 0,01002 m Mündungsdurchmeſſer

bei $\frac{p_1}{p_a} =$	1,60	$\zeta = 0{,}054$	$m = 1{,}381$
	1,38	0,022	1,398
	1,24	0,035	1,391

für eine kurze, innen nicht abgerundete zylindriſche Anſatzröhre von 0,01402 m Durchmeſſer

bei $\frac{p_1}{p_a} =$	1,41	$\zeta = 0{,}444$	$m = 1{,}252$
	1,08	0,490	1,243

Zeuner erhielt für kurze, innen nicht abgerundete zylindriſche Anſatzröhren von 0,00574 und 0,00698 m Durchmeſſer bei Druckverhältniſſen $p_1 : p_a = 1$ bis 4 ohne Annahme einer Kontraktion im Mittel $\zeta = 0{,}307$, $m = 1{,}286$. Die Verſuche mit geſättigtem Waſſerdampf ergaben meiſt größere Ausflußmengen, als mit Rückſicht auf die Widerſtände zu erwarten war, ſo daß gerade hier für innen gut abgerundete Mündungen faſt allgemein $\zeta = 0$, $m = k$ geſetzt wird. Indeſſen ſchreibt z. B. Rateau [27] die vielfach erhaltenen großen Ausflußgewichte bei der üblichen Wägung des kondenſierten Dampfes dem Umſtande zu, daß der Dampf zwar trocken vorausgeſetzt war, aber beigemengtes Waſſer mitgewogen wurde.

Ueber den Ausfluß von Gaſen und Dämpfen bei abnehmendem Drucke und abnehmendem Volumen ſ. [24], [28], [42], über Sicherheitsventile und andre hierhergehörige Aufgaben [5], [10], [42].

e) Ausfluß. Allgemeinere Behandlung (im Hinblick auf Laval-Düſen u. ſ. w.). Unter d) wurde von Gleichung 32. an nur die Geſchwindigkeit im kleinſten Querſchnitt des ausfließenden Strahles in Betracht gezogen. Dies genügt nicht in allen Fällen, z. B. nicht bei den Düſen von Dampfturbinen. Letztere ſollen die lebendige Kraft des aus einem Keſſel ſtrömenden Dampfes in Nutzarbeit verwandeln, und demgemäß kommt es darauf an, den Dampf bei beſtimmtem Keſſeldrucke p_1 mit möglichſt großer Geſchwindigkeit w ausſtrömen zu laſſen. Dies ſuchte die Fabrik von de Laval durch geeignete Form der Düſen zu erreichen, deren Querſchnitt nach außen erweitert wurde. Es ſoll deshalb im folgenden der Strahl bis zu beliebigen Querſchnitten F von Geſchwindigkeiten w und Zuſtänden p, v, T verfolgt werden. Man nimmt an, daß in einer richtig angeordneten Laval-Düſe der Druck vom Druck im Ausflußraum p_1 bis nahezu auf den Außendruck p_a (Druck in der Turbinenkammer) herabgeſetzt wird.

Setzt man wieder voraus, daß Wärme von außen weder zugeführt noch entzogen wird und ein Einfluß der Schwere oder sonstiger Massenkräfte außer Betracht bleiben kann, so liefern die Gleichungen 1. und 4. mit $dM=0$, $dQ=0$:

$$d\frac{w^2}{2g}=-v\,dp-dB, \qquad d\frac{w^2}{2g}=-W\,de, \tag{49.}$$

neben welchen Beziehungen in jedem Strahlquerschnitt F für das sekundliche Ausflußgewicht G die Kontinuitätsgleichung 14. gilt: $Gv=Fw$.

Es sei wie oben angenommen, daß der Ausfluß im Gefäß mit der Geschwindigkeit $w_1=0$ beginnt, dann ergibt die Integration der zweiten Gleichung 49. bis zu einem beliebigen Strahlquerschnitt F:

$$\frac{w^2}{2g}=W(e_1-e). \tag{50.}$$

Bei Vernachlässigung der Widerstände würde e mit e_1 durch die Gleichung für adiabatische Zustandsänderungen in Beziehung stehen. Infolge der Widerstände möge die lebendige Kraft des Strahls bei F um einen Bruchteil ξ ihres ohne Widerstände entstehenden Wertes oder um einen Bruchteil ζ ihres verbleibenden Betrages vermindert werden, wobei ζ nach dem unter b) Gesagten der Widerstandskoeffizient bis F heißt und ξ der Verlustkoeffizient bis dahin genannt werden kann. Erhält bei Berücksichtigung der Widerstände die ohne diese eintretende Erzeugungswärme den Index $'$, so ist die wirkliche lebende Kraft pro Gewichtseinheit im Strahlquerschnitt F:

$$\frac{w^2}{2g}=W(1-\xi)(e_1-e')=W\frac{e_1-e'}{1+\zeta}, \tag{51.}$$

wonach:

$$\xi=\frac{1}{1+\zeta}, \qquad \zeta=\frac{\xi}{1-\xi}. \tag{52.}$$

In 51. hat man nach 5.—7. und den Beziehungen für adiabatische Zustandsänderungen, wenn T', x', τ' wie e' als Endwerte den letzteren entsprechen, beispielsweise für Gase:

$$e_1-e'=c_p(T_1-T') \qquad \text{mit} \qquad T'=T_1\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}, \tag{53.}$$

für gesättigte Dämpfe (Bedeutung von τ s. Bd. 2, S. 542):

$$e_1-e'=q_1-q+x_1r_1-q-x'r \quad \text{mit} \quad \tau+x'\frac{r}{T}=\tau_1+x_1\frac{r_1}{T_1}, \tag{54.}$$

für anfangs und schließlich überhitzte Dämpfe:

$$e_1-e'=\lambda_1+c_1\tau_1-\lambda-c\,\tau' \qquad \text{mit} \qquad T'=T_1\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{AR}{c_p}}, \tag{55.}$$

worin c_1, c die den Drücken p_1, p von der Ueberhitzung 0 bis τ_1 und von 0 bis τ' entsprechenden Mittelwerte der spezifischen Wärme c_p, während c_p im letzten Ausdruck einen Mittelwert für den adiabatischen Uebergang von T_1 in T' bedeutet.

Die Verlustkoeffizienten ξ oder Widerstandskoeffizienten ζ sind durch Versuche zu bestimmen. Nach den bisherigen Versuchen hätte man für Laval-Düsen bis zur Mündung etwa $\xi=0{,}11$ bis $0{,}22$, $\zeta=0{,}12$ bis $0{,}28$, wachsend mit der Länge und Erweiterung. Hierbei ist angenommen, daß der Strahl die Düse vollständig ausfüllt, so daß als Strahlquerschnitt überall der Düsenquerschnitt gelten kann. Dies wird nur dann zutreffen, wenn vom engsten Strahlquerschnitt F_e bis zum Mündungsquerschnitt F keine zu rasche und starke Erweiterung stattfindet. Den Kegelwinkel der Erweiterung nimmt z. B. Stodola zu etwa 10^0 an, das Verhältnis $F:F_e$ des Mündungsquerschnitts zum kleinsten Strahlquerschnitt pflegt (unter Vernachlässigung der Widerstände) aus den Gleichungen 30., 35. berechnet zu werden; die Bedingung $p_1>p_a$ von 35. ist bei Dampfturbinen stets erfüllt. Wir fügen das bei Vernachlässigung der Widerstände eintretende Verhältnis $w:w_e$ der Geschwindigkeiten im Mündungsquerschnitt und kleinsten Strahlquerschnitt bei, während die wirklichen Geschwindigkeiten in beliebigen Strahlquerschnitten aus 51. folgen. Man erhält aus 29., 30. und 35. mit $m=k$:

$$\frac{F}{F_e}=\frac{\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}\sqrt{\frac{k-1}{k+1}}}{\sqrt{\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}}-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}}}, \qquad \frac{w}{w_e}=\sqrt{\frac{k+1}{k-1}\left[1-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}. \tag{56.}$$

Bei kreisförmigen Strahlquerschnitten von den Durchmessern d, d_e (auch bei quadratischen Querschnitten von den Seitenlängen d, d_e) folgt weiter:

$$\frac{d}{d_e}=\sqrt{\frac{F}{F_e}}. \tag{57.}$$

Diese Gleichungen liefern beispielsweise für atmosphärische Luft (Gasturbinen) mit $k=1{,}41$:

$$\frac{F}{F_e}=\frac{0{,}2617}{\sqrt{\left(\frac{p}{p_1}\right)^{1{,}4184}-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{1{,}7093}}}, \qquad \frac{w}{w_e}=2{,}4245\sqrt{1-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{0{,}2908}}, \tag{58.}$$

und für

$\frac{p}{p_1}=$	2	4	6	8	10	20	50	60	70	80	90	100,
$\frac{d}{d_e}=$	1,00	1,11	1,21	1,30	1,38	1,69	2,25	2,39	2,51	2,63	2,73	2,83,
$\frac{w}{w_e}=$	1,04	1,40	1,55	1,63	1,69	1,85	2,00	2,02	2,04	2,06	2,07	2,08.

Bei gesättigtem Wasserdampf hängt $k=1{,}035+0{,}1x_1$ von der spezifischen Dampfmenge x_1 ab. Für trocken gesättigten Dampf folgen aus 56. mit $x_1=1$, $k=1{,}135$:

$$\frac{F}{F_s}=\frac{0{,}1550}{\sqrt{\left(\frac{p}{p_l}\right)^{1{,}7621}-\left(\frac{p}{p_l}\right)^{1{,}8811}}},\qquad \frac{w}{w_s}=3{,}9768\sqrt{1-\left(\frac{p}{p_l}\right)^{0{,}1189}} \qquad 59.$$

und für $\frac{p}{p_l}=$ 2 4 6 8 10 20 50 60 70 80 90 100,

$\frac{d}{d_s}=$ 1,007 1,161 1,310 1,438 1,561 1,991 2,825 3,027 3,224 3,399 3,562 3,715,

$\frac{w}{w_s}=$ 1,119 1,550 1,742 1,861 1,924 2,177 2,426 2,469 2,505 2,535 2,560 2,583.

Auch für überhitzten Waſſerdampf kann k in 56. verſchiedene Werte annehmen. Mit dem entſprechend $c_p=0{,}48$, $AR=0{,}12$ und 11. früher allein verwendeten Werte $k=4/3$ beiſpielsweiſe ergeben ſich:

$$\frac{F}{F_s}=\frac{0{,}2380}{\sqrt{\left(\frac{p}{p_l}\right)^{1{,}5}-\left(\frac{p}{p_l}\right)^{1{,}75}}},\qquad \frac{w}{w_s}=2{,}6458\sqrt{1-\left(\frac{p}{p_l}\right)^{0{,}25}}, \qquad 60.$$

wobei vorausgeſetzt iſt, daß der Dampf bis zum Querſchnitt F nicht in geſättigten Zuſtand übergeht. Betreffend den andern Fall ſ. [42].

Die obigen Zahlenwerte von $\frac{w}{w_s}$ zeigen, daß durch Laval-Düſen unter den angeführten Vorausſetzungen die Mündungsgeſchwindigkeiten w weit über die Geſchwindigkeit w_s im kleinſten Strahlquerſchnitt F_s, d. h. auch über die Schallgeſchwindigkeit daſelbſt hinausgehen kann. Aus dieſem Grunde wurde die koniſche Erweiterung der Düſen bei Dampfturbinen eingeführt. Diskuſſion über ihre Wirkſamkeit und Beiſpiele der Anwendung vorſtehender Gleichungen in [42]; ſ. a. Dampfturbinen.

Literatur: [1] Barré de Saint-Venant et Laurent Wantzel, Mémoires et expériences sur l'écoulement de l'air etc., Journal de l'école polytechnique 1839, XVI, S. 85. — [2] Weisbach, Lehrbuch der Ingenieur- und Maſchinenmechanik, I, Theoretiſche Mechanik, 3. Aufl., Braunſchweig 1855, S. 820 (5. Aufl., Braunſchweig 1875, S. 1049). — [3] Weisbach, Verſuche über Ausſtrömung der Luft unter hohem Druck durch Mundſtücke und Röhren, Civilingenieur 1866, S. 1, 71 (vorläufige Mitteilungen Civilingenieur 1859, S. 1). — [4] Grashof, Theorie der Zugerzeugung durch Schornſteine, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingenieure 1866, S. 431, 497. — [5] Koliſter, Ueber das Ausſtrömen von Dampf und Luft und über die Dimenſionen der gebräuchlichen Sicherheitsventile, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingenieure 1867, S. 433; 1868, S. 97. — [6] Zeuner, Neue Darſtellung der Vorgänge beim Ausſtrömen der Gaſe und Dämpfe aus Gefäßmündungen und Röhren, Civilingenieur 1871, S. 71. — [7] Fliegener, Die Napierſchen Verſuche, Civilingenieur 1871, S. 215. — [8] Zeuner, Reſultate experimenteller Unterſuchungen über das Ausſtrömen der Luft bei ſtarkem Ueberdruck, Civilingenieur 1874, S. 1. — [9] Fliegener, Ergebniſſe einiger Verſuche über das Ausſtrömen atmoſphäriſcher Luft, Civilingenieur 1874, S. 14. — [10] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, I, Leipzig 1875, S. 546, 630, 698, 955; II, Leipzig 1890, S. 445. — [11] Fliegener, Verſuche über das Ausſtrömen der Luft durch gut abgerundete Mündungen, Civilingenieur 1877, S. 443; 1878, S. 39. — [12] Fliegener, Verſuche über das Ausſtrömen der Luft durch Mündungen in dünner Wand, Civilingenieur 1878, S. 401. — [14] Fiſcher, Ueber die zweckmäßigſte Weite der Dampfleitungen, Dinglers Polyt. Journal 1880, S. 353. — [15] Gutermuth, Ueber die zweckmäßigſte Dampfgeſchwindigkeit in Dampfleitungsröhren, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingenieure 1887, S. 670, 695, 714, 733, 749. — [16] Ser, Traité de physique industrielle, I, Paris 1888; II, Paris 1892. — [17] Mach und Salcher, Optiſche Unterſuchungen der Luftſtrahlen, Wiedemanns Annalen 1890, XLI, S. 144. — [18] Lorenz, Die Spannungsverluſte in langen Druckluftleitungen, Zeitſchr. d. Vereines deutſcher Ingenieure 1892, S. 621, 835 (ſ. a. 819, 820, 999, 1000). — [19] Parenty, Sur des nouvelles expériences permettant de comparer les débits des liquides, des gaz et de la vapeur à travers les mêmes orifices, Compt. rend., 1894, CXIX, S. 419. — [20] Parenty, Sur le débit des gaz parfaits et de la vapeur d'eau sous pression à travers les orifices, Annales de chimie et de physique 1896, VIII, S. 5. — [21] Parenty, Sur les vitesses, les températures et les poids spécifiques des gaz parfaits et de la vapeur d'eau s'écoulant à travers les orifices, Annales de chimie et de physique 1897, XII, S. 289. — [22] Fliegener, Verſuche über das Ausſtrömen der Luft durch koniſch-divergente Rohre, Schweiz. Bauztg. 1898, XXXI, S. 68, 78, 84. — [23] Emden, Robert, Ueber die Ausſtrömungserſcheinungen permanenter Gaſe, Wiedemanns Annalen 1899, LXIX, S. 264. — [24] Weyrauch, Ueber den Ausfluß von Gaſen und Dämpfen bei abnehmendem Drucke und abnehmendem Volumen, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 1162, 1194. — [25] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, I, Leipzig 1900, S. 218; II, Leipzig 1901, S. 146. — [26] Zeuner, Vorleſungen über die Theorie der Turbinen, Leipzig 1901, S. 265. — [27] Rateau, Recherches expérimentales sur l'écoulement de la vapeur d'eau par des tuyères convergentes et des orifices en mince paroi, Annales des mines 1902, I, S. 1. — [28] Schüle, Ueber die Ausſtrömung der geſättigten Waſſerdämpfe, Dingl. Polyt. Journal 1903, S. 355, 369, 388. — [29] Emden, P., Die Ausſtrömungserſcheinungen des Waſſerdampfes (Diſſertation), München 1903. — [30] Stodola, Die Dampfturbinen und die Ausſichten der Wärmekraftmaſchinen, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingenieure 1903, S. 1 (Stodola, Die Dampfturbinen, Berlin 1905). — [31] Lorenz, Die ſtationäre Bewegung von Gaſen und Dämpfen durch Rohre mit veränderlichem Querſchnitt, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingenieure 1903, S. 1600. — [32] Lorenz, Techniſche Wärmelehre, München und Berlin 1904. — [33] Gutermuth, Verſuche über den Ausfluß des Waſſerdampfes, Zeitſchr. des

Vereines deutſcher Ingenieure 1904, S. 75. — [34] Prandtl, Beiträge zur Theorie der Dampfſtrömung durch Düſen, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingenieure 1904, S. 348. — [35] Berner, Die Fortleitung des überhitzten Waſſerdampfes, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingenieure 1904, S. 479, 530, 560. — [36] Prandtl, Ueber die ſtationären Wellen in einem Gasſtrahl, Phyſikaliſche Zeitſchr. 1904, S. 599. — [37] Büchner, Zur Frage der Lavalſchen Turbinendüſen, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingenieure 1904, S. 1024. — [38] Pröll, Beitrag zur Theorie der ſtationären Strömung von Gaſen und Dämpfen, Zeitſchr. für das geſamte Turbinenweſen 1904, S. 161; 1905, S. 151. — [39] Brabbée, Die Lüftungsanlagen beim Baue der großen Alpentunnels, Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1905, S. 453, 470, 481. — [40] Langrod, Unterſuchung der Gasſtrömung in der Lavaldüſe in dem Falle, daß der Druck an der engſten Stelle höher als der kritiſche iſt, Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1905, S. 580, 592. — [41] Fliegener, Beitrag zur Dynamik der elaſtiſchen Flüſſigkeiten, Schweiz. Bauztg. 1906, XLVII, S, 30, 41. — [42] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, II, Stuttgart 1907. *Weyrauch.*

Gaſe, gasförmige Körper. Verflüſſigung derſelben. Für jede Subſtanz gibt es eine beſtimmte, die ſogenannte „kritiſche" Temperatur, oberhalb welcher ſie durch Verdichtung auf noch ſo hohen Druck nicht verflüſſigt werden kann. Bei der kritiſchen Temperatur erfolgt die Verflüſſigung unter einem beſtimmten, dem „kritiſchen" Druck, wobei die Subſtanz die „kritiſche" Dichte annimmt. Demnach iſt die Verflüſſigung eines Gaſes um ſo ſchwieriger, je tiefer die kritiſche Temperatur liegt. Mit ſinkender Temperatur ſinkt auch der zur Verflüſſigung nötige Druck, die „Spannung des geſättigten Dampfes", und wird beim Siedepunkt gleich dem atmoſphäriſchen Druck von 760 mm Queckſilberſäule.

Diejenigen bei gewöhnlicher Temperatur gasförmigen Körper, deren Siedepunkt nicht ſehr tief unter 0° liegt, wie ſchweflige Säure SO_2, Ammoniak NH_3, Chlor Cl_2 und Cyan CN, wurden teils Ende des 18., teils Anfang des 19. Jahrhunderts durch mäßige Kompreſſion und Abkühlung zum erſten Male verflüſſigt. Im Jahre 1823 gelang Faraday [1] auch die Verflüſſigung von Schwefelwaſſerſtoff H_2S, Chlorwaſſerſtoff HCl, Kohlenſäure CO_2 und Stickoxydul N_2O. Thilorier [2] ſtellte 1834 feſte Kohlenſäure her, die bei atmoſphäriſchem Druck eine Temperatur von −79° beſitzt. Durch Verdampfung feſter Kohlenſäure unter ſehr niedrigem Druck erreichte Faraday [3] im Jahre 1845 eine Temperatur von −110° und konnte nun unter mäßigem Druck auch Aethylen C_2H_4 und überhaupt ſämtliche damals bekannten Gaſe außer Waſſerſtoff, Sauerſtoff, Stickſtoff, Stickoxyd, Kohlenoxyd und Methan verflüſſigen. Dieſe ſechs Gaſe widerſetzten ſich auch noch Natterers Verſuchen (1850—54) der Verflüſſigung durch Kompreſſion auf Drucke bis zu 3600 Atmoſphären und Abkühlung mit feſter Kohlenſäure. Die erſten Anzeichen einer Verflüſſigung dieſer Gaſe beobachteten im Jahre 1877 zu gleicher Zeit Cailletet [4] und Pictet [5]. Erſterer kühlte die hochkomprimierten Gaſe auf etwa −30° ab und ließ ſie dann plötzlich unter Leiſtung äußerer Arbeit expandieren. Dabei ſank die Temperatur ſo tief, daß ein Teil des Gaſes ſich in Form eines feinen Nebels zu Tröpfchen verdichtete. Pictet entwickelte in geſchloſſener Retorte Sauerſtoff unter hohem Druck (bis zu 525 Atmoſphären) und kühlte mit feſter Kohlenſäure, die unter ſehr niedrigem Druck verdampfte. Beim Oeffnen des Hahns an dem Sauerſtoffrohr trat ein Nebelſtrahl aus. Beide Forſcher gaben an, auch bei Waſſerſtoff Nebelbildung, Pictet ſogar ein Erſtarren des Waſſerſtoffes beobachtet zu haben; doch beruhte dies nach unſern jetzigen Kenntniſſen ſicher auf Täuſchung. Zu ruhig ſiedenden Flüſſigkeiten wurden alle dieſe Gaſe außer Waſſerſtoff im Jahre 1883 durch v. Wroblewski und Olſzewski [6] verdichtet, und zwar mit Hilfe von Aethylen, das unter niedrigem Druck verdampfte. Im Jahre 1895 fand Linde [7] eine neue Methode der Luftverflüſſigung. Sie beruht auf der Abkühlung, welche die Luft erleidet, wenn ſie ohne Leiſtung äußerer Arbeit von hohem auf niedrigen Druck ausſtrömt. Dieſe Abkühlung beträgt zwar nur $^1/_4$° pro Atmoſphäre Druckdifferenz; aber wenn die Kühlwirkung durch Einſchaltung eines Gegenſtromapparates zwiſchen den Luftkompreſſor und die Ausſtrömungsöffnung von der ausgeſtrömten auf die komprimierte Luft übertragen wird, ſo ſinkt die Temperatur ſowohl vor als nach der Ausſtrömung ſo lange, bis die Verflüſſigung eintritt. Durch Anwendung dieſer Methode auf Waſſerſtoff, der mit flüſſiger Luft vorgekühlt war, gelang es Dewar [8] im Jahre 1898, auch dieſes Gas zu einer ruhig ſiedenden Flüſſigkeit zu verdichten. Das Helium iſt nunmehr das einzige Gas, deſſen Verflüſſigung noch nicht gelungen iſt.

Die wichtigſten Eigenſchaften der verflüſſigten Gaſe ſind in den folgenden Tabellen zuſammengeſtellt. Dabei bedeutet: t die Temperatur in Celſiusgraden, t_e die Erſtarrungstemperatur, t_s den Siedepunkt, d die Dichte des verflüſſigten Gaſes, d_s die Dichte desſelben beim Siedepunkt, p die Spannung des geſättigten Dampfes in Kilogramm pro Quadratzentimeter, t_k, p_k und d_k die betreffenden Werte im kritiſchen Zuſtand, c die ſpezifiſche Wärme der Flüſſigkeit, r ihre Verdampfungswärme pro Kilogramm in Kalorien.

Subſtanz	t_e	t_s	d_s	t_k	p_k	d_k
Aethan C_2H_6	−171	−89	—	34	51	—
Aethylen C_2H_4 [9]	−169	−104	0,58	10	53	0,22
Acetylen C_2H_2 [10]	−81	−85	—	37	70	0,22
Ammoniak NH_3	−78	−33	0,675	130	118	0,22
Argon A	—	−186	1,4	−117	55	—
Chlor Cl_2 [11]	−102	−34	1,56	146	97	0,58
Chlorwaſſerſtoff HCl [10]	−112	−84	—	52	90	—

Subſtanz	t_e	t_s	d_s	t_k	p_k	d_k
Cyan CN [3]	—33	—20	0,87	124	64	—
Fluor F [12]	—223	—187	1,12	—120	40	—
Kohlenoxyd CO [13]	—207	—190	0,79	—140	36	—
Kohlenſäure CO_2	—57	—79	1,53 (feſt)	31	75	0,46
Methan CH_4 [14]	—186	—160	0,415	—80	56	0,14
Methyläther C_2H_6O [15]	—	—23,6	—	130	59	—
Methylchlorid CH_3Cl [15]	—104	—23,6	0,99	141	78	—
Sauerſtoff O_2	—225	—183	1,14	—118	50	0,44
Schwefelwaſſerſtoff H_2S	—87	—62	—	100	93	—
Schweflige Säure SO_2	—76	—10	1,46	156	82	0,52
Stickſtoff N_2	—211	—196	0,80	—146	35	—
Stickoxyd NO [14]	—150	—150	—	—94	74	—
Stickoxydul N_2O	—100	—90	—	37	77	0,43
Waſſerſtoff H_2 [16]	—259	—252	0,070	—242	15	0,033

Subſtanz	SO_2 [17]				NH_3 [15], [18]				Cl_2 [11]			
t	p	d	c	r	p	d	c	r	p	d	c	r
—40	0,2	1,53	—	—	0,72	0,68	1,04	330	0,76	1,57	—	—
—20	0,65	1,49	0,31	99	1,90	0,66	1,08	322	1,90	1,52	—	67
0	1,58	1,44	0,32	92	4,35	0,64	1,12	310	3,78	1,47	—	63
20	3,32	1,38	0,33	84	8,75	0,61	1,16	285	6,84	1,41	0,226	—
50	8,5	1,29	0,35	78	20,9	0,56	1,23	244	15,2	1,32	—	—
100	29	1,12	0,42	63	63,3	0,46	—	150	43,1	1,11	—	—

Subſtanz	CO_2 [19]				C_2H_2 [10]	
t	p	d	c	r	p	d
—40	10,6	1,12	0,4	74	8,0	—
—20	20,3	1,03	0,44	66	14	—
0	35,4	0,925	0,51	56	24	0,451
20	58,1	0,766	0,83	36	42	0,414
30	73,1	0,598	2,3	13	55	0,397

Aus den Tabellen ſind folgende Eigenſchaften der verflüſſigten Gaſe erſichtlich: Bei CO_2 und C_2H_2 liegt der Siedepunkt tiefer als der Erſtarrungspunkt. Unter atmoſphäriſchem Druck können alſo die beiden Subſtanzen nicht in flüſſigem Zuſtande beſtehen, ſondern gehen direkt aus dem feſten in den gasförmigen Zuſtand über. Ein Schmelzen tritt erſt bei höherer Temperatur und höherem Druck ein. In der Nähe von t_k nimmt d ſehr ſtark ab, d. h. der Ausdehnungskoeffizient wird ſehr groß, und zwar viel größer als der der Gaſe nach dem Gay-Luſſacſchen Geſetz (ſ. d.). In ähnlichem Maße wächſt auch c bei Annäherung an t_k, dagegen nimmt r ſtark ab und wird bei t_k Null.

NH_3, SO_2 und CO_2 werden in großem Maßſtabe zur Kälteerzeugung verwendet (ſ. Kälteerzeugungsmaſchinen), CO_2 auch in großen Mengen zum Bierausſchank. Die Luftverflüſſigung dient ſeit einigen Jahren zur Gewinnung von Sauerſtoff und Stickſtoff durch fraktionierte Verdampfung und Rektifikation der Luft.

Literatur: [1] Phil. Trans., Bd. 113 und 189. — [2] Ann. chim. phys. (2), Bd. 60, S. 427. — [3] Phil. Trans., Bd. 135 und 155. — [4] Compt. rend., Bd. 85, S. 1016, 1213 und 1270. — [5] Ebend., Bd. 85, S. 1220; Bd. 86, S. 37. — [6] Wied. Ann., 20, S. 243. — [7] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 39, S. 1157. — [8] Proc. Roy. Soc., 63, S. 250. — [9] Olſzewski, Wied. Ann., 37, S. 337. — [10] Ansdell, Proc. Roy. Soc., 29, S. 209; 30, S. 117; Villard, Compt. rend., Bd. 120 und 121. — [11] Knietſch, Lieb. Ann., 259, 100. — [12] Moiſſan und Dewar, Compt. rend., Bd. 124, 125 und 136. — [13] Olſzewski, Compt. rend., 99, S. 706. — [14] Derſ., ebend., 100, S. 940. — [15] Regnault, Mém. de l'Acad., 26. — [16] Dewar, Proc. Roy. Soc., 64, 68 und 73. — [17] Mollier, Zeitſchr. f. d. geſ. Kälteinduſtrie, X, S. 125. — [18] Dieterici, ebend., XI, S. 21 und 47. — [19] Amagat, Compt. rend., 113 und 114.

F. Linde.

Gaselement, ſ. Galvanismus.

Gaserzeuger, Apparate, die zur Darſtellung von Ballonfüllgaſen (Waſſerſtoffbereitung) dienen. Man unterſcheidet ſtationäre und fahrbare Gaserzeuger. Erſtere werden auf den ſogenannten Ballonſtationen eingerichtet, letztere finden in den feldmäßigen Ballontrains Verwendung. Ihre Konſtruktion richtet ſich im weſentlichen nach der zugrunde liegenden Methode der Waſſerſtoffbereitung.

Zur praktiſchen Ausführung im großen gelangten:

A. An ſtationären Apparaten. 1. Die Darſtellung durch Durchleiten von Waſſerdampf durch mit Eiſenfeilſpänen gefüllte Röhren (Coutelle 1794 [1]). 2. Darſtellung aus verdünnter Schwefelſäure und Zink- oder Eiſenfeilſpänen. 3. Das Tonnenſyſtem. Entwicklung in mehreren dichten Tonnen, Durchleiten des Gaſes durch einen mit Waſſer gefüllten Wäſcher und durch einen mit Aetzkali oder Aetznatron gefüllten Trockner (Charles 1784, Dupuy de Lôme 1872 u. a. [1], [2]). Dieſe primitive Methode verbeſſerte Giffard 1877, indem er an Stelle der vielen Tonnen einen großen Entwicklungsapparat ſetzte und durch fortgeſetztes Zupumpen verdünnter Säure und Abziehen des ſich bildenden Sulfates die Entwicklung des

Gafes felbſt beſchleunigte [3]. Weitere Verbeſſerungen dieſer Methode bewerkſtelligten Tiffandier und Renard. Letzterer führte eine neue automatiſche Miſchungsart des Waſſers und der Schwefelſäure bei ſeinem Apparat ein [4], [5]. Die Darſtellung aus Zink bezw. Eiſen und Salzſäure legte 1888 Egaffe in Paris ſeinem Apparat zugrunde [1]. 4. Neuerdings wendet man ſich bei ſtationären Apparaten mehr und mehr der Waſſerſtoffdarſtellung durch Elektrolyſe des Waſſers zu. 5. Die Darſtellung aus Aluminiumblech und Kali- bezw. Natronlauge wurde ſeitens der ruſſiſchen Militärluftſchiffer in der Mandſchurei benutzt. Die Gasentwicklung iſt eine ſchnelle, die Koſten ſind aber verhältnismäßig hohe [7].

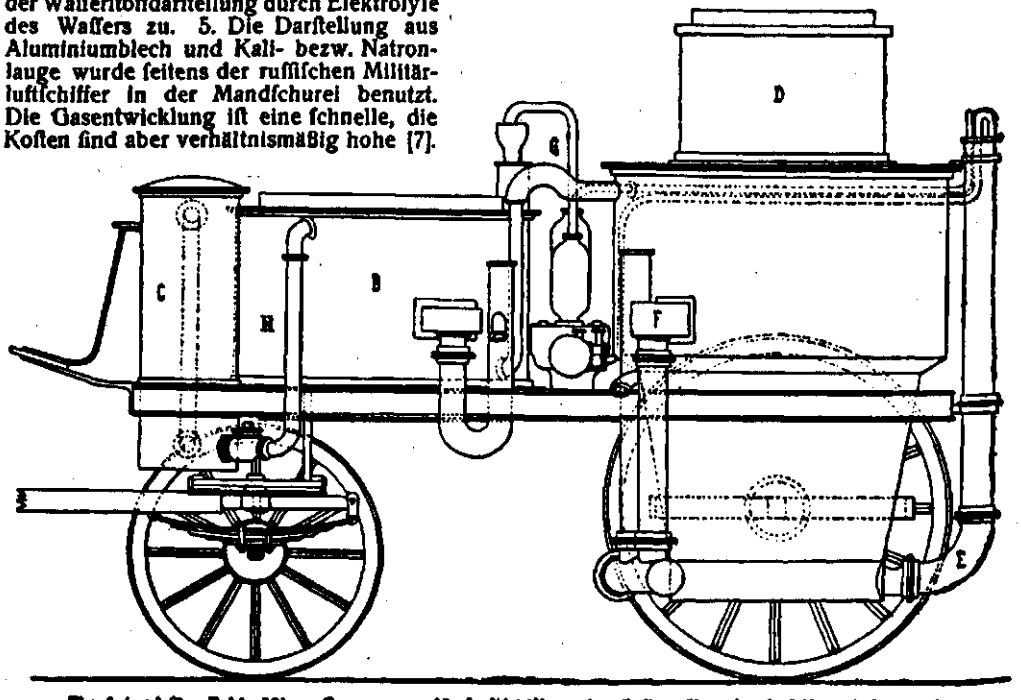


Fig. 1 (und 2). Feldmäßiger Gaserzeuger für Luftſchifferparks, Syſtem Yon, im Aufriß und Grundriß.

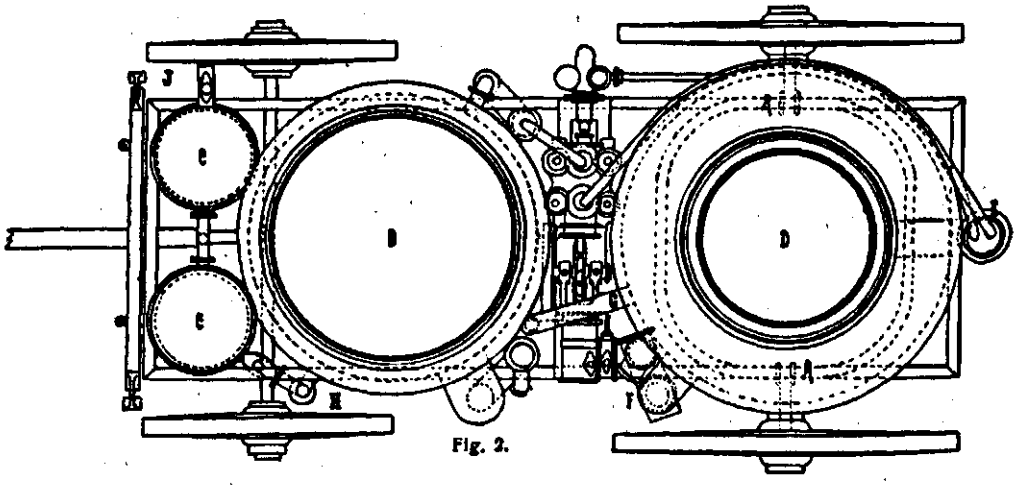


Fig. 2.

B. An fahrbaren Gaserzeugern. 1. Auf dem Prinzip ad A. 2. beruhend, konſtruierten Renard, Lachambre und Yon jeder einen fahrbaren, für den Feldkrieg beſtimmten Gaserzeuger. Der Apparat von Yon möge als Typ hierunter näher erläutert werden (ſ. Fig. 1 und 2). Seine Hauptteile ſind: der Erzeuger *A*, der Wäſcher *B* und die beiden Trockner *C*, *C*. Der Erzeuger, ein zylindriſcher, nach unten koniſch verlaufender Keſſel aus innen verbleitem Eiſenblech, hat einen kleinen, oben hydrauliſch abgeſchloſſenen zylindriſchen Aufſatz *D*, welcher zur Aufnahme des Eiſens oder Zinks dient, das durch ſeine Schwere mit der zunehmenden Zerſetzung des im Entwicklungsraum befindlichen Metalls von ſelbſt nachſinkt. Die verdünnte Schwefelſäure wird durch die Oeffnung *E* in den Entwickler hineingepumpt, das Sulfat fließt aus einem Syphon bei *F* durch einen Schlauch ab. Das Gas wird durch die Rohrleitung *G* in den Wäſcher übergeführt, durch welchen beſtändig Waſſer durchgepumpt wird, das mit feinem Sprühregen das Gefäß durchſpritzt. Das Gas geht alsdann durch die Verbindung *H* in die Trockner, deren einer mit Aetznatron, der andre mit Chlorkalk gefüllt iſt, um endlich durch einen Schlauch bei *J* in den Ballon überführt zu werden. Die Leiſtungsfähigkeit dieſes Gas-

erzeugers belief ſich auf 180 cbm Gas pro Stunde. Renards Apparat iſt ſchwerfälliger durch Anbringung zweier großen Entwickler aus innen verzinntem Kupferblech; er ſoll 300 cbm Gas pro Stunde liefern. Lachambre hat unter Berückſichtigung der großen Abnutzung und der leichten Verletzbarkeit der Entwickler bei ſeiner Konſtruktion deren vier angebracht [1], [5]. 2. Die Darſtellungsmethode der Waſſerſtoffbereitung aus Zinkſtaub und Kalkhydrat legten Majert und Richter in Berlin ihrem fahrbaren Gaserzeuger zugrunde. Ihr Apparat war ein fahrbarer Ofen, in welchem eine größere Anzahl horizontal gelagerter eiſerner Rohre ſtark erhitzt werden konnten. Dieſe Rohre dienten zur Aufnahme der aus Eiſenblech gefertigten Gaspatronen, die das Gemiſch der obigen Chemikalien enthielten. Die Gasentwicklung trat ſofort mit Erwärmung der Patronen ein. Das Gas wurde durch eine Waſſervorlage als Abſchluß der eiſernen Entwicklungsrohre in den Füllſchlauch des Ballons geführt. 3. Die Darſtellung der Ballonfüllgaſe aus Aluminium zu A. 5. wurde von den Ruſſen feldmäßig konſtruiert, um ſie auf Karren oder Saumtieren verladen überallhin verwenden zu können [7].

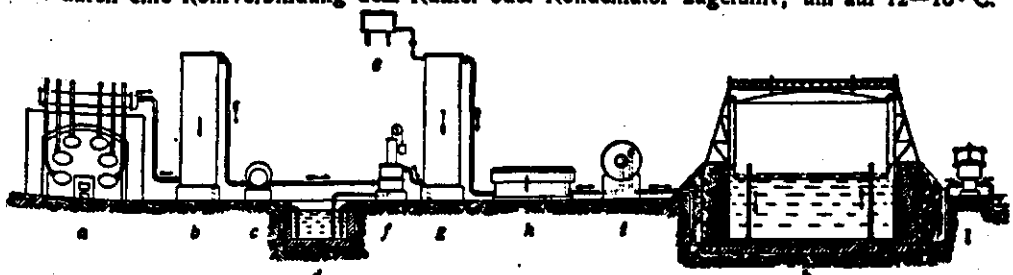
Die neuerdings übliche Mitführung komprimierten Gaſes in Gasflaſchen hat die Weiterentwicklung von Gaserzeugern einſtweilen zum Stillſtand gebracht [6].

Literatur: [1] Moedebeck, Taſchenbuch für Flugtechniker, Berlin 1904. — [2] Dupuy de Lôme, Note sur l'aérostat à hélice, mémoire de l'Académie des sciences, Bd. XL, 1892. — [3] Tiſſandier, G., Le grand ballon captif à vapeur de M. Henry Giffard, Paris 1878. — [4] Derſ., Les ballons dirigeables, Paris 1885. — [5] Revue de l'aéronautique, Paris 1889. — [6] Espitallier, G., L'hydrogène et ses applications en aéronautique, L'électrolyse de l'eau, Paris 1891. — [7] Illuſtrierte Aeronautiſche Mitteilungen, Straßburg i. E. 1897 - 1906. *Moedebeck.*

Gaserzeugungsmaſchinen, ſ. Leuchtgas und Luftgasapparate.

Gasfabrik, diejenige Fabrikanlage, in der das Leuchtgas erzeugt und gereinigt wird.

Der Gang der Gasfabrikation iſt in beiſtehender Figur ſchematiſch dargeſtellt. Die im Kohlenſchuppen lagernden Kohlen werden in das Retortenhaus gebracht, um in den Retortenöfen entgaſt zu werden. Je nach der Größe der Fabrik ſind in einem Ofengewölbe eine oder mehrere Retorten, ſelten über neun, eingebaut, die vorne ein gußeiſernes, aus dem Ofen heraustretendes Mundſtück (Retortenkopf) haben, das durch einen Deckel luftdicht verſchließbar iſt. In die auf ca. 1200° C. erhitzten Retorten werden die Kohlen mit Hilfe einer Lademulde oder mit der Wurfſchaufel, auf großen Werken mittels einer Lademaſchine eingebracht und ſchleunigſt der Deckel geſchloſſen, weil ſofort eine heftige Gasentwicklung beginnt. Das Gas entweicht durch das ſich an das Mundſtück anſchließende Steigrohr und tritt durch das mit dieſem verbundene Tauchrohr in die Vorlage, die ein Zurücktreten des Gaſes in die Retorten hindert. Es taucht nämlich das Rohr um ein beſtimmtes Maß in die in der Vorlage befindliche, aus Teer und Ammoniakwaſſer beſtehende Flüſſigkeit ein. Durch dieſen hydrauliſchen Verſchluß ſchlägt das aus den Retorten kommende Gas hindurch, ſammelt ſich im oberen Teile der Vorlage und wird durch eine Rohrverbindung dem Kühler oder Kondenſator zugeführt, um auf 12—15° C.



a Retortenofen mit Vorlage. *b* Kühler. *c* Gasſauger. *d* Zifterne. *e* Waſſerbehälter. *f* Teerwäſcher. *g* Gaswäſcher. *h* Reiniger. *i* Stationsgasmeſſer. *k* Gasbehälter. *l* Druckregler.

abgekühlt zu werden, wobei die im Gaſe enthaltenen Teer- und Ammoniakwaſſerdämpfe niedergeſchlagen und ausgeſchieden werden, und zwar nimmt man bei mittleren und größeren Anlagen zuerſt einen Luft- und dann einen Waſſerkühler. Es folgt nun der Gasſauger mit ſeinen Hilfsapparaten, dem Umlauf- oder Beipaßregler, um den Druck in der Vorlage auf Null zu halten, damit in den Retorten der Druck wenig mehr als der Atmoſphärendruck beträgt, weil alsdann die Gasausbeute etwas höher, die Verluſte durch Riſſe in den Retorten und die Graphitbildung an den Retortenwandungen geringer ſind. Es ſcheidet ſich in den Retorten Kohlenſtoff aus und ſetzt ſich als Graphit an den Wandungen feſt. Da der Kühler nicht allen Teer aus dem Gaſe auszuſcheiden vermag, läßt man das Gas zur Entfernung der letzten Teerteilchen weiter durch einen Teerſcheider oder -wäſcher gehen und führt dasſelbe dann in die Gaswäſcher oder Skrubber, um durch Waſchung mit nach und nach ammoniakärmerem Waſſer und ſchließlich mit reinem Waſſer das im Gaſe enthaltene Ammoniak ganz zu entfernen. Das Waſchwaſſer wird den Gaswäſchern aus höher gelegenen Reſervoiren, die mittels Pumpen gefüllt werden, zugeführt. Will man Naphthalin und Cyan aus dem Gaſe ausſcheiden, ſo ſchaltet man den hierzu dienenden Apparat hinter den Teerwäſcher und läßt dann noch einen Waſſerkühler folgen, bevor das Gas in den Gaswäſcher gelangt. Die aus Kühler, Teer- und Gaswäſcher abfließenden Kondenſationsprodukte, Teer- und Ammoniakwaſſer werden in Ziſternen, die vollkommen waſſerdicht in das Erdreich eingebaut werden, aufgeſammelt. Zweckmäßig teilt man dieſe in drei Kammern ein und läßt in die eine alle von den Apparaten kommenden Kondenſationsprodukte eintreten; der ſpezifiſch ſchwerere Teer lagert ſich unten und tritt von unten in die zweite Abteilung, während

das ſich oben anſammelnde Ammoniakwaſſer in die dritte Abteilung überfließt. Das Gas iſt noch vom Schwefelwaſſerſtoff zu reinigen, wozu es in die Reinigerkaſten, in denen die Reinigungsmaſſe auf Horden gelagert iſt, geführt wird. Meiſtens ſind vier Reiniger vorhanden, bisweilen drei, auf kleineren Werken oft nur zwei, deren Gang durch eine Wechſelvorrichtung derart geregelt wird, daß das Gas zuerſt in denjenigen, der die älteſte Maſſe enthält, und zuletzt in den mit der friſcheſten Maſſe tritt, während der vierte, mit friſcher Maſſe gefüllt, bereit ſteht eingeſchaltet zu werden, ſobald der Kaſten mit der älteſten Maſſe außer Betrieb geſetzt werden muß. Das nunmehr zum Gebrauch fertige Gas tritt alsdann in den Fabrikations- oder Stationsgasmeſſer zur Meſſung der Menge und wird darauf im Gasbehälter aufgeſpeichert. Von hier aus tritt das Gas durch den Druckregler in das Straßenrohrnetz des Beleuchtungsgebietes.

Auf den Gasfabriken werden die Erzeugung und die Reinigung des Gaſes räumlich voneinander getrennt, alſo das Retortenhaus vom Apparatenhaus. Die Lage des Kohlenſchuppens ſoll eine möglichſt bequeme Anfuhr der Kohlen geſtatten ſowie einen leichten Transport derſelben aus dieſem in das Retortenhaus ermöglichen; man baut ihn daher meiſtens direkt an das letztere an. Auf neuen Werken, namentlich auf großen, werden die Kohlen mittels mechaniſcher Transporteinrichtungen aus dem Lagerſchuppen in das Retortenhaus befördert. Das Retortenhaus muß geräumig und luftig ſein und erhält meiſt eine eiſerne Dachkonſtruktion mit einer Abzugslaterne oder -ſchlote, damit der beim Laden und Entleeren der Retorten entſtehende Rauch und Qualm leicht und ungehindert abziehen kann. Die Retortenöfen ſollen ſich nicht an die Umfaſſungsmauern des Gebäudes anlehnen, ſondern frei ſtehen; werden Oefen mit Generatorfeuerung angewendet, ſo erhält das Retortenhaus eine 3 m tiefe Unterkellerung, in der das Ausſchlacken der Generatoren vorgenommen wird, während bei den Halbgeneratoren ein 1,2—1,5 m tiefer Einſteigſchacht vor den Oefen genügt; für Roſtöfen fällt jede Unterkellerung fort. Wird zum Laden der Retorten eine Lademaſchine angewendet, ſo iſt in einiger Entfernung vor den Oefen und parallel zu dieſen ein Gleis anzulegen, auf dem ſich die Maſchine bewegt. Auch für das „Ziehen", d. i. das Entleeren der Retorten, werden auf einzelnen großen Werken Maſchinen angewendet; meiſtens geſchieht dieſes aber von Hand, indem eine eiſerne Stange, deren Ende einen kräftigen Haken bildet, in die geöffnete Retorte geführt und damit der Rückſtand der ausgegaſten Kohle, der Koks, herausgezogen wird. Der Koks fällt in einen vor den Ofen geſchobenen eiſernen Kokskarren, wird durch Uebergießen mit Waſſer abgelöſcht und auf den Kokslagerplatz gefahren. Auf größeren Werken wird häufig der Transport des Koks von den Oefen nach dem Lagerplatz auf mechaniſchem Wege mittels einer Transportrinne bewerkſtelligt.

Die Apparate zur Kühlung, Reinigung u. ſ. w. des Gaſes ſind im Apparatengebäude aufgeſtellt, das zweckmäßig in einzelne Räume zerlegt wird, und zwar in den Kühlerraum für Kühler, Teerſcheider und Wäſcher, den Reinigerraum für die Reinigerkäſten und den Regulierraum für Fabrikationsmeſſer, Druckmeſſertafel, Beipaßregulator und Druckregler; häufig finden hier auch die Abſperrvorrichtungen des Gasbehälters Unterkunft. Wenn ein auf kleinen Gaswerken nicht angewendeter Gasſauger vorhanden iſt, ſo wird derſelbe mit ſeinem Betriebsmotor und Umlaufregler entweder in einem Maſchinenraum aufgeſtellt oder bisweilen auch im Regulierraum. Weiter iſt ein Regenerierraum nötig, in dem die Reinigungsmaſſe regeneriert, d. i. wieder brauchbar gemacht wird; wenn tunlich, legt man dieſen Raum in nächſte Nähe des Reinigungsraumes. Die Lage der Pumpen für Teer, Ammoniak- und Klarwaſſer richtet ſich nach dem Aufſtellungsort der Refervoire und der Betriebskraft, falls ſolche vorhanden iſt; häufig bietet der Kühlerraum hierfür einen geeigneten Platz, weniger der Maſchinenraum, weil durch die unvermeidlichen Ausdünſtungen der Ammoniakwaſſerpumpe die Meſſingteile des Betriebsmotors ſtark angegriffen werden. Auf größeren Gaswerken pflegt man einen beſonderen Pumpenraum einzurichten; die Teerpumpe findet meiſtens auf der Teerziſterne ihren Platz. Außerdem iſt noch ein Raum für das Photometer und die Apparate zur Prüfung der Reinheit des Gaſes vorzuſehen, der, wenn dazu im Apparatengebäude kein Platz vorhanden iſt, im Verwaltungsgebäude eingerichtet werden kann. Kühler-, Reiniger- und Regenerierraum bleiben bis zum Dache offen und erhalten verſchließbare Ventilationseinrichtungen. Das Apparatengebäude wird mit Dampf- oder Warmwaſſerheizung verſehen und abends durch außen vor den Fenſtern angebrachte Laternen erleuchtet. Die die Apparate miteinander verbindenden Rohre, die Tauchtöpfe, welche die aus den Apparaten abfließenden Kondenſationsprodukte aufnehmen, ſowie die dieſelben in die Ziſternen führenden Teerleitungen liegen unter dem Fußboden in einer leicht zugänglichen Unterkellerung. Damit der in den Apparatleitungen ſich anſammelnde Teer an beſtimmten Punkten abfließen kann, erhalten ſie nach dieſen Punkten zu Gefälle. Auch die in dieſe Leitungen einzubauenden Abſperrvorrichtungen der einzelnen Apparate müſſen leicht zugänglich ſein und deren Handräder, mit denen ſie geöffnet und geſchloſſen werden, ſollen möglichſt über dem Fußboden liegen. Die Abſperrvorrichtungen müſſen ſo angeordnet werden, daß jeder einzelne Apparat einen Umgang erhält, d. h. außer Betrieb geſetzt werden kann, ohne auch die übrigen Apparate außer Tätigkeit ſetzen und den Betrieb unterbrechen zu müſſen. In den Umgang des Teerſcheiders muß eine Umgangsklappe eingeſchaltet werden, damit, wenn der Apparat ſich durch Teer mehr oder weniger verſtopft, das Gas ſich ſelbſttätig den Weg zu den folgenden Apparaten öffnet. Die Reinigung bedarf keines beſonderen Umganges, weil durch die hierfür zur Anwendung kommenden Wechſelvorrichtungen (ſ. Abſperrvorrichtungen) jeder Reiniger ausgeſchaltet und die Zahl der in Betrieb befindlichen Käſten in beſtimmter Folge geändert werden kann.

Die Lage von Kohlenſchuppen, Retorten- und Apparatenhaus zueinander kann mannigfach gewählt werden; nur iſt zu beachten, daß der Verkehr zwiſchen den Gebäuden und die Kontrolle nicht erſchwert wird und im Bedarfsfalle eine ſpätere Vergrößerung leicht durchführbar iſt.

Das Apparatenhaus wird auf kleinen Werken ſtets, auf mittleren häufig an das Retortenhaus, ohne irgendwelche Verbindung mit dieſem, angebaut, auf großen meiſtens als ſelbſtändiges

Gebäude errichtet. Auf großen Gaswerken zerlegt man das Apparatengebäude häufig in mehrere Einzelgebäude, z. B. in Kühlergebäude, Maschinenhaus, Reiniger-, Reguliergebäude u. s. w., die so gruppiert werden, daß ihre Reihenfolge dem Gange der Gasfabrikation entspricht. Die Lage der Gasbehälter zum Betriebsgebäude ist gleichgültig und richtet sich nach der Gestaltung des Grundstücks; im allgemeinen nimmt man darauf Rücksicht, daß die Verbindungsleitungen mit dem Apparatengebäude einen möglichst kurzen und einfachen Verlauf nehmen.

Für den Dampfkessel errichtet man, wenn man ihn nicht wie auf kleinen Werken im Retortenhause aufstellt, auf großen Werken ein eignes Gebäude, an das man zweckmäßig einen Bau für den Ammoniakdestillationsapparat anschließt, falls das Ammoniakwasser auf ammoniakalische Produkte verarbeitet werden soll. Beim Entwurf einer Gasfabrik ist auch auf einen nicht zu beengten Hofplatz Rücksicht zu nehmen, damit ohne Behinderung des Verkehrs eine größere Menge Koks gelagert werden kann. Weil zerkleinerter Koks besser verkäuflich ist als großstückiger, wie er aus den Retorten kommt, empfiehlt es sich, auf dem Koksplatz eine Koksbrechmaschine für Handbetrieb, auf großen Werken eine Koksaufbereitungsanlage mit Motorbetrieb aufzustellen. Ferner sind vorzusehen ein Raum zum Aufenthalt der Arbeiter während der Pausen, in Verbindung mit einer Badeeinrichtung; eine Werkstatt mit Schmiedefeuer und Schraubstock, ein Magazin, ein Verwaltungsgebäude mit Bureauräumen und mit Wohnung für den Betriebsleiter; endlich eine Brückenwage für Fuhrwerk.

Bei der Wahl des Grundstücks sind verschiedene Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Es muß für spätere Vergrößerung ausreichend sein und möglichst am tiefsten Punkte des Beleuchtungsgebietes liegen, namentlich wenn das letztere bedeutende Höhenunterschiede aufweist, denn da das Gas spezifisch leichter als atmosphärische Luft ist, hat es das Bestreben, aufwärts zu steigen, weshalb man bei einer tieferen Lage mit einem geringeren Druck auskommt, wodurch die Verluste infolge unvermeidlicher Undichtigkeiten des Rohrnetzes geringer werden. Bei einem spezifischen Gewichte des Gases von 0,38 entspricht einem Höhenunterschied von 10 m ein Druckunterschied von ± 8 mm Wassersäule. Auf eine bequeme Kohlenzufuhr und möglichst auf einen Eisenbahnanschluß sowie auf die Beschaffenheit des Baugrundes ist Rücksicht zu nehmen. Die Größe einer Gasfabrik ist in allen Teilen so zu bemessen, daß der vierundzwanzigstündige Maximalbedarf unter Berücksichtigung dessen mutmaßlicher Steigerung während einer Reihe folgender Jahre mit Sicherheit und ohne Ueberlastung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Apparate erzeugt werden kann. Dieses Maximum ist zu ermitteln aus der Anzahl der zu speisenden Laternen und Privatflammen unter Berücksichtigung einer allmählichen Zunahme bis zu einer bestimmten Grenze und einem Aufschlag von 10% für Verluste und Selbstverbrauch, oder man geht von der Einwohnerzahl aus, indem man einen bestimmten Jahresverbrauch pro Kopf annimmt, den man aus Vergleichung der Konsumverhältnisse von Städten ähnlicher Verhältnisse ermittelt und dabei die durchschnittliche jährliche Bevölkerungszunahme berücksichtigt. — Der tägliche Maximalbedarf beträgt durchschnittlich 0,5—0,6% des Jahresverbrauchs. Vgl. a. Gasbeleuchtung und Leuchtgas.

Literatur: Schilling, N. H., Handb. f. Steinkohlengasbeleuchtung, München 1879, 3. Aufl.; Zeitschr. d. Vereines deutscher Ingen., Bd. 36, S. 1133; Schillings Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, sämtliche Jahrgänge von 1858 bis 1905 an verschiedenen Stellen; Schaars Kalender für das Gas- und Wasserfach 1905 u. f. *Schaer.*

Transportanlagen für Gasanstalten. Durch sorgfältig ausgeführte Maschinenanlagen zur Beförderung und Lagerung von Kohlen, Koks und Reinigermasse lassen sich im Gasanstaltsbetrieb bedeutende Ersparnisse erzielen. Ferner kann man sich bis zu einem gewissen Grade dadurch von den Störungen durch Arbeitsniederlegung und von Preisschwankungen unabhängig machen, und endlich ist durch sie bei den Kohlen auch die Gefahr einer Selbstentzündung durch Umlagerung leichter und schneller abzuwenden, als es durch Menschenhände möglich ist.

Da nahezu alle unter Massentransport aufgeführten Förder- und Lagereinrichtungen neuerdings bei dem Bau von Gasanstalten verwendet werden, so ist hier auf dieses Stichwort und auf alle darunter fallenden Stichwörter verwiesen. Im übrigen sind zahlreiche Quellenangaben über Ausführungen und Entwürfe neuer Gasanstaltsanlagen angefügt in der

Literatur: Buhle, Das Ofenhausmodell auf der Weltausstellung in Paris 1900, Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1900, S. 634 ff., bezw. Technische Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern (Massengütern), Berlin 1901, 1. Teil, S. 101 ff.; Derf., Einrichtungen zur Beförderung und Lagerung von Kohlen, Coke und Reinigermasse für Gasanstaltsbetrieb, Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1901, S. 425 ff., bezw. Technische Hilfsmittel u. s. w., 1. Teil, S. 103 ff. (Brügge, Washington, Winterthur, Bielefeld, Mülhausen i. E., Allenstein, Charlottenburg II, s. a. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1902, S. 1470 ff. bezw. Technische Hilfsmittel u. s. w., 2. Teil, S. 47, Halberstadt, Lausche-Lichtenberg, Freiberg i. S., Essen, Haag, Kiel, Stockholm, Basel, Warschau, Bromberg, Kassel, Frederiksborg, Zürich, Darmstadt); Derf., in Glasers Annalen 1898, II, S. 68 ff., bezw. Buhle, Transport- und Lagerungseinrichtungen für Getreide und Kohle, Berlin 1899, S. 55 ff. (Wilhelmsburg bei Hamburg); ferner ebend., Tafel IV, bezw. Tafel X (Zürich); Derf., Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1900, S. 513, bezw. Technische Hilfsmittel u. s. w., 1. Teil, S. 80 ff. (New York und Milwaukee); desgl. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1900, S. 514, bezw. Technische Hilfsmittel u. s. w., 1. Teil, S. 81 (Berlin, Gitschiner Straße, vgl. a. 3. Teil, S. 108 u. S. 169); Derf., Deutsche Bauztg. 1904, S. 523, bezw. Technische Hilfsmittel u. s. w., 3. Teil, S. 5 (Berlin-Mariendorf); ebend. auch S. 77 und Taf. 1, Verhandl. des Vereins zur Beförd. des Gewerbfleißes, Sitzungsbericht vom 5. Dez. 1905, S. 294 und Tafel A (Berlin-Tegel), S. 68 ff. (Kassel, Merz-Rinne), S. 70 (Bamag. Marshall-Rinne, Verhandl. des Vereins zur Beförd. des Gewerbfleißes u. s. w., S. 284 ff.), S. 84 und 87 (Kokskarren), S. 94 (Königsberg, vgl. a. „Glückauf" 1905, S. 157 ff.); Weiß, A., Das neue Gaswerk der Stadt Zürich

in Schlieren, Zürich 1900 (Schweiz. Bauztg., Bd. 34, Nr. 17—26, 1899); Wuttke, Die deutſchen Städte (Städteausſtellung Dresden 1903), Text S. 233 ff.: Berlin-Tegel, Tafeln S. 97, 99, 100, Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing., Juni 1906; Bremen, Tafeln S. 102, 103; Charlottenburg, Tafel S. 104; Darmſtadt, Tafel S. 107—109; Kiel, Tafel S. 111; Leipzig, Tafel S. 112; Nürnberg, Tafel S. 113; Plauen i. V., Tafel S. 116; Blum, Journal für Gasbeleuchtung und Waſſerverſorgung 1901, S. 21 (Cokeaufbereitung und Coketransportanlagen in den Werken der Pariſer Geſellſchaft); Merz, ebend. 1902, S. 377 (Die neue Förderrinne für glühende Coke in der ſtädtiſchen Gasanſtalt zu Kaſſel); Drory, ebend. 1902, S. 537 ff. (Das Retortenhaus für Oefen mit geneigten Retorten und ſeine Entwicklung, Wien, Berlin-Gitſchiner Straße und Berlin-Mariendorf); Marſhall, ebend. 1902, S. 603 ff. (Mechaniſcher Kohlentransport); Keppler, ebend. 1902, S. 697 ff. (Die Kohlenverladevorrichtung des Gaswerkes in Nancy, Kreisführung mit beweglichem Pfeiler); Drory, ebend. 1903, S. 577 ff. (Das Gaswerk Mariendorf bei Berlin); Salzenberg, ebend. 1903, S. 617 (Ausbau des ſtädtiſchen Gaswerkes zu Krefeld); Aumund, ebend. 1903, S. 427 (Anlage und Wirtſchaftlichkeit moderner Transportanlagen); Bernhard, ebend. 1904, S. 289 ff. (Das neue ſtädtiſche Gaswerk in Rixdorf-Berlin); Kienle, ebend. 1904, S. 357 ff. (Transporteinrichtungen für Kohle und Koks auf einigen Gaswerken Großbritanniens); Peters, ebend. 1905, S. 240 ff. (Ueber Einrichtungen zur Förderung und Verarbeitung des Koks in Gasanſtalten); Eitle, ebend. 1905, S. 766 ff. (Koks-Löſch- und -Transporteinrichtungen); Menzel, ebend. 1905, S. 909 ff. (Kohlen- u. Koksfördereinrichtungen u. Retortenbeſchickung in mittleren Gasanſtalten). *M. Buhle.*

Gasfeuerung, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 292, und Feuerungsanlagen, S. 12.

Gasflaſche, in der Militärluftſchiffahrt verwendete Gasbehälter.

Es ſind dies ſtählerne Zylinder, am unteren Ende, dem Boden, geſchloſſen, am oberen Ende, dem Kopf, zuſammengewürgt und mit einem achtkantigen Ring verſehen. Der Ring enthält das Muttergewinde für das Flaſchenventil. Die deutſchen Flaſchen haben einen Hohlraum von 36 l und nehmen bei 150 Atmoſphären Druck etwas über 5 cbm Gas auf. Vgl. v. Tſchudi, Der Unterricht des Luftſchiffers, Berlin 1905. *Moedebeck.*

Gasgewinde, ſ. Gewinde und Schraubenſyſteme.

Gasglühlicht entſteht, wenn ein Körper, der im glühenden Zuſtande ein hohes Lichtausſtrahlungsvermögen beſitzt, durch eine entleuchtete Gasflamme in Weißglut gebracht wird. Man benutzt hier alſo nicht das Gas direkt zur Lichtentwicklung, ſondern ſetzt die vom Gaſe bei der Verbrennung entwickelte Wärme in Licht um.

1826 trat Drummond mit ſeinem Kalklicht hervor, das durch Erhitzen eines Kalk- oder Magneſiaſtiftes durch die Flamme eines Waſſerſtoff-Sauerſtoffgebläſes bis zur Weißglut entſteht; ſtatt Waſſerſtoff wurde hierzu auch Leuchtgas in Verbindung mit komprimiertem Sauerſtoff verwendet. — 1881 erhielt Clamond in Paris ein Patent auf einen Glühlichtbrenner, bei dem atmoſphäriſche Luft unter einem Druck von ca. 35 mm in den Brennerkörper und hier in Kammern, die durch beſondere Gasflämmchen geheizt werden, auf ca. 1000° C. erwärmt und dann in feinſter Verteilung in das Gasluftgemiſch geleitet wird. Durch die intenſive Wärmeentwicklung dieſer Gasluftmiſchung wird ein aus Magneſiageflecht beſtehender Glühkörper in heftige Weißglut verſetzt. — Popp in Paris (1882) verſetzt ein aus Platin oder feuerfeſtem Material hergeſtelltes Hütchen durch eine mit komprimierter warmer Luft geſpeiſte Gasflamme in Weißgluthitze. — Fahnehjelm in Stockholm ſtellt Glühkörper in Geſtalt feiner runder oder platter Nadeln aus feuerfeſten Materialien, wie z. B. Kaolin, Cyanit, Quarz, oder aus feuerfeſten Oxyden, wie Magneſia, Kalk, Zirkonerde, Kieſelſäure u. ſ. w., her, die an einem Bügel befeſtigt über dem Brenner einer Waſſergasflamme aufgehängt werden. — 1885 nahm Auer v. Welsbach in Wien ein Patent auf Leuchtkörper für Gasglühlichtbrenner, das darauf fußt, Gewebe oder einzelne zu Bündeln vereinigte Fäden mit einer Löſung von Salzen der ſogenannten ſeltenen Erdmetalle und des Magneſiums, die je nach der Farbe, die das Licht zeigen ſoll, gemiſcht werden, zu tränken. Dieſe Miſchungen laſſen nach dem Verbrennen der Gewebe oder Fäden die betreffenden Metalloxyde in Form eines Skeletts zurück, das durch eine Heizflamme zur Weißglut erhitzt wird. Nach einem 1887 erteilten Zuſatzpatent ſollen noch folgende Miſchungen und Stoffe verwendet werden: Lanthanoxyd, Yttriumoxyd und Thoroxyd, Lanthanoxyd und Thoroxyd, Ceroxyd und Thoroxyd, die Niobate der ſeltenen Erden und diejenigen von Thorium, Zirkonium und Magneſium, die Tantalate, die Silikate, die Titanate und Phosphate derſelben. Zur Erleichterung des Veraſchens wird Ammoniumnitrat der Imprägnierungsflüſſigkeit zugeſetzt. Das Verhältnis der Miſchungen iſt ca. 99% Thor- und ca. 1% Ceroxyd. Vgl. Erden, ſeltene.

Das Gewebe des Auerſchen Glühkörpers, ſeinem Ausſehen nach auch „Strumpf“ genannt, beſteht aus Baumwollengarn Nr. 70 oder aus Ramiefaſer, auch aus Seide. Iſt dasſelbe mit dem Fluid getränkt und getrocknet, erhält es auf einem Holzdorn ſeine für den Gebrauch erforderliche Form, wird dann an einem Drahtgalgen aufgehängt und abgebrannt, wobei zu beachten iſt, daß der Glühkörper eine gleichmäßige Geſtalt und glatte Oberfläche bekommt. Die für dieſen Glühkörper benutzten Brenner (ſ. Fig. 1) beſtehen aus einem Bunſenbrenner *a* mit der Ausſtrömungsdüſe und der über dieſen geſchobenen Brennerkrone *b*, die einen Stift entweder zentral oder, wie bei der in Oeſterreich üblichen Ausführung, ſeitlich trägt, an dem der Glühkörper aufgehängt wird, ſo daß ſich die Heizflamme in deſſen Innerem befindet. Die Austrittsöffnung der Brennerkrone iſt durch ein Metallſieb geſchloſſen zur Vermeidung eines Zurückſchlagens der Flamme, und in der Mitte befindet ſich eine Scheibe, um die Flamme mit der inneren Fläche des Glühkörpers in innige Berührung zu bringen. Die Anwendung der Regulierdüſe bezweckt durch Regelung der Größe der Ausſtrömungsöffnung für den jeweiligen

Fig. 2.

Glühkörper die höchſte Leuchtkraft zu erreichen. Die gebräuchlichen Brennergrößen ſind: Typ A, Juwelbrenner, ca. 50 l ſtündlicher Gasverbrauch mit ca. 35—40 Hefnerkerzen; Typ Q, gewöhnlicher Gasglühlichtbrenner für ca. 100—120 l ſtündlichen Gasverbrauch und ca. 70—80 Hefnerkerzen mittlerer Leuchtkraft. Der Gasverbrauch des Gasglühlichtes beträgt für eine Leuchtkraft von 1 Hefnerkerze ſtündlich 1,16—1,32 l. Der Lichteffekt iſt, abgeſehen von der Güte des Glühkörpers, abhängig vom Gasdruck und von der Heizkraft des Gaſes, alſo von deſſen Qualität. Die Abnahme der Leuchtkraft iſt bei den einzelnen Glühkörpern verſchieden; im Mittel kann man nach angeſtellten Verſuchen etwa 20% nach 500 Brennſtunden annehmen. Ein Nachlaſſen der Leuchtkraft iſt meiſt auf ein Verſtauben des Brenners, beſonders der Düſe, zurückzuführen. Auch die Lebensdauer der Glühkörper iſt ſehr verſchieden und hängt ſehr viel von der Behandlung ab; mit Sicherheit kann man 350—500 Brennſtunden annehmen; doch ſind vereinzelt auch 1000 und mehr Brennſtunden erreicht worden.

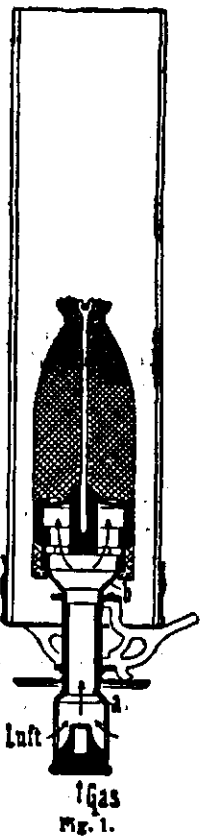


Fig. 1.

Außer den genannten Größen gibt es neuerdings noch ſogenannte Starklichtbrenner, bei welchen eine höhere Leuchtkraft entweder durch größere Brenner und Glühkörper oder durch erhöhte Luftzufuhr oder verſtärkten Druck erreicht wird. Eine höhere Leuchtkraft und zwar um ca. 14% gegenüber den glatten Zylindern wird durch Anwendung des Jenaer Lochzylinders erzielt, bei dem der Luftzutritt durch die Galerie des Brenners aufgehoben und in die Zone der Brenneroberkante durch ſechs ſeitliche Löcher *a* (Fig. 2) im Zylinder verlegt wird; bei dem Jenaer Hängezylinder findet der Luftzutritt in dem ringförmigen Zwiſchenraum zweier konzentriſcher Zylinder ſtatt, wodurch die Verbrennungsluft vorgewärmt und die Leuchtkraft des Glühkörpers um ca. 20% erhöht wird. Eine intenſivere Luftanſaugung und innigere Miſchung von Gas und Luft bezwecken auch die Brenner von Bandſept in Brüſſel und von Denayrouze. — Bei der Lukas-Lampe (D.R.P.) (Deutſche Beleuchtungs- und Heizinduſtrie-Aktiengeſellſchaft, Berlin S. 42) wird die hohe Lichtentfaltung (500 bis 1000 Hefnerkerzen) durch die anſaugende Wirkung eines hohen Schornſteins erzielt, indem dadurch erheblich mehr Luft als beim gewöhnlichen Brenner dem ausſtrömenden Gaſe zugeführt wird. Gas und Luft werden alsdann in dem langen und weiten Miſchrohre mit einer erhöhten Geſchwindigkeit dem Brenner zugeführt, die genügt, um die Verbrennungstemperatur erheblich zu ſteigern. Eine Leuchtkraft von 1 Hefnerkerze erfordert ca. 0,9—1,0 l Gas bei 30—40 mm Gasdruck. — Dem Glühlichtbrenner der Selas-Geſellſchaft wird das zur Erzeugung einer nicht leuchtenden Flamme erforderliche Gasluftgemiſch in einem dem Gasmeſſer ähnlichen Apparat hergeſtellt und dem einem Argand-Brenner ähnlichen Gasglühlichtbrenner entweder mit gewöhnlichem Druck oder mit erhöhtem Druck zugeführt. Demzufolge liefert die Selas-Geſellſchaft: a) Selas-Schwachlichtapparate in vier Größen für 100—500 Flammen, jede Flamme mit 70 Hefnerkerzen, und b) Selas-Starklichtapparate ebenfalls in vier Größen für 10—120 Lampen à 1000 Hefnerkerzen oder für 20—240 Lampen à 500 Hefnerkerzen Leuchtkraft bei einem Kraftbedarf von ¼—2 PS. Dem Gaſe wird nur ſo viel Luft beigemiſcht, daß keine exploſive Miſchung entſteht. Bei gleicher Helligkeit braucht der Selas-Brenner nur ca. ein Drittel bis die Hälfte an Gas wie der gewöhnliche Gasglühlichtbrenner. — Salzenbergs Kugellicht iſt ein Intenſivlicht, welches das elektriſche Bogenlicht durch vorteilhaftere Färbung und billigere Herſtellung übertrifft und bei dem ſich die Strahlen vom Glühkörper aus in radialer Richtung verteilen. Das entleuchtete Gas wird in einem Rezipienten mittels Druckpumpe auf 2—3 Atmoſphären Spannung gebracht und durch ein Druckventil dem Brenner unter einem konſtanten Betriebsdruck von 1,1 Atmoſphären zugeführt. Hinſichtlich des Lichteffektes laſſen ſich alle möglichen Zwiſchenſtufen von 100 bis 1000 Hefnerkerzen erzielen. Seinen Namen Kugellicht erhielt es durch das kugelartige Aufblähen des aus ſtarkem Gewebe hergeſtellten Glühlichtſtrumpfes. — Bei dem Millenlumslicht wird das Gas in einem Kompreſſor, deſſen Füllung zu drei Viertel aus ſäurefreiem Glyzerin und zu einem Viertel aus Waſſer beſteht, mittels einer Pumpe auf einen Waſſerſäulendruck von 1350—1450 mm gebracht und dem Brenner zugeführt. Der ſtarke Gasdruck ſaugt verhältnismäßig viel Luft an und es entſteht eine Art Gebläſeflamme, durch welche die hohe Lichtwirkung (bis 1000 Hefnerkerzen und darüber) erreicht wird. Der ſtarke Druck bedingt auch hier die Anwendung eines ſtarkmaſchigen Glühkörpers oder doppelte Glühkörper. Pro 1 Hefnerkerze ſollen 0,9—1,0 l Gas hinreichen.

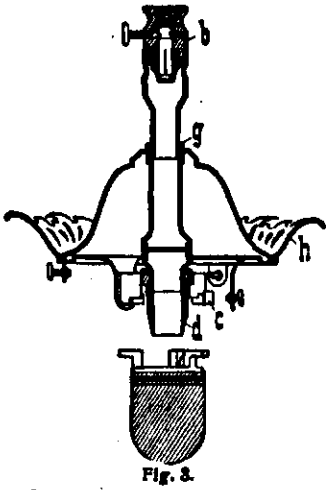


Fig. 3.

Das Beſtreben, eine Anordnung zu ſchaffen, bei der ähnlich wie beim elektriſchen Glühlicht die größte Lichtmenge nach unten geworfen wird, hat nach zahlreichen Verſuchen zur Konſtruktion des hängenden oder invertierten Gasglühlichtes geführt. Die Einrichtung beſteht, wie die Abbildung 3 der Invertlampe der Auer-Geſellſchaft zeigt, aus der Regulierſchlitzdüſe *b*, an die ſich das bei *g* geteilte und verſchraubte Brennerrohr anſchließt,

durch welches das Gasluftgemiſch zu dem am unteren Ende angebrachten, aus Magneſia hergeſtellten Brennerkopf *d* gelangt. Letzterer iſt umgeben mit dem ebenfalls aus Magneſia gefertigten Glühkörperträger *c*, der den Magneſiaring, an dem der Glühkörper befeſtigt iſt, mittels Bajonettverſchluſſes oder ähnlicher Einrichtung aufnimmt. Ueberdacht wird der Brenner durch eine Meſſingkappe, die am unteren Rande mit drei Schrauben zum Feſthalten des birnförmigen Schutzglaſes verſehen iſt. Umgeben iſt die Kappe durch einen verzierten Halter *h*, der zur Befeſtigung des Dekorationsglaſes dient. Die Verbrennungsgaſe entweichen aus einer derart angebrachten Oeffnung, daß der Strom eine zur Brennerachſe ſchräge Richtung einſchlägt, denn Bedingung für ein ruhig, hell und dauernd nach unten brennendes Gasglühlicht iſt, daß neben ſorgfältiger Einregulierung des Gasverbrauches die aufſteigenden heißen Verbrennungsgaſe von den Luftzuführungsöffnungen ferngehalten werden, weil ſonſt nach kurzer Zeit infolge zu großer Erwärmung nicht mehr die zur Erzielung einer vollkommen entleuchteten und rußfrei brennenden Heizflamme nötige Luftmenge angeſaugt werden kann. Auch muß friſche Luft ungehindert zur Kühlung des Miſchrohres an dieſes herantreten können. — Der Glühkörper iſt kleiner als bei den aufrecht ſtehenden Brennern und nach unten kugelförmig geſtaltet, damit er ſich der Form der invertierten Bunſenflamme möglicht anſchließt. Nach Verſuchen von Drehſchmidt gebraucht das beſte hängende Gasglühlicht für eine mittlere untere Helligkeit von 1 Hefnerkerze ſtündlich 1,08 l Gas, für die mittlere ſphäriſche 1,41 l, das ſtehende Gasglühlicht dagegen 2,01 bezw. 1,84 l. Demnach iſt das Hängegasglühlicht dem aufrechten nicht nur bezüglich der unteren hemiſphäriſchen, ſondern auch hinſichtlich der geſamten ſphäriſchen Helligkeit überlegen.

Literatur: Journal f. Gasbeleuchtung u. Waſſerverſorgung, Jahrg. 1883, 1886—88, 1891—1905; Hartwig, Das Gasglühlicht, Dresden 1894; Schaars Kalender f. d. Gas- u. Waſſerfach, Jahrg. 1905 ff.

G. F. Schaar. H. Meininger.

Gashammer, durch die Verbrennungsgaſe von Gas betriebener Hammer; bisher nur ſelten im Gebrauch.

Gasinhalationskrankheiten, ſ. Gewerbehygiene.

Gasketten, galvaniſche Elemente, in denen Gaſe, und zwar meiſtens elementare, wie Waſſerſtoff, Sauerſtoff, Chlor, elektromotoriſch wirkſam ſind.

Leitet man an ein platiniertes, d. h. mit Platinſchwarz überzogenes Platinblech, das etwa zur Hälfte in eine ſaure oder alkaliſche Löſung taucht, Waſſerſtoff, an ein zweites in derſelben Löſung Sauerſtoff, ſo bilden dieſe beiden Elektroden eine Waſſerſtoff-Sauerſtoff-Kette und zeigen gegeneinander eine von der Säure- bezw. Alkalikonzentration unabhängige elektromotoriſche Kraft von ca. 1,2 Volt; bei der Stromlieferung wird Waſſerſtoff und Sauerſtoff zu Waſſer vereinigt. Die elektromotoriſche Kraft läßt ſich aus dem Diſſoziationsgrad und dem Dampfdruck des Waſſerdampfes über der Löſung berechnen. Die analoge Chlorwaſſerſtoffkette, beſtehend aus Platin mit Waſſerſtoff und Platin mit Chlor beladen in verdünnter Salzſäure, hat eine elektromotoriſche Kraft von 1,35 Volt, die entſprechend aus der Diſſoziation und dem Partialdruck der Salzſäure über der Löſung zu berechnen iſt. Die mit den betreffenden Gaſen beladenen Platin- oder auch Palladiumelektroden verhalten ſich alſo, als wenn ſie aus metalliſchem Waſſerſtoff, Sauerſtoff oder Chlor beſtänden, nur hängt die elektromotoriſche Kraft ab von dem Druck der die Elektroden beladenden Gaſe.

Literatur: Nernſt, Theoretiſche Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903; Oſtwald, Chemiſche Energie, 2. Aufl.; Le Blanc, Lehrbuch der Elektrochemie, 3. Aufl., Leipzig 1903; Haber, Thermodynamik techniſcher Gasreaktionen, München und Berlin 1905.

F. Krüger.

Gaskohle, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 289.

Gaskraftmaſchinen, ſ. Verbrennungsmotoren.

Gaslampen, die zur Privatbeleuchtung dienenden Apparate, die an die Leitungen angeſchloſſen werden und die Brenner tragen. Je nachdem ſie an der Wand oder an der Decke befeſtigt werden, unterſcheidet man Wandlampen und Hängelampen; außerdem gibt es noch eine dritte Art, die transportabel iſt, die Stehlampen.

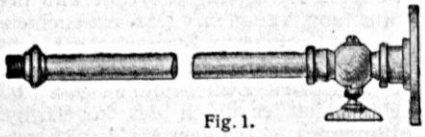


Fig. 1.

Fig. 4.

Fig. 2.

Fig. 3.

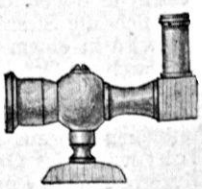


Fig. 5.

Gefertigt werden Lampen aus Meſſing- oder Eiſenrohr und einzelnen Gußſtücken, die Verzierungen aus Eiſenguß, Eiſenblech, Meſſingguß, Meſſingblech und Zinkguß. Sie werden bronziert, vernickelt, verkupfert oder auch echt oder unecht vergoldet, häufig auch poliert. Die Wandarme ſind entweder feſt oder beweglich.

Der feſte Wandarm (Fig. 1) beſteht an ſeinem hinteren Teil aus einer Scheibe oder Roſette mit innerem Gewinde, mittels deſſen er auf den Zapfen der Wandſcheibe der Gasleitung geſchraubt wird; an der Roſette, häufig mit dieſer zu einem Stück vereinigt, ſitzt in der Regel der Hahn, während vorne der Wandarm einen Brennerwinkel (Fig. 2) trägt, in den der Brenner hineingeſteckt wird. Für Rundbrenner trägt der Brennerwinkel ein äußeres Gewinde (Fig. 3). Bisweilen iſt das den Wandarm bildende Rohr vorne aufwärts gebogen und trägt hier eine Brennertülle (Fig. 4) zur Aufnahme des Brenners. Nicht immer ſitzt der Hahn an der Wand-

ſcheibe, ſondern auch vorne am Wandarm; wenn mit dem Brennerwinkel in einem Stück hergeſtellt (Fig. 5), wird er Kniehahn genannt. Soll der Wandarm beweglich ſein (Fig. 6), ſo erhält er eine Hinterbewegung, deren Einrichtung aus Fig. 7 hervorgeht; ſowohl Zapfen als auch Hülſe derſelben haben eine herumlaufende Nut, die den Gaszutritt in die Bohrung des Zapfens bei jeder Stellung vermittelt. Fig. 8 gibt eine Hinterbewegung für Wandarme, deren Hahn vorne ſitzt. Die mehrfachen Wandarme (Fig. 9) geſtatten, der Flamme eine größere oder kleinere Entfernung von der Wand zu geben. Sie beſtehen aus zwei oder drei übereinander liegenden Rohrſtücken, die durch Mittelbewegungen (Fig. 10) untereinander verbunden ſind; die Konſtruktion der letzteren iſt dieſelbe wie bei den Hinterbewegungen. Soll die Flamme gleichzeitig in vertikaler Richtung verſtellbar ſein, ſo benutzt man einen Parallelogrammarm (Fig. 11) mit vier Vertikalgelenkbewegungen (Kuliſſenbewegungen). Derſelbe beſteht aus zwei parallelen Armen, deren hintere Drehpunkte vertikal übereinander liegen und die vorne durch

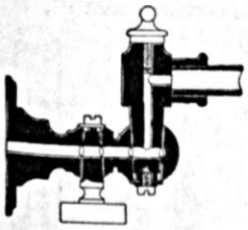


Fig. 7.

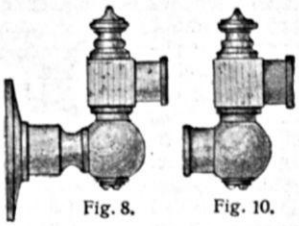


Fig. 8. Fig. 10.

Fig. 6.

Fig. 16.

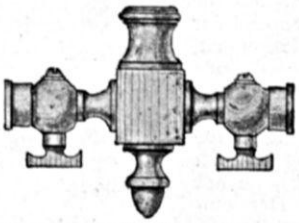


Fig. 15.

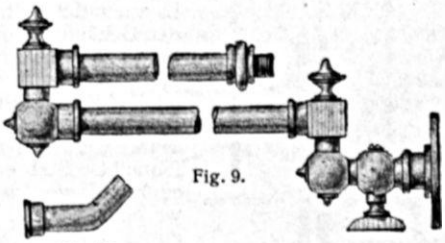


Fig. 9.

Fig. 17.

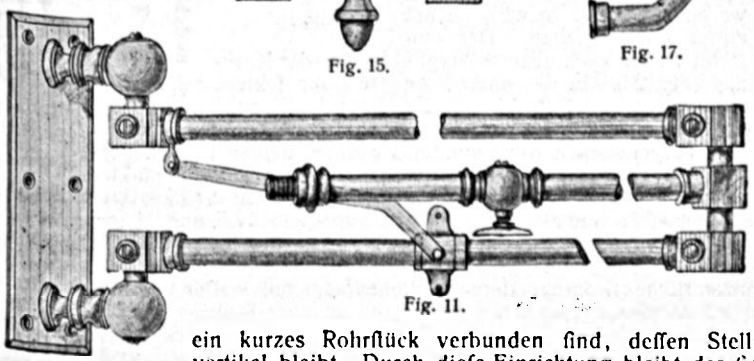


Fig. 11.

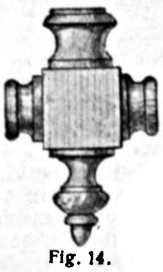


Fig. 14.

ein kurzes Rohrſtück verbunden ſind, deſſen Stellung ſtets vertikal bleibt. Durch dieſe Einrichtung bleibt der ſich an das kurze Zwiſchenrohr anſchließende vordere Arm mit der Brennertülle ſtets in horizontaler Lage.

Hängelampen beſtehen aus einem von der Decke herabhängenden Rohr, das unten einen oder mehrere horizontale Arme trägt, die zur Aufnahme der Brenner dienen. Solche mit einem Arm nennt man einfache Hängelampen, mit zwei Armen Doppelarme und mit drei oder mehr Armen Kronleuchter oder Lüſter. Bei einfachen Hängelampen iſt zur Verhütung eines Schiefhängens durch die einſeitige Belaſtung von Brenner und Glasumhüllung der untere Teil des Vertikalrohres häufig nach der dem Brenner entgegengeſetzten Seite in der in Fig. 12 und 13 dargeſtellten Weiſe ausgebaucht, bisweilen auch durch ein Gegengewicht ausbalanciert. Am Ende des horizontalen Teiles befindet ſich der Brennerwinkel, während der Hahn entweder hier oder am unteren Teil des Vertikalrohres ſitzt. — Ein gefälligeres Ausſehen gewährt die Lyra, bei der ſich unten an das Vertikalrohr ein Unterteil, aus einem lyraförmig gebogenen Rohr beſtehend, häufig mit Verzierungen verſehen, anſchließt, an deſſen tiefſtem Punkte der Hahn mit Brenner u. ſ. w. ſitzt. Die Ampel, bei der die Flamme durch eine Glasglocke eingeſchloſſen iſt, unterſcheidet ſich von der Lyra dadurch, daß ſie dreiteilig iſt, d. h. daß der Brenner mit dem oberen Rohrſtück durch drei Arme verbunden wird.

Fig. 12.

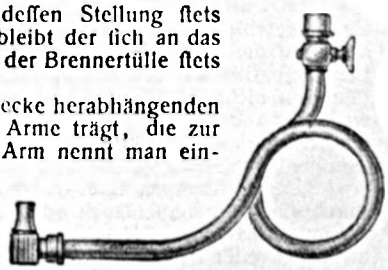


Fig. 13.

Bei den Doppelarmen und Kronen trägt das Vertikalrohr am unteren Ende einen Hohlkörper, den ſogenannten Korpus (Fig. 14), von kreisförmiger, quadratiſcher oder polygonaler Grundform, an den die einzelnen Arme angeſchraubt ſind. Jeder Arm erhält einen Hahn, der entweder unmittelbar am Korpus (Fig 15) oder an einer beliebigen Stelle des Armes (Zwiſchenhahn, Fig. 16) ſitzt. Auch Spitzhähne, die einerſeits eine Muffe mit innerem

Gewinde, anderſeits einen Zapfen mit äußerem Gewinde haben, finden häufig am Ende der Arme Anwendung. Doppelarme, die zur Beleuchtung von Billards dienen, erhalten ein Billardbrennerknie (Fig. 17), d. i. eine Brennertülle, die gegen die Horizontale einen Winkel von ca. 33° bildet, ſo daß der Brenner und mit ihm die Flamme eine geneigte Lage erhält.

Die Befeſtigung der Hängelampen geſchieht durch Ein- reſp. Anſchrauben an die Deckenſcheibe der Leitung; bei ſchweren, großen Kronleuchtern für Theater u. dergl. genügt dieſes allein nicht, vielmehr müſſen die Kronleuchter durch Ketten, Stangen u. ſ. w. gegen ein Herabfallen ſorgfältig geſichert werden. Eine an die Deckenſcheibe angeſchraubte Hängelampe geſtattet keine Beweglichkeit, und es wird infolge zufälliger Stöße die Verbindung leicht undicht. Deshalb iſt es zweckmäßig, der Lampe eine Beweglichkeit zu geben, indem oben zwiſchen der Deckenſcheibe und der Lampe ein Gelenkſtück (Fig. 18) eingeſchaltet wird, das eine Bewegung in einer Horizontalebene zuläßt. Beſſer iſt ein Kugelgelenk (Fig. 19), das der Lampe Beweglichkeit nach allen Richtungen gibt. Der Rohrzapfen des Kugelgelenkes, der beſtimmt iſt, in die Deckenſcheibe eingeſchraubt zu werden, hat unten eine abgedrehte, kugelförmige Erweiterung, die am tiefſten Punkte ein dem Lampenrohr entſprechendes Loch hat und eingeſchloſſen wird durch ein zweiteiliges Gehäuſe, an das ſich das Vertikalrohr der Lampe anſchließt. Der obere Teil des Gehäuſes iſt ſorgfältig auf die Kugel aufgeſchliffen, während der untere Teil etwas Spielraum hat, um eine Lederſcheibe behufs Dichtung zwiſchenzulegen; beide Teile werden feſt zuſammengeſchraubt. Soll eine Hängelampe auch auf- und abwärtsgeſchoben werden können, ſo wird ſie mit einem Zug verſehen. Der einfachſte, aber auch unzuverläſſigſte Zug iſt der Korkzug (Fig. 20). In das obere, weitere Rohr ſchiebt ſich ein engeres Rohr hinein, das unten den Korpus mit den Armen trägt, und es iſt die Dichtung durch einen 40—50 mm langen, mit Fett eingeriebenen Korkzylinder zwiſchen beiden Rohren hergeſtellt, während beim Stopfbüchſenzug (Fig. 21) die Dichtung durch eine mit ölgetränkter Wolle oder Baumwolle verpackte Stopfbüchſe bewirkt wird. Bei dieſen beiden Arten unterſcheidet man ſchwache Züge aus 16 und 9,5 mm, mittlere Züge aus 17,5 und 11 mm, ſtarke Züge aus 19 und 12,5 mm weiten Meſſingrohren hergeſtellt. Die Waſſerzüge (Fig. 22) geben den Lampen ein gefälligeres Ausſehen und haben einen hydrauliſchen Verſchluß. Der untere Teil beſteht aus zwei konzentriſchen Rohren, deren Zwiſchenraum mit Waſſer gefüllt wird und in den das obere Rohr ſich hineinſchiebt. Der Unterteil iſt an über Rollen geführten Ketten aufgehängt und durch an dieſen befeſtigte Gegengewichte abbalanciert. Da ſich drei Rohre ineinander ſchieben, ſo wird das äußere Rohr ſtärker als bei den andern Zügen, wodurch nur zu leicht die Lampe ein plumpes Ausſehen erhält. Um dieſes zu vermeiden, geben manche Lampenfabrikanten den Rohren zu enge Dimenſionen, wodurch der Nachteil entſteht, daß den Flammen nicht genügend Gas zugeführt wird. Die Waſſerzüge bedürfen einer Beaufſichtigung, weil durch Verdunſtung des Waſſers ſchließlich der Verſchluß aufgehoben wird und das Gas in den Raum entweicht; beſſer iſt es daher, dem Waſſer etwas Glyzerin zuzuſetzen, weil dann weniger leicht eine Verdunſtung eintritt.

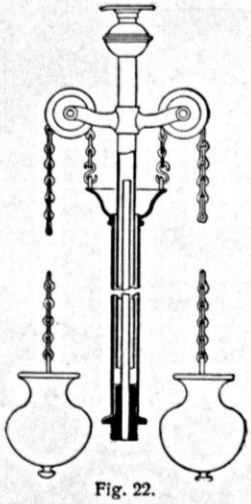


Fig. 22.

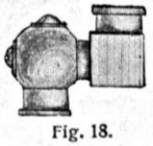


Fig. 18.

Fig. 23.

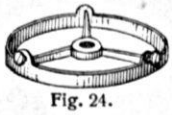


Fig. 24.

Fig. 21.

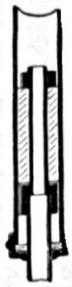


Fig. 20.

Fig. 19.

Die Stehlampen ſind transportabel, werden vorzugsweiſe für Arbeitstiſche benutzt und durch einen Gummiſchlauch oder einen biegſamen Metallſchlauch mit dem Schlauchhahn der Leitung verbunden. Der Brenner iſt entweder am oberen Ende der Lampe angebracht, und zwar entweder feſt oder vertikal verſtellbar, oder er befindet ſich am Ende eines horizontalen Armes, der vertikal verſtellbar iſt. Der Schlauchzapfen befindet ſich entweder unten am Fuße oder nahe dem Brenner, bei den Lampen mit verſtellbarem Arm am hinteren Ende des letzteren; der Hahn iſt in der Regel nahe dem Brenner angebracht. Die Werkſtattleuchter ſind einfache Stehlampen aus Eiſen mit verſtellbarem Arm.

Alle genannten Lampenarten finden auch für ſtehendes und für hängendes Gasglühlicht (ſ. d.) Anwendung.

Als Träger der Glasumhüllung bringt man in geeigneter Entfernung unterhalb der Flamme ein Schalenkreuz oder einen Glockenhalter an. Das Schalenkreuz (Fig. 23) hat drei Arme, deren Enden umgebogen ſind und über den Rand der Schale greifen; am Ende des einen Armes iſt ein Schräubchen vorhanden, das gegen den Schalenrand angezogen wird. Der Glockenhalter (Fig. 24) iſt ein geſchloſſener Ring mit drei Preßſchräubchen zum Feſthalten der Glocke. Der Schirmhalter für Milchglasſchirme beſteht aus einem über die Galerie des Rundbrenners geſchobenen Ring, an dem drei Arme mit umgebogenem Rande befeſtigt ſind, auf denen der Schirm ruht. Bisweilen ſind die äußeren Enden der Arme durch einen geſchloſſenen Reif verbunden. Die Träger für Papierſchirme beſtehen aus drei vertikal gerichteten Meſſingdrähten, die an einen die Brennergalerie umfaſſenden Ring angelötet ſind, oder aus einem Drahtgeſtell, das mit feinen umgebogenen Enden oben an den Glaszylinder gehängt wird. Mitunter wendet

man über den Flammen Rauchfänger oder Blaker an, um eine Färbung der Zimmerdecke zu verhüten. Diese bestehen aus emailliertem Eisenblech oder aus Glimmer (Marienglas, Mika), haben glockenförmige, schirmartige oder plattenförmige Gestalt und werden entweder an der Lampe in einiger Entfernung über den Flammen oder mittels kleiner Messingfedern auf den oberen Zylinderrand befestigt.

Zu den Gaslampen gehören auch die jetzt kaum noch angewendeten Sonnenbrenner für große Räume, die nahe der Zimmerdecke angebracht und mit Ventilationseinrichtung zur Ableitung der Verbrennungsgase und verdorbenen Zimmerluft versehen sind. Eine Anzahl Korpusse oder ringförmige Rohre, an deren Umfängen Schnitt- oder Zweilochbrenner horizontal angeordnet sind, sind kreisförmig um ein gemeinsames Zuführungsrohr gruppiert. Ueber den Flammen befindet sich ein Reflektor aus emailliertem Eisenblech von parabolischer oder kugelsegmentförmiger Form, der sich oben in ein Ventilationsrohr fortsetzt.

Statt dieser durch das Gasglühlicht verdrängten Beleuchtungsart werden vielfach Gruppenbrenner verwendet, bei denen mehrere Gasglühlichtbrenner in einer großen, mit einem Reflektor überdachten Glasglocke vereinigt sind. *Schaer.*

Gaslichtpapier (s. a. Chlorsilbergelatine), ein mit Chlorbromsilber-Gelatineemulsion überzogenes Papier, das nach dem Kopieren unter einem Negative mit Hydrochinon, Metol oder andern ähnlichen photographischen Entwicklern entwickelt wird.

Die Chlorbromsilberpapiere werden absichtlich nur in mäßig empfindlicher Form hergestellt, so daß man in gewöhnlichen Zimmern, die mit schwachem Lampen- oder Gaslicht erhellt sind, damit arbeiten kann, während die Belichtung bei hellem, stark genähertem Gaslicht (am besten Auerbrenner) eventuell sogar einige Minuten (bei elektrischem Bogenlicht viel kürzer) braucht. Man bedient sich dieser Chlorbrompapiere (die übrigens unter verschiedenen Namen, wie „Velox", „Lenta", Tulapapier u. s. w., in den Handel kommen) zur Herstellung positiver Kopien, die meistens einen wärmeren Ton zeigen als reine Bromsilberpapiere.

Literatur: Eder, Handbuch der Photographie, 5. Aufl., Bd. 3, Halle a. S. 1903; Liesegang, L. H., Chlorsilber-Schnelldruckpapier, Düsseldorf 1901. *J. M. Eder.*

Gaslokomotiven, Fördermotoren, deren Antrieb durch die aufeinander folgenden Explosionswirkungen eines Gemenges von Leuchtgas oder Petroleum- oder Benzindünsten mit atmosphärischer Luft hervorgerufen wird. Sie dienen hauptsächlich zum Betriebe von Straßenbahnen (Gasbahnen) [1], Feldbahnen, Grubenbahnen u. s. w., doch wurden sie in neuerer Zeit fast überall durch elektrische Motoren ersetzt. Der Gasmotor hat sich in der Form der Motorwagen (Triebwagen, Kraftwagen, Selbstläufer) auf Lokal- und Kleinbahnen wie auch im Betrieb der Hauptbahnen erhalten.

Die Gasmotoren besitzen Eigenschaften, die sie für den Betrieb der Selbstfahrwagen geeignet erscheinen lassen: einfache und leichte Beschaffung der Betriebskraft, regelmäßiger Gang, einfache Wartung; dagegen haften ihnen auch Uebelstände an: Notwendigkeit eines Schwungrades zum Ausgleich der Umdrehungsgeschwindigkeit, besonderes Getriebe (Zahnrad oder Reibungsräder) zur Erzielung verschiedener Geschwindigkeiten, Ingangsetzung des Motors von Hand aus, eigne Vorkehrungen, um den Sinn der Bewegung des Fahrzeugs wechseln zu können. Es ist in neuerer Zeit gelungen, diese Uebelstände minder fühlbar zu machen [2]. Zu den älteren Systemen gehören jene von Grob, Pintsch, Hasser & Cie. [3], Holt & Crossley [3], Hädicke [3]; Montelar [3], Krauß [3]; sie sind nicht von dauerndem Erfolge gewesen. Der wichtigste Vertreter der „Leuchtgasmotoren" ist die Gaslokomotive (oder der Motorwagen) Lührig. Das in Behältern mitgeführte Gas von 7—8 Atmosphären Pressung gelangt nach entsprechender Druckverminderung in einem zweizylindrigen Motor zur Tätigkeit. Die Bewegung der Schwungradwelle, die 260—280 Umdrehungen in der Minute macht, wird von Zahnrädern und Reibungskupplungen auf die Wagenachsen übertragen; während kurzer Aufenthalte läuft der Motor mit 80 Umdrehungen in der Minute. Lührigs Wagen lief 6 Jahre in Dessau, einige Zeit auch auf der Linie Warmbrunn—Hirschberg, wurde aber durch elektrischen Betrieb ersetzt; er tritt entschieden immer mehr in den Hintergrund. Der Verbrauch an Gas stellt sich auf 450—600 l für einen Fahrkilometer. Der Petroleummotor hat keine nennenswerte Anwendung gefunden [4]. — Am erfolgreichsten und wohl auch am günstigsten stellt sich der Benzinmotor von Daimler. Das Benzin strömt aus den Behältern dem Vergasapparat und den Brennern unter geringem Drucke zu; im ersteren vollzieht sich selbsttätig die Bildung des Gasgemisches, das zum Betriebe dient, im richtigen Verhältnisse; durch das erste Herabgehen des Maschinenkolbens wird das Gemisch angesaugt, durch das erste Hinaufgehen verdichtet; beim höchsten Kolbenstande bringt ein Zündhütchen oder elektrischer Funke das brennbare Gemisch zur Explosion, wodurch der Kolben abwärtsgetrieben und die Kurbelwelle betätigt wird; beim zweiten Hinaufgehen des Kolbens entströmen die verbrannten Gase. Die größte Förderung hat der Daimler-Wagen auf den württembergischen Staatsbahnen erfahren; er steht auch bei den schweizerischen Bundesbahnen u. s. w. in Verwendung. Der Verbrauch an Benzin stellt sich auf 265—330 g für ein Wagenkilometer [6].

Literatur: [1] Gostkowski, Die Gasbahn, Schillings Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1893; Röll, Encyklopädie des Eisenbahnwesens; Haarmann, Die Kleinbahnen 1896. — [2] Birk, Betrieb der Lokalbahnen, Zeitschr. für das ges. Lokal- und Straßenbahnw. 1900, S. 1; 1905, S. 1; Theoretische und praktische Betrachtungen über die Berechnung von Explosionsmotoren für Selbstfahrer, Le Génie civil 1901, 21. Jahrg., Nr. 13. — [3] Praktischer Maschinen-

konſtrukteur 1886; Ziffer, E. A., Protokoll des internat. perman. Straßenb.-Ver. 1894. — [4] Railroad Gazette 1893, Nr. 43; Zeitſchr. für Transportw. und Straßenbau 1893; Mitteil. des Ver. für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnw. 1900, S. 155; Zeitſchr. für Transportw. und Straßenbahnen 1901, S. 562. — [5] Le Génie civil 1903, 42. Bd., S. 404; Engineering 1904, S. 220. — [6] Mitteil. des Ver. für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnw. 1893, S. 257; 1901, S. 359; Zeitg. des Ver. Deutſch. Eiſenb.-Verw. 1903, S. 701; Revue générale des chemins de fer 1903, II, S. 348; Zeitg. des Ver. Deutſch. Eiſenb.-Verw. 1904, S. 560. *Alfred Birk.*

Gasmaſchinen, ſ. Verbrennungsmotoren.

Gasmeſſer (Gasuhr), Apparate zur Meſſung der in beſtimmter Zeit durch das Gaszuleitungsrohr ſtrömenden Gasmenge, von denen ein großes Exemplar in der Gasanſtalt direkt vor der Hauptleitung zum Gasbehälter angebracht wird (Hauptgasmeſſer oder Stationsgasmeſſer) und die ganze Gaserzeugung der Gasanſtalt mißt, während die kleineren Gasmeſſer oder Gasuhren an den Verbrauchsſtellen, in den Häuſern, Etagen, Fabriken, vor Gasmotoren u. ſ. w. aufgeſtellt ſind.

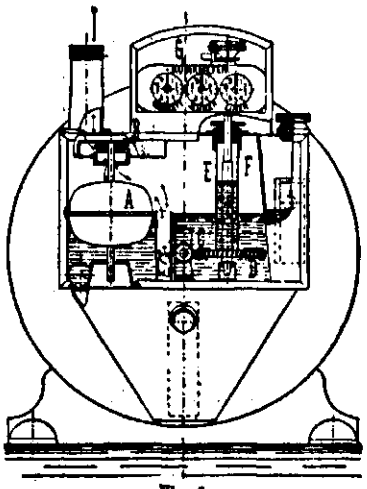


Fig. 1.

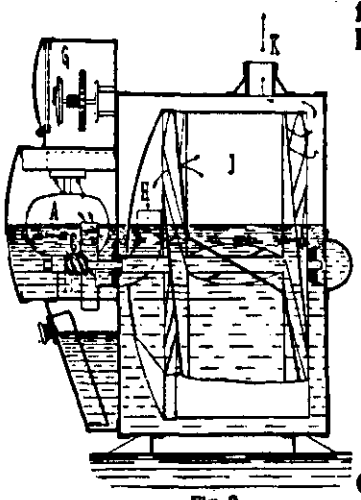


Fig. 2.

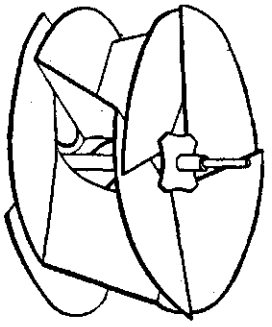


Fig. 3.

Nach der Art der Abdichtung unterſcheidet man zwei Hauptſyſteme, naſſe und trockene Gasmeſſer. Die erſteren ſind weitaus am meiſten in Gebrauch und ſind mit Waſſer, Glyzerin oder Chlormagneſium als Dichtungs- oder Abſperrflüſſigkeit gefüllt.

Naſſe Gasmeſſer. Die Konſtruktion eines der gebräuchlichſten Syſteme iſt aus den Fig. 1—3 zu erſehen. Die älteſte Form desſelben ſtammt aus dem Jahre 1816 von S. Clegg und iſt noch heute in faſt unveränderter Form im Gebrauch. Crosley iſt der Erfinder der vierkammerigen Trommel, die ſich im Innern des Gasmeſſers dreht. Dieſelbe iſt in Fig. 2 mit *J* bezeichnet und in Fig. 3 mit abgenommenem Mantel dargeſtellt. Sie enthält vier ſchraubenförmig gebildete Flügel, deren radiale, ſchrägſtehende Wände allmählich in die Abdichtungsflüſſigkeit eintauchen und dadurch das auf der einen (linken) Seite (Fig. 2) einſtrömende Gas nach der andern (rechten) Seite verdrängen, von wo es durch das Rohr *K* zur Verbrauchsſtelle ſtrömt. Die Einſtrömung in die Trommel erfolgt durch den Rohrkrümmer *H*. Durch ihre Umdrehung ſetzt die Trommel vermittelſt der Schraube *C* und des Schraubenrads *D* das Zählwerk *G* in Bewegung, deſſen ſtehende Antriebswelle *E* in der Hülſe *F* gelagert iſt. Der Inhalt der Trommel iſt je nach der Größe der Gasuhr und der Anzahl der Flammen, für die derſelbe beſtimmt iſt, verſchieden und entſpricht jeder Umdrehung eine beſtimmte, vom Zählwerk angegebene Gasmenge. — Eine Hauptfehlerquelle für die Richtigkeit dieſer Angaben liegt in der allmählichen Verdunſtung des in der Gasuhr enthaltenen Waſſers. Da infolge der Verdunſtung der Waſſerſpiegel im Gehäuſe, alſo auch in der Trommel ſinkt, ſo wird der vom Gas erfüllte Trommelinhalt dadurch größer, während die Uhr nur die der Anzahl der Umdrehungen entſprechende Gasmenge anzeigt, alſo zuungunſten der Gasanſtalt eine geringere Gasmenge erkennen läßt, als tatſächlich durch die Gasuhr gegangen iſt. Um dieſe Ungenauigkeit einigermaßen zu beſeitigen, dient folgende Vorrichtung: In der vor der Trommel befindlichen Kammer, in die das Gas aus der Zuleitung durch das Ventil einſtrömt, iſt ein Schwimmer *A* angebracht, der mittels einer Ventilſtange das Droſſelventil *B* trägt. Sinkt nun der Waſſerſtand im Gehäuſe, ſo bewirkt das damit Hand in Hand gehende Sinken des Schwimmers und Ventils *B* eine Verengerung der Eintrittsöffnung in den Gasmeſſer, wodurch bei ſonſt gleichbleibendem Gasdruck in der Rohrleitung die in der Zeiteinheit durchſtrömende Gasmenge verringert wird. Außerdem wird ſeitens der Gasanſtalten in beſtimmten Zeitabſchnitten (alle 4—6 Wochen) das Waſſer in den Gasuhren nachgefüllt. Die Verluſte durch den vorerwähnten Uebelſtand betragen:

bei Gasmeſſern für weniger als 5 Flammen bis zu 10 %,
" " " 5—10 " " 9 "
" " " mehr als 10 " " 8 "

Ein zweiter Uebelſtand, der den naſſen Gasmeſſern anhaftet, iſt die Gefahr des Einfrierens bei großer Kälte. Um dies zu verhindern, wird 1. der Gasmeſſer möglichſt froſtfrei

aufgeſtellt, auch wohl im Winter mit ſchlechten Wärmeleitern eingepackt oder in der Nähe der Heizkammern bei Zentralheizungsanlagen angebracht, jedoch in ſolchem Abſtand, daß keine Vermehrung der Verdunſtung des in der Uhr befindlichen Waſſers ſtattfindet; 2. wird derſelbe ſtatt mit Waſſer mit Glyzerin oder Chlormagneſiumlöſung angefüllt. Die Glyzerinfüllung hat jedoch wieder den Nachteil, daß durch das Glyzerin nach und nach das Metall der Trommel und des Gehäuſes angefreſſen wird, weshalb die Trommeln aus Britanniametall hergeſtellt werden, wodurch ihr Preis bedeutend erhöht wird. Am beſten haben ſich Chlormagneſiumlöſungen ſowohl gegen Einfrieren als auch gegen Verdunſten bewährt; doch finden einfache Waſſerfüllungen noch immer der größeren Einfachheit und Billigkeit halber die meiſte Anwendung. — Die Größe der Gasmeſſer, die zur Anwendung kommen, iſt abhängig von der Flammenzahl oder dem entſprechenden ſtündlichen Gasverbrauch, wobei für einen gewöhnlichen Zweilochbrenner ein ſtündlicher Gasverbrauch von 0,15 cbm meiſtens zugrunde gelegt wird. § 78 der Eichordnung gibt als Mindeſtwert 0,142 cbm für eine Gasflamme an.

Für die eichamtlich geprüften, normalen Gasmeſſer gelten folgende Zahlen:

Anzahl der Flammen:																	
3	5	10	20	30	40	50	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600	800
Stündlicher Gasverbrauch, Kubikmeter:																	
0,45	0,75	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	12,0	15,0	22,5	30	37,5	45,0	60,0	75,0	90,0	120,0
Meßraum der Trommel, Liter:																	
3,6	7,1	14	29	42	56	71	83	111	143	211	286.						
Umdrehungszahl der Trommel ca.:																	
120	110	105	105	105						100							

Für Stationsmeſſer gelten folgende Normen:

Stündlicher Durchgang in Kubikmetern	14	70	140	250	500	1700
Innerer Durchmeſſer des Gehäuſes in Millimetern .	810	1425	1580	1805	2435	3295
Innere Länge des Gehäuſes in Millimetern	720	980	1435	1910	2200	3455
Durchmeſſer der Ein- und Ausgangsrohre in Millimetern	80	125	150	200	250	500

Die Preiſe der Gasuhren ſind aus folgender Tabelle zu erſehen:

Flammenzahl	3	5	10	50	100	150	200
Ein- und Ausgangsöffnung . . . . . mm	13	19	19	39	52	64	64
Preis (für Waſſerfüllung) ausſchl. Eichgebühren ℳ	29	35	45	118	240	350	430
Eichgebühren . . . . . ℳ	2,20	2,80	4	7,60	10,0	11,40	12,10

Außer dem in den Fig. 1—3 abgebildeten Gasmeſſer gibt es noch verſchiedene Syſteme naſſer Gasmeſſer, von denen diejenigen von Heiſe, Warner & Cowann, Siry, Lizars & Co., Elſter u. ſ. w. Erwähnung finden mögen.

Trockene Gasmeſſer. Dieſelben beſtehen aus einem Gehäuſe und meiſtens zwei (ſelten mehr) Kammern mit beweglicher Wand, deren Füllungen und Entleerungen durch das unter dem Druck der Gasbehälter ſtehende Gas ſelbſttätig geſchieht, wobei die hin und her gehende bezw. pendelnde Bewegung der Wände zum Antrieb des Zählwerkes und der Steuerung des Ein- und Auslaſſes des Gaſes dient. Ein trockener Gasmeſſer (Syſtem III der Syſtematiſierung des Eichamtes) iſt in den Fig. 4—6 abgebildet. Das Gas tritt durch das Eintrittsrohr *A* und ein an dasſelbe anſchließendes horizontales Verbindungsrohr *B* in eine Verteilungskammer *C*, in der zwei ſchrägliegende Schieber *D* auf Schieberſpiegeln *E* hin und her gleiten. Je nach der Stellung dieſer Schieber ſtrömt das Gas entweder in einen der beiden Bälge F_1 und F_2 oder aus einem derſelben durch die im Schieber befindliche Höhlung und einen Verbindungskanal *G* nach dem Ausſtrömungsrohr *H*. Durch das ein- und ausſtrömende Gas werden die Außenwände der Bälge hin und her bewegt und hierdurch vermittelſt der ſtehenden Achſe *J*, der Hebel K_1 und K_2 und kleiner Kurbeln *L* die Schieber *D* und das Zählwerk *Z* in Bewegung geſetzt. Die trockenen Gasmeſſer haben gegenüber den naſſen den Vorzug der Unveränderlichkeit der Angaben, des Fortfalls der Möglichkeit des Einfrierens und des Erforderniſſes des Nachfüllens ſowie eines geringeren Gewichtes. Auch ſie ſind in drei Ausführungsformen (Syſtem III, IV und V) als Normalgasmeſſer eichamtlich zugelaſſen. Ihre Preiſe ſind nahezu dieſelben wie diejenigen der naſſen Gasmeſſer, während die Eichungsgebühren etwas höher ſind. — Eine ſehr eingehende Beſchreibung der eichfähigen Gasmeſſer findet ſich unter dem Titel „Beſchreibung und Erläuterung zu den bildlichen Darſtellungen der eichfähigen Gasmeſſerkonſtruktionen“ in den „Beilagen zum 8. Teil des 2. Abſchnitts der Inſtruktion vom 1. Mai 1885, herausgegeben von der Kaiſ. Normaleichungskommiſſion Berlin“.

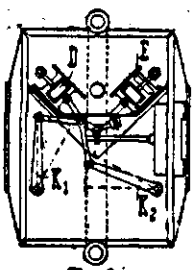


Fig. 6.

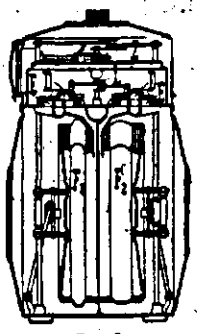


Fig. 5.

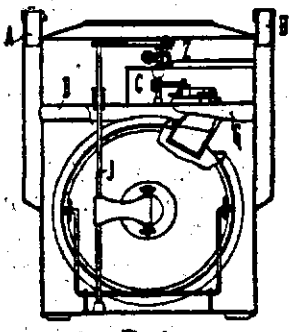


Fig. 4.

Zur Prüfung der Gasmeſſer auf ihren Inhalt dienen die ſogenannten Kubizierapparate, die aus einem ſtehenden zylindriſchen Kübel nebſt Rohrleitung, einer Glocke mit Gegengewicht und einem Gerüſt mit Seilrolle und Ausgleichsſpirale nebſt Ausgleichsgewicht beſtehen. Der aus genietetem Eiſenblech hergeſtellte Kübel hat dicht über ſeinem Boden eine Ablaßſchraube. Die Rohrleitung beſteht aus einem unterhalb des Kübelbodens angebrachten horizontalen Stücke

und zwei vertikalen, bis zur Kübeloberkante reichenden Enden. Das innere, oben offene Rohrſtück ſteht mitten im Kübel und kommuniziert mit dem Luftraum der Glocke. Das andre Rohrſtück geht außen an der Kübelwand in die Höhe und endigt in einen mit einem Manometer in Verbindung ſtehenden Hahn, an den ſich die nach dem zu unterſuchenden Gasmeſſer führende Luftleitung anſchließt. Um auch ſehr kleine durchzulaſſende Luftmengen genau einſtellen zu können, iſt der Ausgangshahn mit einem Mikrometerumgang verſehen, in dem ein Hahn angebracht iſt, deſſen Wirbel durch Schnecke und Schraubenrad gedreht wird und mit einer Einteilung verſehen iſt, die genau die Durchgangsmengen erkennen läßt. Die Wirkungsweiſe dieſes Apparates iſt folgende: Nachdem der Kübel bei geöffnetem Ausgangshahn mit Waſſer gefüllt iſt, wird dieſer Hahn geſchloſſen, der Lufthahn geöffnet und durch Auflegen aller Platten auf den Teller des Gegengewichts die Glocke gehoben, wobei die Glocke Luft von außen einſaugt. Iſt die Glocke in der höchſten Stellung angelangt, bei der die am äußeren Glockenmantel angebrachte Skala, durch ein davor befindliches Viſier geſehen, auf dem Nullpunkt ſteht, ſo wird der Lufthahn geſchloſſen, dann durch Abnahme einer beſtimmten Anzahl von Platten am Gegengewicht der gewünſchte Druck durch Niederſenken der Glocke eingeſtellt (bei der Eichung 40 mm Waſſerſäule), der am Manometer abgeleſen wird und hierauf durch langſames und vorſichtiges Oeffnen des Lufthahnes die Glocke auf Null oder eine volle Hundertliterzahl eingeſtellt, worauf der Apparat gebrauchsfertig iſt. Beim Eichen wird nun genau ſo viel Luft unter Druck durch den an die Luftleitung angeſchloſſenen Gasmeſſer gelaſſen, als der Gradmeſſer in beſtimmter Zeit (z. B. einer Stunde) anzeigt, alſo z. B. bei einem Meſſer von fünf Flammen 0,75 cbm. Iſt dieſe Luftmenge aus dem Kubizierapparat ausgefloſſen, ſo wird der Abflußhahn geſchloſſen, die Angabe des Zählwerks des Gasmeſſers mit derjenigen des Kubizierapparats verglichen und hierdurch die Abweichung der Gasuhr von der genauen Angabe des Kubizierapparats oder der Eichungsfehler ermittelt. Kubizierapparate der beſchriebenen Art liefert S. Elſter, Berlin NO., Neue Königsſtraße 68.

Eine höchſt originelle Neuerung auf dem Gebiete der Gasmeſſerkonſtruktionen ſind die Gasmeſſer mit Vorausbezahlung, die **Gasautomaten** [2], die, aus England und Amerika ſtammend, in den letzten Jahren in Deutſchland eine ſich immer mehr ausbreitende Verwendung gefunden haben. Die Eigentümlichkeit derſelben beruht darin, daß nach Einwurf eines beſtimmten Geldſtückes ſich ein Abſperrorgan öffnet und genau ſo viel Gas durch den Meſſer ſtrömen läßt als dem Werte des Geldſtückes (10-Pfennig-Stück) entſpricht und hierauf ſich ſelbſttätig wieder ſchließt. Die Einrichtung geſtattet auch, mehrere Geldſtücke gleichzeitig in den Automaten zu ſtecken, um ununterbrochen eine größere Gasmenge zu erhalten. Die Annehmlichkeit derſelben beſteht hauptſächlich in der weſentlichen Erleichterung des Gasverbrauches für die ärmere Bevölkerung, indem das Gas in kleineren Mengen und mit jedesmaligen geringen Geldaufwendungen bezogen werden kann, wodurch anderſeits den Gaswerken eine Vermehrung der Gasabgabe und der Einnahmen erwächſt, auch das Einkaſſieren der Gasgelder erleichtert wird.

Literatur: [1] Homann, Die eichfähigen Gasmeſſerkonſtruktionen, München 1894, und Journal für Gasbeleuchtung 1893, Heft 32—36. — [2] Gasmeſſer, automatiſch wirkende, Journal für Gasbeleuchtung 1894, S. 154; Gasmeſſer mit Vorausbezahlung, ebend. 1894, S. 253; Gasuhren mit automatiſcher Zahlung, Revue industr. 1894, S. 365; Gasautomaten verſchiedener Konſtruktionen, Einführung u. ſ. w., Journal für Gasbeleuchtung 1898, 1899, 1900, 1901, 1903 u. ff. an verſchiedenen Stellen, worüber das Regiſter zu vergleichen. *Schaar.*

Gasmotoren, ſ. Verbrennungsmotoren.

Gasmotorwagen, ſ. Gaslokomotiven.

Gasöl, ſ. Mineralöle.

Gasofen, ſ. Heizung geſchloſſener Räume; für technologiſche Zwecke ſ. Oefen.

Gafolin, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 292, und Petroleum.

Gafometer, ſ. v. w. Gasmeſſer, unrichtigerweiſe vielfach für Gasbehälter gebraucht, ſ. d. und Gasfabrik.

Gasquellen, natürliche Ausſtrömungen von Gaſen, beſonders von Kohlenſäure und von Kohlenwaſſerſtoffen. Sie finden ſich vorwiegend in der Nähe von Vulkanen, ſolche von Kohlenwaſſerſtoffgas aber da, wo in der Tiefe die Umwandlungsprodukte pflanzlicher Stoffe vorliegen (Baku, Apennin, Nordamerika), aus denen dem Leuchtgas ähnliche Gasarten hervorgehen.

Die oft unter einem beträchtlichen Druck ausſtrömenden Gaſe verurſachen ein weithin hörbares, ziſchendes Geräuſch und bilden, wenn brennbar und entzündet, mächtige Feuerſäulen oder Erdfeuer (Baku) bis 30 m Höhe. In einigen Fällen wird mit den ausſtrömenden Gaſen zugleich Waſſer ausgeworfen. In neueſter Zeit bekannt ſind die Gasquellen von Wels (Oberöſterreich), die in 115 m Tiefe im ſogenannten Schlier (Tertiärformation) erbohrt wurden. Sie lieferten vorwiegend Kohlenwaſſerſtoffgas, dem kleine Mengen von Schwefelwaſſerſtoff beigemengt ſind. Auch aus Steinſalzlagern ſind Gasquellen der nämlichen chemiſchen Verbindungen bekannt, z. B. bei Szlatina in Ungarn wird Kohlenwaſſerſtoffgas zur Grubenbeleuchtung verwendet. Einer ähnlichen Benutzung zu Leucht- oder Heizzwecken unterliegen andre Gasquellen. In China wird das gleiche Gas zum Einſieden der Salzſolen verwendet. *Leppla.*

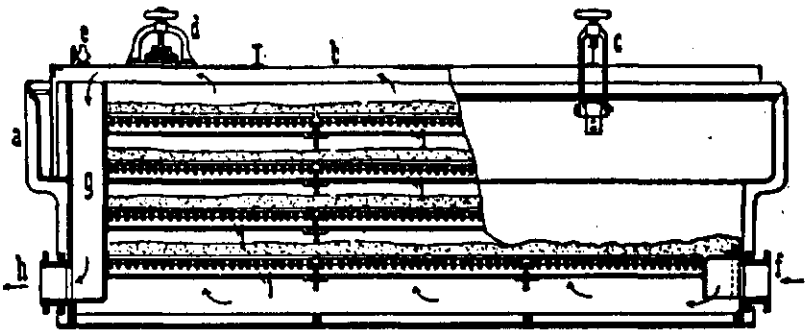
Gasregulator, ſ. Gasbeleuchtung, Druckregler, Verbrauchsregler.

Gasreiniger ſind die Apparate, in denen das von Teer und Ammoniak

befreite Gas von feinen Schwefelverbindungen, insbefondere dem Schwefelwafferftoff, befreit wird.

Clegg wendete für diefe Reinigung zuerft Kalk an, den er anfänglich in das Gasbehälterbaffin warf, leitete aber bereits 1807 das Gas durch ein mit Kalkmilch gefülltes Gefäß; fpäter wurden rotierende Reiniger angewendet, bei denen in einem mit Kalkmilch gefüllten Gefäß eine aus Scheiben gebildete Trommel gelagert ift, durch die das Gas hindurchgehen mußte. Beim Uebergang von diefer naffen Reinigung zur trockenen wandte man Kaften an, in denen das trockene Reinigungsmaterial, durch welches das Gas geleitet wird, auf Horden mehr oder weniger ftark gelagert ift. Philips ließ fich 1817 Kaften ohne Böden, die in einem flachen, mit Waffer gefüllten Baffin ftanden, patentieren, während Malam 1823 ein Patent auf Kaften nahm, denen im wefentlichen die heute gebräuchlichen Reinigerkaften gleichen.

Die Reiniger (f. die Figur) beftehen aus gußeifernen, aus einzelnen Platten zufammengefchraubten Kaften; zur Erzielung einer glatten Auflagerfläche liegen die Flanfche der Seitenplatten nach außen, die der Bodenplatten meiftens nach innen, und um eine ebene Bodenfläche zu bekommen, wird der Boden alsdann durch eine Ziegelfteinfchicht in Zement oder durch Beton ausgefüllt. An den inneren Wandungen find vier übereinander liegende fchmale Rippen angegoffen zum Auflager für die Horden, die außerdem auf eingelegten fchmiedeeifernen Trägern ruhen. Oben um den Kaften läuft eine Taffe *a* von ca. 150 mm Weite und 400—500 mm Tiefe, in die fich der fchmiedeeiferne Blechdeckel *b* hineinfetzt und die zur Erzielung eines gasdichten Verfchluffes mit Waffer gefüllt wird. Außen an der Taffe find Bügel *c* mit Preßfchrauben oder Riegel u. dergl. angebracht, um den Deckel feftzuhalten, damit er nicht vom Gasdruck gehoben wird. Auf dem Deckel ift ein Luftventil *d* angebracht, d. i. eine durch eine Platte gasdicht verfchließbare Oeffnung, durch welche die fich beim Aufletzen des Deckels auf den Kaften zufammenpreffende Luft abgelaffen werden kann. Außerdem find auf dem Deckel angebracht ein Probierhahn *e*, um die Reinheit des durch den Kaften gegangenen Gafes prüfen zu können, ferner Ringe oder Oefen, in welche die Ketten der über den Reinigern angebrachten Aufzugsvorrichtung zum Aufheben des Deckels eingehängt werden. In einer der Seitenwände befindet fich die Eingangsöffnung *f* des Gafes, deren Lage fich nach der Anordnung der ganzen Anlage richtet. Liegt diefelbe ganz oder zum Teil höher als die Unterkante der unterften Hordenlage, fo ift im Reiniger vor diefer ein nach unten offener Kaften angebracht, damit das Gas fich unten anfammelt und von unten nach oben durch die fämtlichen Hordenlagen ftreicht. Das Gas fammelt fich zwifchen der oberften Hordenlage und dem Deckel an und gelangt durch einen im Reinigerkaften angebrachten Kanal *g*, der nur oben offen ift, zu der ebenfalls in einer der Wände befindlichen Ausgangsöffnung *h*. — Die Horden *i*, auf denen die Reinigungsmaffe gelagert wird, beftehen aus kiefernen oder tannenen konifchen Holzleiften von 40—80 mm Höhe, oben etwa 8—12 mm, unten etwa 5—6 mm breit, die fo miteinander verbunden find, daß oben zwifchen je zwei Leiften ein Spalt von 5—8 mm verbleibt. Ueblich ift es, in jeden Reinigerkaften vier Hordenlagen zu legen, auf denen die Reinigermaffe gleichmäßig hoch in etwa 100 mm ftarken Schichten gelagert wird, und zwar fo, daß zwifchen der Maffe der einen Lage und der Hordenunterfläche der folgenden etwas Spielraum verbleibt. — Die Horden Patent Jäger beftehen aus den Kanalhorden, die vertikale Verteilungskanäle für den Eintritt und den Austritt des Gafes bilden, und den dreikantigen Stabhorden, welche die Maffe tragen. Aus den vertikalen Eintrittskanälen kommend ftreicht das Gas horizontal durch die zwifchen den Stäben lagernde Maffe und verläßt den Reiniger durch die Ausgangskanäle. Mit diefen Horden wird eine größere Leiftung des Reinigers als mit gewöhnlichen Horizontalhorden erzielt. Dasfelbe erreicht man auch, wenn man bei Horizontalhorden den Gasftrom im Reiniger derart teilt, daß ein Teil desfelben die eine Hälfte der Hordenlagen von unten nach oben, der andre Teil die übrigen Lagen von oben nach unten paffiert. Dazu führt man entweder das Gas in der Mitte zwifchen den mittleren Lagen ein und läßt es teils unter dem Deckel, teils unter der unterften Hordenlage aus dem Reiniger austreten, oder man läßt einen Teil des Gafes unter dem Deckel, den andern über dem Boden eintreten und beide Gasftröme vereint in der Mitte zwifchen den Hordenlagen aus dem Reiniger austreten. — Die günftigfte Wirkung der Reinigungsmaffe wird bei einer Durchgangsgefchwindigkeit von 5 mm pro Sekunde erzielt, im äußerften Falle find 8 mm zuläffig; danach ift die Grundfläche zu berechnen.



Früher wendete man als Reinigungsmaffe trockenes Kalkhydrat in Pulverform an, doch veranlaßte die Schwierigkeit der Beleitigung des ausgenutzten Kalkes die Gasanftalten, zur Eifenreinigung überzugehen, die jetzt allgemein in Gebrauch ift; f. Reinigungsmaffe.

Literatur: Journal für Gasbeleuchtung und Waffervorforgung 1903, 1904, 1905; Ueberficht über neuere Apparate für das Gasfach von der Berlin-Anhalt. Maichinenbau-Akt.-Ges. *Schaer.*

Gasrohrleitungen dienen zur Fortleitung des Gases; diejenigen, die zur Verteilung des Gases in den Straßenzügen des Beleuchtungsgebietes dienen, sind die Hauptleitungen, während die von diesen abzweigenden Zuleitungen das Gas den einzelnen Laternen und Gebäuden zuführen. Das Ganze bildet ein zusammenhängendes Rohrnetz.

Wie die Hauptleitungen zu führen und welche Weiten ihnen zu geben sind, hängt von lokalen Verhältnissen und von den den einzelnen Punkten zuzuführenden Gasmengen ab; Bedingung ist, daß das Gas den Verbrauchstellen mit möglichst konstantem Druck und mit möglichst wenig Druckverlust zugeführt wird. Da der Druckverlust proportional der Leitungslänge und umgekehrt proportional der fünften Potenz des Rohrdurchmessers ist, so ist es notwendig, wenn entfernt liegende Orte an eine Gasanstalt angeschlossen werden sollen und damit diese Fernversorgung mit Rücksicht auf die Rentabilität durch Rohre von verhältnismäßig geringem Durchmesser bewirkt werden kann, den Anfangsdruck des Gases mittels Kompressoren auf mehrere Meter Wassersäule zu erhöhen.

Bezeichnet Q die Gasmenge in Kubikmetern, die eine Leitung von l m Länge stündlich liefern soll, h den zulässigen Druckverlust in Millimetern Wassersäule, s das spezifische Gewicht des Gases, bezogen auf Luft als Einheit, so ist der lichte Durchmesser in Millimetern: $d = 11{,}449 \sqrt[5]{\frac{Q^2 s l}{h}}$. Wenn der lichte Durchmesser bekannt ist, so berechnet sich die stündliche Gasmenge: $Q = 0{,}0022543\, d^2 \sqrt{\frac{h\,d}{s\,l}}$. Steigt die Leitung z. B. um 10 m, so findet eine Druckzunahme von 8 mm statt, und es ist in diesen Formeln für den Druckverlust $(h - 8)$ mm einzusetzen und, wenn sie fällt, $(h + 8)$ mm. In diesen Formeln ist die Gasmenge, die unterwegs abgegeben wird, nicht berücksichtigt, weil die abzugebenden Mengen stets verschieden und klein, und die Entfernungen der Abgabestellen sehr ungleich sind, daher das Resultat nicht wesentlich beeinträchtigt wird.

Die Hauptleitungen werden aus gußeisernen geraden Muffenrohren und aus Formstücken, das sind Stücke, die an den Stellen, an denen Richtungsänderungen, Kreuzungen, Abzweigungen u. s. w. stattfinden, verwendet werden, hergestellt. Diese Rohre und Formstücke werden in ihren einzelnen Abmessungen von den deutschen Rohrgießereien nach bestimmten Normalien hergestellt (s. Rohre, gußeiserne). Neuerdings werden auch Mannesmann-Muffenstahlrohre, die zum Schutze gegen Rost mit asphaltierter Jute umhüllt sind, angewendet. Die gasdichte Verbindung wird mit Teerstricken und Bleiverguß bewerkstelligt; Gummi hat sich als Muffendichtung weniger dauerhaft erwiesen und wird nur dann angewendet, wenn die Dichtung eine gewisse Beweglichkeit behalten muß wie bei Brücken, die Schwankungen ausgesetzt sind. Um das durch Kondensation der im Gase enthaltenen Wasserdämpfe sich bildende und das durch Undichtigkeiten mitunter eintretende Wasser aus den Leitungen zu entfernen, gibt man diesen etwas Gefälle nach einem am tiefsten Punkte der Strecke einzubauenden Wassertopf, auch Siphon genannt (Fig. 1).

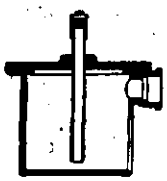


Fig. 1.

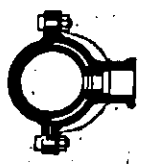


Fig. 2.

Die Wassertöpfe sind zylindrische Gefäße mit seitlichen Muffen für den Anschluß der Rohre und durch einen aufgeschraubten Deckel gasdicht verschlossen. Auf dem Deckel ist ein schmiedeeisernes Rohr, das Saugrohr, von 20—25 mm befestigt, das bis fast auf den Boden des Topfes hinabreicht und bis nahe unter das Straßenniveau aufwärts geführt ist und in eine durch einen Pfropfen geschlossene Verschraubung endigt, auf die eine Wassertopf- oder Siphonpumpe geschraubt wird, um das im Topfe angesammelte Wasser zu entfernen. Zum Schutze der Verschraubung ist in die Straßenfläche ein Straßenkasten, d. i. ein gußeiserner Kasten mit Deckel, eingebaut. Das Gefälle der Leitung und damit die Entfernung je zweier Wassertöpfe voneinander richtet sich nach örtlichen Verhältnissen und soll pro laufenden Meter keinenfalls weniger als 6 mm betragen.

Die Tiefe der Leitungen ist so zu wählen, daß die höchsten Punkte mindestens 600 mm unter dem Straßenniveau liegen, während man mit den tiefsten Punkten selten tiefer als 1 m geht. Hat die Straße an sich Gefälle, so folgt man diesem und legt die Leitung gleichmäßig tief unter das Niveau. Bei der Ueberführung von Leitungen über Brücken legt man dieselben entweder unter das Brückenpflaster oder seitlich an die Brücke auf schmiedeeisernen Trägern und umgibt sie mit einem mit schlechten Wärmeleitern ausgefüllten Kasten. Bei langen Brücken, wo durch Temperaturdifferenzen die Leitung einer bedeutenden Längenausdehnung unterworfen ist, sind in dieselbe Stopfbüchsen einzuschalten, in denen die Rohre sich ein und aus schieben können. Ist man genötigt, Rohrleitungen durch Wasserläufe zu führen, so geschieht dies mittels sogenannter Dükerrohre, das sind Rohre aus 10—15 mm starken Kesselblechen, die in das Bett des Wasserlaufes versenkt werden. An jedem Ende befindet sich ein Wassertopf, von dem aus, je nach Beschaffenheit der Ufer, vertikal oder geneigt Rohre aufsteigen, an die sich die Straßenleitungen anschließen. Auf dem Grunde des Wasserlaufes wird eine Rinne ausgebaggert, in die man den Düker versenkt, den man bei starken Strömungen durch eingerammte Pfähle gegen Verschiebung aus seiner Lage schützt. Zum Schutze gegen Beschädigung durch das Auswerfen von Schiffsankern muß der Düker 1 m tief in das Flußbett versenkt werden. — Für die Zuleitungen werden schmiedeeiserne Rohre verwendet, die man, wenn deren Durchmesser nicht größer ist als ein Viertel desjenigen des Hauptrohres, in dieses einschraubt. Für den Anschluß größerer Zuleitungen setzt man entweder einen Abzweig in das Hauptrohr oder setzt auf dieses eine Anbohrschelle, auch Ueberwurf genannt.

Die Anbohrſchelle (Fig. 2) beſteht aus einer Muffe mit angegoſſenem Bügel, der ſich auf das Rohr ſetzt und mit einem die andre Rohrhälfte umfaſſenden ſchmiedeeiſernen Bügel feſt zuſammengeſchraubt wird. Die Dichtung auf das Hauptrohr wird durch eine Lederſcheibe oder durch einen mit Hanf umwickelten und mit Mennige getränkten Pappring hergeſtellt. Sobald die Anbohrſchelle befeſtigt iſt, wird durch die Muffe hindurch das Loch in das Hauptrohr eingebohrt. Bohrt man erſt das Loch und legt dann die Schelle um das Rohr, ſo kommt es leicht vor, daß Muffe und Loch nicht genau konzentriſch zueinander ſitzen. In die Muffe wird das ſchmiedeeiſerne Rohr entweder direkt mit Teerſtrick und Blei eingedichtet oder man bleit ein kurzes gußeiſernes Flanſchettrohr ein, das an dem einen Ende eine ovale Flanſche hat, an die das ſchmiedeeiſerne Rohr mit angelöteter Flanſche ſich anſchließt.

Mit Apparat- oder Betriebsleitungen bezeichnet man die Rohrleitungen, welche die einzelnen Apparate auf der Gasfabrik miteinander verbinden. Sie beſtehen aus geraden Rohren und aus Formſtücken der verſchiedenſten Art, die durch Flanſche und durch Muffen miteinander verbunden werden.

Literatur: Schilling, N. H., Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung, 3. Aufl., München 1879; Schaars Kalender für Gas- und Waſſerfachtechniker 1905. *G. F. Schaar.*

Gasfauger oder Exhauſtoren haben den Zweck, das Gas aus der Vorlage abzuſaugen und damit den Druck auf die Retorten zu vermindern, teils um die Gasverluſte durch die in den Retorten entſtehenden Riſſe zu verringern, hauptſächlich aber, um die Zerſetzung des Gaſes an den heißen Retortenwänden zu verhüten und die Graphitbildung in den Retorten zu beſchränken. Gleichzeitig drückt dieſer Apparat das angeſaugte Gas durch die folgenden Apparate und hat dabei den Druck des Gasbehälters zuzüglich der durch die verſchiedenen Apparate verurſachten Druckerhöhungen zu überwinden.

Broadmeadow nahm 1825 ein Patent, das von einem Blaſebalg, einer Luftpumpe u. dergl. ſpricht, zum Anſaugen von Gas und ließ ſich 1825 einen Glockenexhauſtor patentieren, beſtehend aus zwei an einem Wagebalken hängenden Glocken, die in mit Waſſer gefüllten Gefäßen abwechſelnd ſteigen und fallen. Blochmann wendete 1827 einen naſſen Reiniger an, der gleichzeitig als Gasfauger wirkte. Den eigentlichen obengenannten Zweck des Gasfaugers erkannte zuerſt Grafton, der in ſeinem Patent vom 4. September 1841 darauf hinwies und einen Gasmeſſer benutzte, deſſen Trommel durch mechaniſche Kraft gedreht wurde. Später wurden Kolbenexhauſtoren konſtruiert, die doppeltwirkenden Saug- und Druckpumpen glichen. 1831 nahm Beale in Greenwich ein Patent auf den erſten rotierenden Gasfauger, den er ſpäter immer mehr verbeſſerte; Jones benutzte 1847 einen nach dem Prinzip der Rotationspumpen und Rootſchen Gebläſe konſtruierten Gasfauger.

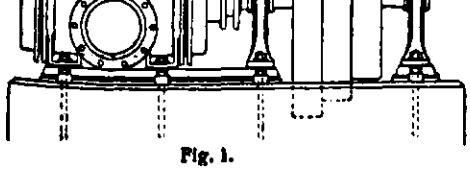


Fig. 1.

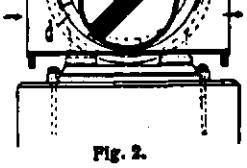


Fig. 2.

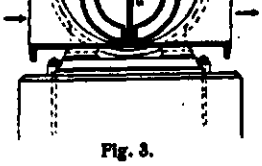


Fig. 3.

Der Bealeſche Gasfauger (Fig. 1 und 2), der eine große Verbreitung gefunden hat, beſteht aus einem zylindriſchen Gehäuſe *a*, in dem exzentriſch ein Zylinder, deſſen Achſe außerhalb gelagert iſt, ſich befindet, der den tiefſten Punkt des Gehäuſes berührt; dieſer Zylinder enthält zwei verſchiebbare Platten *c*, die das Gehäuſe der Länge nach in zwei Kammern teilen und an ihren Endpunkten durch Backen *d* in kreisförmigen Nuten der beiderſeitigen Gehäuſedeckel geführt werden. Bei der Drehung des Zylinders *b* werden die Platten ſich abwechſelnd in dem Zylinder ein- und ausſchieben, und damit wird auf der einen Seite derſelben ſich der Gehäuſeraum vergrößern und Gas anſaugen, auf der andern ſich verkleinern und das in dieſem enthaltene Gas ausſtoßen.

Bei der wechſelnden Größe von Saug- und Druckraum entſtehen Druckſchwankungen, ein Uebelſtand, der bei dem ſeit 1881 von der Berlin-Anhaltiſchen Maſchinenbau-A.-G. gebauten dreiflügeligen Gasfauger (Fig. 3) weſentlich vermindert iſt. Bei dieſem drehen ſich um eine feſte Achſe drei gasdicht an die Gehäuſewand ſich anſchließende Flügel *a*, die durch einen Zylinder *b*, deſſen Achſe außerhalb des Gehäuſes exzentriſch zu dieſem gelagert iſt, ihre Bewegung erhalten. — Bei dieſen rotierenden Gasfaugern erfolgt die Kraftübertragung entweder durch Riemen, und zwar, um den Schwankungen der Gasproduktion in den verſchiedenen Jahreszeiten durch Aenderung der Umdrehungszahl folgen zu können, auf Stufenſcheiben, oder man kuppelt dieſelben direkt mit einer Dampfmaſchine.

Gareis konſtruierte 1880 einen Kolbenfauger, bei dem in einem vertikalen Zylinder ein hohler, durch eine Scheidewand in zwei Kammern geteilter Kolben auf und nieder geht und ſich gleichzeitig um 90° dreht; dieſe doppelte Bewegung erhält der Kolben durch zwei koniſche, in entgegengeſetzten Richtungen ſich drehende Räder, mit denen der Kreuzkopf der Kolbenſtange durch Kugellager verbunden iſt.

Bei dem zuerſt 1874 angewendeten Körtingſchen Dampfſtrahlexhauſtor ſtrömt Dampf aus einer koniſchen Düſe, deren Eintrittsquerſchnitt durch eine koniſche Nadel verſtellbar iſt, in eine Reihe hintereinander angeordneter Düſen mit allmählich wachſenden Querſchnitten, ſaugt dabei das Gas an und erteilt ihm ſeine Ausſtrömungsgeſchwindigkeit. Derſelbe findet keine Anwendung mehr, weil er Anlaß gibt zu ſtarken Naphthalinausſcheidungen.

Da die Gasproduktion fortwährenden Schwankungen unterworfen iſt, bedarf die Saugwirkung des Gasſaugers einer Regelung, um in der Vorlage einen Unterdruck und damit ein Anſaugen von Luft zu vermeiden. Dieſe Regelung kann auf zwei Weiſen bewirkt werden, und zwar einmal durch Regelung des Ganges des Motors, was ſelbſttätig durch den Hahnſchen Regler (ſ. d.) erreicht wird, oder durch Regelung des Druckes im Saugrohr, indem man, ſobald hier der Druck unter ein beſtimmtes Maß ſinkt, aus dem Druckrohr durch einen Umlaufregler (ſ. d.) Gas in das Saugrohr zurücktreten läßt. Hat man eine Dampfmaſchine als Motor, ſo wendet man beide Regelungsarten zweckmäßigerweiſe gemeinſam an, weil dadurch Dampf erſpart und die beſtändige Anweſenheit des Wärters bei der Maſchine entbehrlich wird; bei Benutzung von Gasmotoren dagegen kommt, weil eine Aenderung deren Umdrehungszahl nur in engen Grenzen zuläſſig iſt, nur ein Umlaufregler zur Anwendung.

Literatur: Schilling, N. H., Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung, 3. Aufl., München 1879; Journal für Gasbeleuchtung und Waſſerverſorgung, verſchiedene Jahrgänge, u. a. 1872, S. 671, 1874, S. 421, 1880, S. 252; Ueberſicht über neuere Apparate für das Gasfach von der Berlin-Anhaltiſchen Maſchinenbau-Aktiengeſellſchaft. *G. F. Schaar.*

Gasſchieber, ſ. Abſperrvorrichtungen.

Gasſelbſtzünder, ſ. Gasbeleuchtung.

Gasſpritze, ſ. Feuerſchutz und Feuerrettungsweſen, Bd. 3, S. 780.

Gaſthof, Gaſthaus, in großen Verhältniſſen Hotel, ein Gebäude zum Aufenthalt, zur Unterkunft und Verpflegung von Fremden auf kürzere oder längere Zeit. Je nach den Reiſe-, Bad- oder Kurzwecken, nach der Lage inmitten des Verkehrs oder von dieſem entfernt mit ſchöner Ausſicht, nach dem Range und den Lebensanforderungen der Reiſenden iſt die Größe und die innere Anordnung der Gaſthöfe eine ſehr verſchiedene.

Vor allem wichtig iſt der bequeme Verkehr der Gäſte innerhalb des Hauſes, zwiſchen den Einzelzimmern und Sälen ſowie auch der Bedienung zwiſchen Gaſtzimmern und den Wirtſchaftszimmern und Küchenräumen. Als Beiſpiel Hotel Beaurivage in Ouchy bei Lauſanne (Fig. 1 und 2) [1].

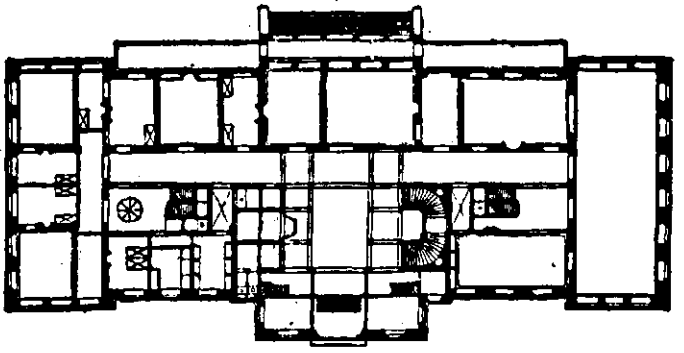


Fig. 1. Hotel Beaurivage in Ouchy bei Lauſanne (Erdgeſchoß).

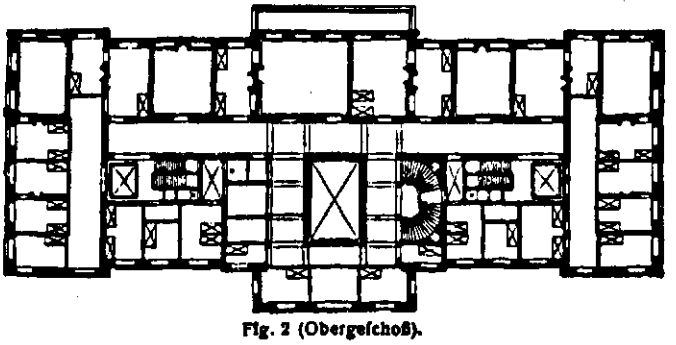


Fig. 2 (Obergeſchoß).

Zu beachten iſt: 1. Der Eingang ſoll geräumig und hell ſein; eine gedeckte Anfahrt iſt der Ein- oder Durchfahrt vorzuziehen. In der Nähe befinde ſich die Pförtnerloge, das Geſchäftszimmer und etwa Gepäckräume, Wartezimmer, Telegraph u. ſ. w. 2. Die Haupttreppe ſei ſo gelegt, daß ſie vom Eingang leicht zu finden und zu erreichen iſt. Die Breite des Laufs ſei nicht unter 2 m; außerdem ſind noch ſchmälere, Dienſt- oder Nebentreppen, nötig. Alle Treppen ſeien feuerſicher. Aufzüge (ſ. d.) für Perſonen und für Gepäck bieten große Bequemlichkeit. 3. Die Gänge, die außer dem Verkehr auch zur Lüftung des Hausinnern dienen müſſen, ſeien nicht unter 2 m, die Böden dicht und geräuſchlos. 4. Die Aborte, in hinreichender Anzahl und leicht zu finden, ſollen hell und gut gelüftet ſein und durch ihre Lage die angrenzenden Räume nicht beläſtigen. Bäder und Dienerſchaftsräume ſchließen ſich an und ſollen in jedem Stockwerk vorhanden ſein. 5. Die Schlafzimmer der Fremden, als Einzelzimmer oder in Gruppen als Familienwohnungen, ſeien von verſchiedener Größe und Höhe, pro Bett nicht unter 10—12 qm. Oft kann durch Anordnung eines Alkovens das Bett dem Auge entzogen werden. In Städten iſt eine dem gewerblichen Tagesgeräuſch entrückte Lage der Zimmer vorteilhaft. Zur erhöhten Annehmlichkeit dienen gute, zentrale Heizungs-, Beleuchtungs- und Lüftungsanlagen der Zimmer und Läutewerke. 6. Die Gaſtſtube, in größeren

Anlagen der Speiſeſaal, dem ſich andre Geſellſchaftsräume, wie Frühſtückzimmer, Leſe- und Billard-, Rauchzimmer, anſchließen, ſind in ihrer Größe und Ausſtattung der Aufnahmefähigkeit des Hauſes entſprechend zu geſtalten. In der Nähe iſt das Anrichtezimmer (Office) in Verbindung mit 7. der Küchenabteilung, die ſo zu legen iſt, daß der Speiſengeruch nicht in die übrigen Gebäudeteile gelangen kann. An die große Kochküche ſind die Spülküche, Kaffeeküche, Vorratsräume verſchiedener Art, ferner Räume für Dienerſchaft anzuſchließen; es kommen hinzu: Waſchküche mit Bügelzimmer, Linnenkammer u. ſ. w. 8. Die Wohnung des Wirts befinde ſich zur Ueberwachung des Betriebs in der Nähe von 7. ſowie entfernt vom Fremdenverkehr; die Schlafräume der Dienerſchaft können ſich in den oberſten Geſchoſſen befinden. 9. Stallung und Zubehör ſeien in beſonderer Abteilung, in Flügel- oder Nebenbauten oder in getrennter Hofanlage untergebracht.

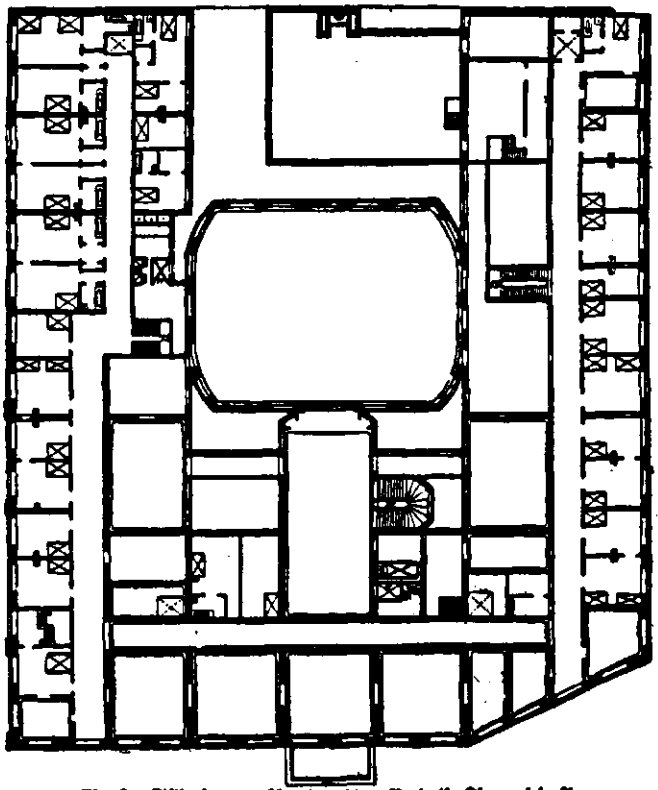


Fig. 3. Fifth Avenue Hotel in New York (1. Obergeſchoß).

Gaſthäuſer beſtanden ſchon im Altertum; die Römer hatten bei zunehmendem Weltverkehr Poſthäuſer u. ſ. w. Auch im Mittelalter gab es Gaſthäuſer, doch wurden bei der Unzulänglichkeit der Einrichtungen und der Unſicherheit der Zeit die Burgen und Klöſter vielfach in Anſpruch genommen. Erſt im 17. Jahrhundert kamen in Frankreich, beſonders in Paris, beſſer eingerichtete Gaſthöfe (Hotels) auf, die in den andern Ländern Nachahmung fanden. Der rieſenhaften Entwicklung des Reiſeverkehrs in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts war es vorbehalten, Gaſthäuſer zu errichten, die den größten Anforderungen eines erhöhten Lebensgenuſſes in bezug auf Bequemlichkeit, Reinlichkeit und Prachtentfaltung zu genügen imſtande ſind. Heute beſtehen in den berühmten Kur- und Badeorten Deutſchlands, der Schweiz, Italiens und Südfrankreichs ſowie in den Großſtädten Europas und Amerikas (Fig. 3) Muſterbauten dieſer Gebäudeart.

Literatur: Erſchöpfend das klaſſiſche Werk: [1] Guyer, Das Hotelweſen der Gegenwart, Zürich 1885 (dem die Fig. 1—3 in verkl. Maßſtabe entnommen ſind); kürzer [2] Baukunde des Architekten, Bd. 2, Berlin 1884. — [3] Klaſen, L., Grundrißvorbilder, 2. Abt., Leipzig 1884. — [4] Handbuch der Architektur, 4. Teil, 4. Halbband, Darmſtadt 1885. *Weinbrenner.*

Gaftſtall, Stallung in Gaſthäuſern, Bauernhöfen u. ſ. w. zur Unterbringung fremder, d. h. nicht dem Hauſe zugehöriger Tiere, als Pferde, Vieh u. ſ. w.

Gaftzimmer, 1. Wirtszimmer im einfachen Gaſthauſe; 2. Fremdenzimmer zur Aufnahme der Gäſte in Familienwohnungen; dieſelben ſollen außerhalb der Reihe der bewohnten Zimmer gelegen ſein, jedenfalls aber beſonderen Zugang vom Gange aus oder durch das Beſuchszimmer haben. *Weinbrenner.*

Gasuhren, ſ. Gasmeſſer.

Gaswagen, Inſtrumente zur Beſtimmung der Dichte von Gaſen durch Wägung.

Das bekannteſte und älteſte dieſer Inſtrumente iſt die Gaswage von Fr. Lux in Ludwigshafen a. Rh., während die unter dem Namen Daſymeter (ſ. Bd. 2, S. 666) von A. Siegert und W. Dürr in München und Oekonometer von Arndt (ſ. Daſymeter) bekannten, den ähnlichen Zwecken wie die Gaswage dienenden Inſtrumente neueren Datums ſind (vgl. Bd. 2, S. 666). Die ältere Form der Luxſchen Gaswage iſt aus Fig. 1 und 2 zu erſehen. Die Wage iſt auf einem ſäulenförmigen Ständer gelagert, der auf einer ſoliden Platte befeſtigt iſt. Der Ständer iſt oben in zwei, eine Art Gabel bildende Enden geteilt, die mit koniſch vertieften Stahlnäpfchen verſehen ſind, in denen der Wagebalken mittels zweier Stahlſchneiden lagert. Der Balken beſteht aus einem zentralen Körper, an deſſen einer Seite die Kugel (aus Glas oder Metall beſtehend), an deſſen andrer der Zeiger mit Gegengewicht ſich befindet. Am oberen Teil des Wagebalkens gehen rechtwinklig zur Schwingungsebene zwei Röhrchen ab, deren eines in das Rohr führt, das innerhalb der Kugel gewiſſermaßen die Verlängerung des Wagebalkens bildet, während das andre durch die ringförmige Bohrung des zentralen Körpers direkt in den Kugelanſatz mündet. Die beiden Röhrchen ſind an ihren äußeren Enden rechtwinklig nach

unten gebogen und tauchen in Schälchen ein, die, mit Queckſilber gefüllt, einen gasdichten Abſchluß bilden. Um eine auflöſende Einwirkung des Queckſilbers auf das Metall zu verhüten, ſind die Enden der Röhrchen ſowie die Schälchen aus Elfenbein hergeſtellt. Durch das Queckſilber hindurch mündet von unten her in jedes Schälchen ein enges Röhrchen, das zu einem Schlauchanſatz führt. Die an der rechten Seite vermittelſt einer Stange am Ständer befeſtigte Bogenſkala trägt eine beliebige Einteilung (für Apparate, die ſpeziell zur Beſtimmung des ſpezifiſchen Gewichtes von Leuchtgas dienen, eine ſolche von 0 bis 1) und die Spitze des Zeigers bewegt ſich dicht vor dieſer Skala vorbei, wodurch ein bequemes direktes Ableſen geſtattet wird. Die Wirkungsweiſe und Handhabung des Apparates iſt folgende: Nimmt der Wagebalken bei Füllung der Kugel mit gewöhnlicher Luft eine beliebige beſtimmte Stellung ein, ſo wird bei Eintritt eines ſchweren Gaſes in die Kugel dieſer Teil des Wagebalkens

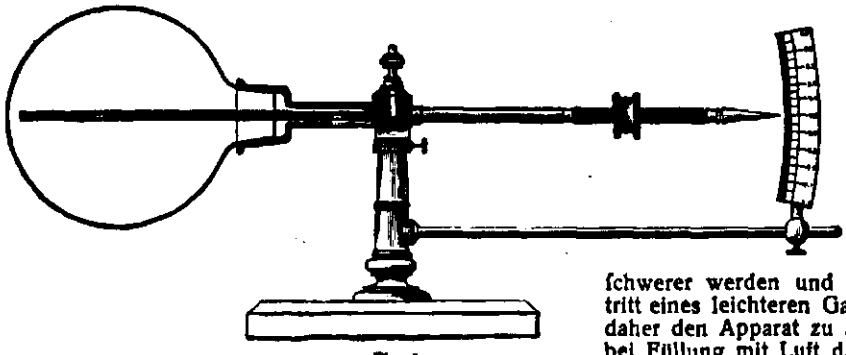


Fig. 1.

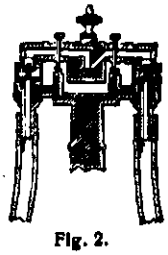


Fig. 2.

ſchwerer werden und ſinken, bei Eintritt eines leichteren Gaſes ſteigen. Um daher den Apparat zu adjuſtieren, muß bei Füllung mit Luft das Gegengewicht ſo lange durch Verſchrauben verſtellt werden, bis der Zeiger genau auf 1 zeigt. Hierauf wird reines Waſſerſtoffgas (ſpez. Gew. 0,069) bis zur völligen Verdrängung der Luft hindurchgeleitet, der Punkt, auf dem nun der Zeiger ſich einſtellt, mit 0,07 bezeichnet und ſodann die Skala nach oben in 93, nach unten in 7 gleiche Teile geteilt, ſo daß man das ſpezifiſche Gewicht von Gaſen, die leichter als Luft ſind, hiernach ſofort beſtimmen kann. Zur Beſtimmung des CO_2-Gehaltes der Verbrennungsluft, wozu die Wage ebenfalls Anwendung finden kann, muß natürlich die Einteilung eine andre ſein, indem einmal atmoſphäriſche Luft, ſpäter reine Kohlenſäure durch den Apparat geleitet und dann die Skala entſprechend geteilt wird. Um die Wage vor allen äußeren Temperatureinflüſſen zu ſchützen, umgibt Lux dieſelbe bei ſeinem neueſten Modell CE (von 1893) mit einem Glaskaſten, in dem ſich noch ein empfindliches, in Fünftelgrade geteiltes Thermometer befindet, damit auch der Einfluß der Innentemperatur im Gehäuſe mit berückſichtigt werden kann. An Stelle der am Wagebalken (Fig. 1 und 2) befindlichen Schrauben ſind über dem Querſtücke zwei kleine, ſenkrecht zueinander ſtehende dünne Schrauben mit kleinen Gewichten, die ſich auf ihnen verſchrauben laſſen, angebracht, wodurch die Adjuſtierung erfolgt. Außerdem iſt der Wagebalken mit Kerben verſehen, in die ein kleiner Reiter eingehängt werden kann. Zur Reduktion des ſpez. Gew. auf 0° und 760 mm Barometerſtand dient eine dem Apparat beigegebene Tabelle, die direkte Ableſungen geſtattet (ſ. a. Rauchgasunterſuchung). *v. Ihering.*

Gaswaſchapparate, auch Skrubber und Ammoniakwäſcher genannt, dienten urſprünglich zur Ergänzung der Kondenſation, um die durch die Kühlung nicht ausgeſchiedenen Reſte von Teer- und Ammoniakwaſſer aus dem Gaſe zu entfernen; ſeit Anwendung der Teerwäſcher benutzt man ſie lediglich zur Entfernung von Ammoniak aus dem Gaſe, wobei gleichzeitig ein Teil der Kohlenſäure und etwas Schwefelwaſſerſtoff vom Waſchwaſſer abſorbiert werden.

Die Gaswäſcher ſind große ſchmiede- oder gußeiſerne Käſten von kreisförmiger oder rechteckiger Grundform, die ein Füllmaterial enthalten, deſſen Oberfläche durch von oben eingeführtes und über den ganzen Querſchnitt gleichmäßig regenartig verteiltes Waſchwaſſer naß erhalten wird. An dieſen benetzten Flächen ſcheiden ſich aus dem von unten eintretenden Gasſtrom die Ammoniakſalze ab und werden von dem nachfließenden Waſſer abgewaſchen, das als Ammoniakwaſſer den Apparat verläßt. Iſt der Wäſcher durch eine vertikale Scheidewand in zwei Kammern geteilt, ſo geht das Gas in der einen von unten nach oben, in der andern von oben nach unten. Als Füllmaterial benutzte man früher groben Koks, ferner ſtaubfreien groben Kies, Reiſig, dann Böden aus Eiſenblech oder Holz mit einer großen Anzahl Löcher, Einrichtungen, die den Zweck mangelhaft erfüllten, indem ſie dem Gaſe keine hinreichende Waſchfläche boten. Man unterſcheidet feſte und bewegliche Einlagen. Die einfachſten und viel gebräuchlichen feſten Einlagen ſind Holzſtäbe von 10—12 mm Stärke, die bei gleicher Weite der Zwiſchenräume in ſich vielfach kreuzenden Lagen in den Wäſcher eingebaut werden; bisweilen ſind die Stäbe einer Lage feſt miteinander verbunden und bilden einzelne Horden. Fig. 1 zeigt einen mit Horden aus Kiefernholz belegten Gaswäſcher. Die Horden von Zſckokke bieten eine große benetzte Oberfläche und geſtatten eine gleichmäßige Verteilung des Waſchwaſſers über den ganzen Querſchnitt, indem dieſes infolge der unten an denſelben vorſtehenden Verteilungsſpitzen nicht an den unteren Kanten entlang fließen kann, ſondern in Tropfen oder feinen Strahlen abfließt. Die Einlagen des Kunathſchen Zackenwäſchers beſtehen aus dachförmig gebogenen Blechen, deren untere Kanten ſägeförmig gezahnt ſind, während der Fleiſchhauerſche

Jalouſiewäſcher aufeinander geſetzte, an die Wände anſchließende Rahmen enthält, in die jalouſieartig angeordnete durchlochte Bleche geſchoben ſind, und zwar ſo, daß die Richtungen der Bleche in dem einen Rahmen denjenigen des folgenden entgegengeſetzt ſind. Der Plattenwäſcher der Berlin-Anhaltiſchen Maſchinenbau-Aktiengeſellſchaft beſteht aus einer Anzahl übereinander aufgebauter Kammern, die je ein Plattenbündel enthalten, durch welches das von Kammer zu Kammer ſteigende Gas in horizontaler Richtung feinverteilt hindurchſtreicht; das Berieſelungswaſſer ſammelt ſich nach jedesmaligem Durchgang durch eine Kammer wieder an, um ſich alsdann gleichmäßig über das Plattenbündel der folgenden Kammer zu verteilen. — Außer dieſen gebräuchlichſten kommen vereinzelt Gaswäſcher mit andern Einlagen vor. — Bei den Berieſelungseinrichtungen, die man in verſchiedenartigen Ausführungen findet, kommt es darauf an, die Waſchflüſſigkeit gleichmäßig über den ganzen Wäſcherquerſchnitt zu verteilen; man unterſcheidet kontinuierliche und intermittierende Waſchung. Die einfachſte Art der erſteren iſt, durchlochte Rohre in den Wäſcher zu führen, aus denen das Waſſer in feinen Strahlen ausfließt, oder man läßt einen Waſſerſtrahl auf eine Platte auffchlagen, wobei er zerſtäubt. Mit Zſchokkes Tropfapparaten (Fig. 2 und 3), von denen auf 1 qm Waſchfläche 4—5 Stück ſenkrecht auf dem Wäſcher zu befeſtigen und mit einer Waſſerleitung zu verbinden ſind, erzielt man eine ſehr gleichmäßige regenartige Verteilung. Das Waſſer fällt tropfenweiſe aus der Düſe *a* auf den Teller *b* und zerſtäubt hier vollſtändig infolge der großen Fallhöhe. — Bei der intermittierenden Waſchung werden

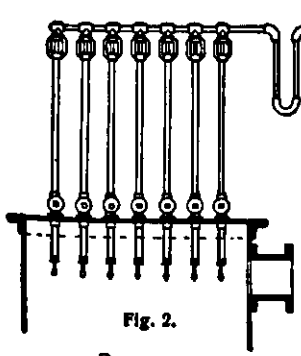


Fig. 2.

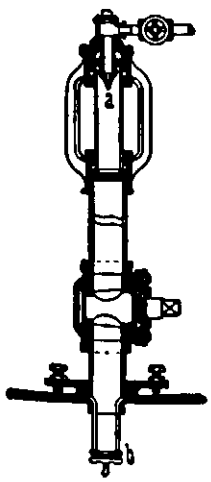


Fig. 3.

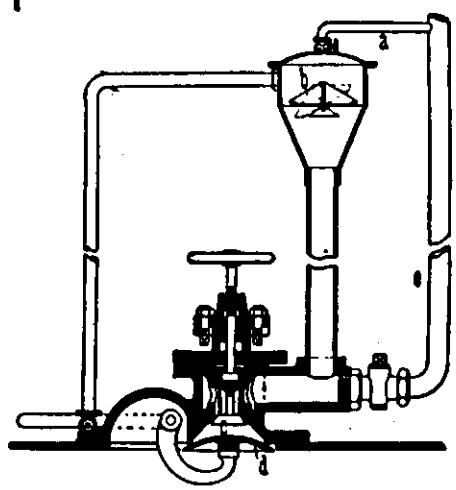


Fig. 4.

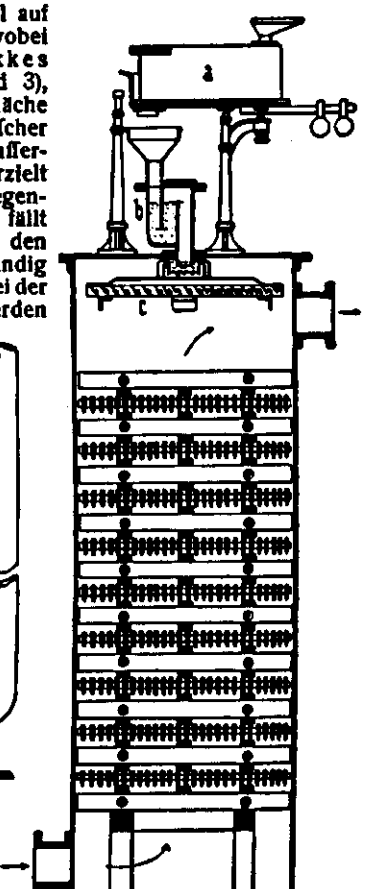


Fig. 1.

Kippgefäße angewendet, die in beliebig einſtellbaren Zwiſchenräumen ihren Inhalt plötzlich in den Wäſcher ergießen. Bei der Schumannſchen Anordnung (Fig. 1) ergießt ſich der Inhalt des Kipphebers *a* in ein mit Trichter verſehenes Rohr *b*, das zur Verhütung von Gasentweichungen einen Siphon bildet, d. h. deſſen einer Schenkel aufwärts gerichtet iſt und dadurch immer mit Waſſer gefüllt bleibt. Aus dieſem Rohr fließt das Waſſer auf den Verteiler *c*, von dem es, in feine Strahlen zerteilt, in den Wäſcherraum fließt. Bei der Einrichtung der Berlin-Anhaltiſchen Maſchinenbau-Aktiengeſellſchaft (Fig. 4) tritt das Waſſer durch das Rohr *a* in die innerhalb eines geſchloſſenen Trichters befindliche Kippvorrichtung *b* und durch das Ventil *c*, durch deſſen Stellung die Durchflußmenge geregelt wird, auf die Verteilungsplatte *d*. Durch das Rohr *e* kann das Waſſer für eine kontinuierliche Waſchung direkt dem Ventil *c* mit Umgehung des Kippgefäßes zugeführt werden. Bei den Wäſchern mit beweglichen Einlagen werden die benetzten Flächen, nachdem das an denſelben anhaftende Waſſer das im Gaſe enthaltene Ammoniak aufgenommen hat, in die Waſchflüſſigkeit eingetaucht, dabei abgeſpült und alsdann friſch benetzt dem Gaſe wieder dargeboten. Zu dieſer Art Wäſcher, die in zwei verſchiedenen Konſtruktionen ausgeführt werden, gehören der Standardwäſcher und der Ledigſche Wäſcher. Der Standardwäſcher (Fig. 5—7) beſteht aus einem zylindriſchen, in Kammern geteilten Gehäuſe, in dem auf einer hohlen Achſe ſo viele Scheibenräder ſitzen, als Kammern vorhanden ſind; die Scheibenräder, die in das Waſchwaſſer eintauchen, ſind aus mit Holzſtäben garnierten Segmenten (Fig. 7) zuſammengeſetzt. Das ſeitlich bei *a* in die Vorkammer *b* tretende Gas gelangt in das Scheiben-

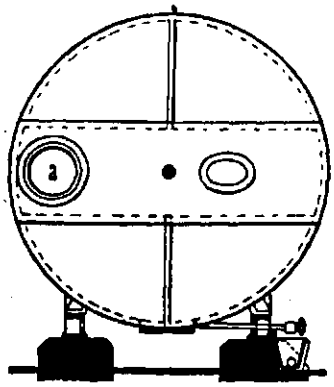


Fig. 6.

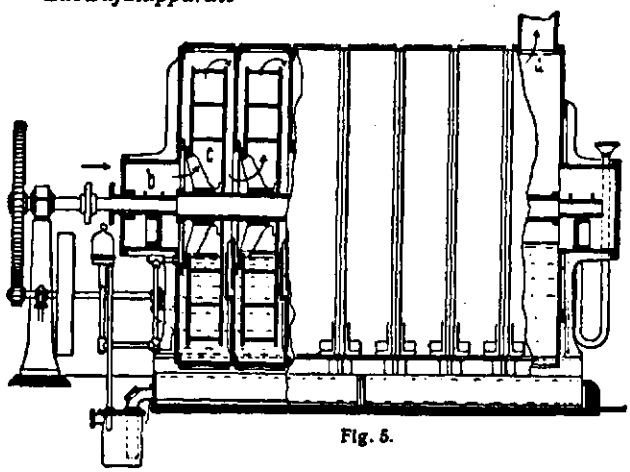


Fig. 5.

rad *c* der erſten Kammer und verläßt es am Umfang, tritt dann in das zweite Scheibenrad, dieſes ebenfalls in radialer Richtung durchſtrömend, und ſo fort durch die folgenden Scheibenräder, und verläßt den Wäſcher bei *d*. Das Waſchwaſſer wird in die letzte Kammer eingeführt, fließt von Kammer zu Kammer über und tritt aus der erſten Kammer als kräftiges Ammoniakwaſſer aus. Jede Kammer iſt mit Ablaßventil und mit Probierhahn verſehen. Bei Zſchokkes rotierendem Gaswäſcher ſind die einzelnen Kammern mit Holzkugeln gefüllt, die bei der Drehung eine lebhafte Bewegung gegeneinander erhalten, ſo daß ihre Oberflächen fortwährend in gegenſeitiger Reibung das anhaftende Ammoniak abſtreichen. Bei dem Ledigſchen Etagenwäſcher (Fig. 8 und 9) befinden ſich in etagenförmig übereinander aufgebauten Kammern je paarweiſe an zwei vertikalen Führungsſtangen *a* und *b* befeſtigte Blechpakete *d*, die durch eine Kraftübertragung abwechſelnd auf und nieder gehend bewegt werden; in jeder Kammer taucht immer ein Paar von Blechpaketen in die Waſchflüſſigkeit ein und verſperrt dem Gaſe den Weg, während das andre Paar ſich aus demſelben hebt und dem Gaſe den Durchgang an den friſch benetzten Flächen der Bleche geſtattet. Durch die ſeitlich angebrachten Ueberläufe fließt das Waſſer von Kammer zu Kammer.

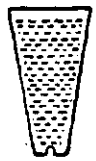


Fig. 7.

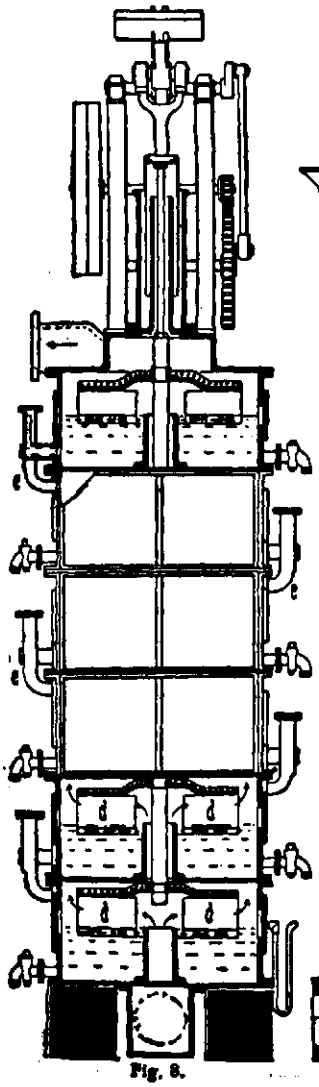


Fig. 8.

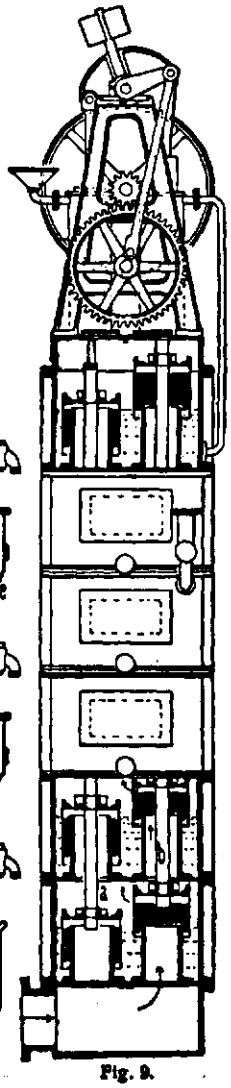


Fig. 9.

Die Waſchung wird ſo geleitet, daß das reinſte Gas mit dem reinſten Waſſer in Berührung kommt, wobei das Gas allmählich immer ammoniakärmer und das Waſſer immer ammoniakreicher wird. Iſt nur ein Wäſcher vorhanden, ſo berieſelt man mit ſchwachem Ammoniakwaſſer, während bei mehreren Wäſchern der letzte mit reinem Waſſer berieſelt wird, das denſelben als ſchwaches Ammoniakwaſſer verläßt, alsdann aufgepumpt und auf den vorhergehenden Wäſcher geleitet wird und ſo fort, ſo daß derjenige, in den das Gas zuerſt eintritt, mit dem ammoniakreichſten Waſſer berieſelt wird. Sowohl beim Standardwäſcher als auch beim Ledigſchen Wäſcher wendet man reines Waſſer an, das, nachdem es alle Kammern, bei der letzten beginnend, paſſiert hat, als ammoniakreiches Waſſer abfließt. — Vgl. a. Gasfabrik.

Auf größeren Gaswerken ſtellt man häufig außer dem Ammoniakwäſcher noch Apparate auf zur Entfernung des Naphthalins und des Cyans aus dem Gaſe mittels Waſchung. Um das Naphthalin, das bei weiterer Abkühlung des Gaſes ſich in den folgenden Apparaten und Rohrleitungen

ablagert und Anlaß zu oft ſehr ſtörenden Verſtopfungen gibt, aus dem Gaſe zu entfernen, leitet man letzteres, nachdem es den Teerwäſcher verlaſſen, in den Naphthalinwäſcher, deſſen Konſtruktion ähnlich dem Ammoniakwäſcher, und bringt es mit Anthracenöl in innige Berührung. Auch benutzt man hierzu einen aus zwei Kammern beſtehenden Standardwäſcher, indem man das friſche Waſchöl in die zweite Kammer und von dieſer nachher in die erſte Kammer überpumpt. Da durch die Reinigungsmaſſe nur ein Teil des im Gaſe enthaltenen Cyans aufgenommen wird und der in demſelben verbleibende Teil bei der Verbrennung ſalpetrige Säure entwickelt, ſo entfernt man auf großen Gaswerken das Cyan durch Waſchung mit Eiſenvitriollöſung in einem Cyanwäſcher, der nach Art der Standardwäſcher gebaut iſt und vier Waſchkammern enthält. Da dieſe beiden letztgenannten Apparate aufeinander folgen, ſo vereint man ſie auch wohl in einem einzigen Standardwäſcher und benutzt einen Teil der Kammern zur Beſeitigung des Naphthalins, die übrigen zur Entfernung des Cyans.

Literatur: Schilling, N. H., Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung, 3. Aufl., München 1879; Schilling, E., Nachtrag zu Schillings Handbuch, München 1892; Journal für Gasbeleuchtung und Waſſerverſorgung, verſchiedene Jahrgänge; Ueberſicht über neuere Apparate für das Gasfach von der Berlin-Anhaltiſchen Maſchinenbau-Aktiengeſellſchaft. *G. F. Schaar.*

Gaswaſſer dient zur Fabrikation von Ammoniakſalzen (ſ. d.). Das bei der trockenen Deſtillation der Steinkohle in den Gasfabriken gebildete Ammoniak verbleibt im Gaſe und wird durch Waſchen mit Waſſer aus demſelben entfernt. Dieſes Waſchwaſſer heißt Gaswaſſer und ſtellt eine ſchwache Löſung von Ammoniak, kohlenſaurem Ammonium, Schwefel-Ammonium, Cyan-Ammonium, Salmiak und ſchwefelſaurem Ammoniak dar und wird ſpäter auf ſchwefelſaures Ammoniak (Ammoniakſalz) verarbeitet bei einem Stickſtoffgehalt von 0,25—1 %.

Literatur: Polytechn. Zentralbl. 1872; Berſch, W., Moderne Landwirtſchaft 1903. *Weitz.*

Gat, eine ſeemänniſche Bezeichnung für 1. das Heck eines Schiffes, ein rundes Heck heißt Rundgat. Ein Schiff liegt im Gat, wenn es ſteuerlaſtig, achterlaſtig (ſ. d.) iſt. 2. Für ein Loch oder eine Oeffnung in den Rundhölzern, im Block u. ſ. w., Scheibegat. 3. Für die unteren Schiffsräume zum Verſtauen von Inventar und Material, Hellegat. *T. Schwarz.*

Gatchen, kleine, in den Reffbändern oder an den Lieks der Segel vorgeſehene Löcher, um das Segel reffen oder anreihen zu können (ſ. Beſegelung).

Gatling-Mitrailleuse, ſ. Schnellfeuerkanonen.

Gatter ſind Führungen beweglicher hölzerner oder eiſerner Rahmen (Sägegatter), in dem die Sägeblätter von Sägemaſchinen eingeſpannt ſind (ſ. Sägemaſchinen). *Dalchow.*

Gattergeſtell, Geſtell aus Holz oder Eiſen zur Aufnahme der Gatterteile (ſ. Sägemaſchinen).

Gatterriegel, die in ihrer Längsmitte durch die Sägeſpannung belaſteten Querſtücke eines Gatters (ſ. Sägemaſchinen).

Gatterſäge, ſ. Sägemaſchinen.

Gattieren, Gattierung, ſ. Beſchicken.

Gaube (Dachgaube), ſ. Dachfenſter.

Gaufrieren (von gaufrer, in Falten preſſen), in der Textilinduſtrie, der Buntpapierfabrikation und auch in der weiteren Verarbeitung des Buntpapiers das Preſſen der Garne, Gewebe u. ſ. w. in mehr oder weniger feinen Falten; faſt ſtets durch Maſchinen ausgeführt (vgl. Buntpapierfabrikation). *Kraft.*

Gaufriermaſchine, diejenige Maſchine, die das Gaufrieren, d. h. Infaltenpreſſen (von Garnen, Geweben, Buntpapier u. ſ. w.) zur Ausführung bringt und gewöhnlich als Walzenpreſſe (Walzwerk) konſtruiert iſt. Sie beſtand früher nur aus zwei Eiſenplatten, die geriffelt waren und aufeinander paßten. Die untere Platte war feſt gelagert, die obere in Schraube auf und ab gehend wie bei einer Kopierpreſſe. Die zu gaufrierenden Franzen, Garne oder Stoffe wurden zwiſchen den Platten unter Schraubendruck gepreßt. Die neuere Gaufriermaſchine beſteht aus zwei übereinander lagernden geriffelten Walzen (Zylindern), die innen hohl und heizbar ſind.

Die Fäden, Garne, Franſen u. ſ. w. werden auf einem Auflag- und Zuführungstuche den Zylindern zugebracht, von dieſen erfaßt und unter ſtarkem Druck durch die Zylinder geführt, ſo weit als die Franſe oder das Gewebe gaufriert werden ſoll. Sodann machen die Zylinder die Bewegung zurück und liefern die gaufrierten Objekte wieder ab. — Bei Garnen im Strange und bei Geweben beſitzen die Gaufrierzylinder eine kontinuierliche Bewegung. Die geriffelten Zylinder der Gaufriermaſchine ruhen in maſſiven Lagern mit Druckfedern und Druckvorrichtung, je nach der Schwere des Stoffes verſtellbar und regulierbar. Die Breite der Zylinder richtet ſich nach der Art der Ware; für Franſen und Stoffe ſind 50—100 cm breite, für Garne nur

20—30 cm breite Gaufrierflächen nötig. Der Antrieb geſchieht am beſten mit der Hand, weil die Arbeit eine ſehr präziſe ſein muß. Die Heizung der Zylinder erfolgt durch eingelegte glühende Eiſenbolzen oder durch Dampf. Erhitzte Zylinder gaufrieren ſchärfer und nachhaltiger und geben der Ware auch mehr Glanz.

Vgl. a. Buntpapierfabrikation, Bd. 2, S. 400. *Th. Aug. Schleſner.*

Gault (Galt), ſ. Kreideformation.

Gaultheriaöl (Wintergreenöl), ein flüchtiges, ſogenanntes ätheriſches Oel, das namentlich in Nordamerika entweder aus den Blättern von Gaultheria procumbens oder der Rinde einer Birkenart, der Betula lenta (sweet birch), durch Deſtillation mit Waſſerdampf gewonnen wird.

Das erſtere Oel iſt das echte Gaultheria- oder Wintergreenöl, jedoch im Handel kaum noch zu haben. Beide Oele ſind farblos, von angenehmem Geruch und ihre Zuſammenſetzung nahezu identiſch, da ſie bis zu 99% Salizylſäuremethyleſter enthalten. An ihrer Stelle wird jetzt faſt ausſchließlich der künſtliche, aus Salizylſäure hergeſtellte Eſter verwendet und dient teils zu kosmetiſchen, teils zu therapeutiſchen Zwecken. *Bujard.*

Gaußſche Formel, ſ. Trigonometrie. — Gaußſche Logarithmen, ſ. Additions- und Subtraktionslogarithmen. — Gaußſche Reihe, ſ. Hypergeometriſche Reihe. — Gaußſches Fehlergeſetz, ſ. Fehlertheorie.

Gaußſches Prinzip, auch Prinzip des kleinſten Zwanges genannt, ſ. Prinzip.

Gautſchen (Kautſchen), die Arbeit der Entwäſſerung des noch aus loſen, ſtark mit Waſſer gemengten Faſern beſtehenden Papierbogens oder auch der Papierbahn in der Maſchine durch Anpreſſen an eine Filzplatte oder mit Filz überzogene Walze, alſo durch Abſaugen; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Gautſchknecht, Vorrichtung der Langformmaſchine, um die aus der Gautſchpreſſe austretende, nur ſchwer ohne Beſchädigung auf den Naßfilz überzuführende Papierbahn ſchief abzuſchneiden, dadurch mit einer Spitze zu verſehen und ſo dem Maſchinenführer die Arbeit zu erleichtern; beſteht aus einem mit abwärts gerichtetem Mundſtück verſehenen Spritzrohr, das im Bogen quer über die Papierbahn geführt werden kann; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Gay-Luſſacſches Geſetz. Dasſelbe ſagt aus: Bei konſtantem Drucke ſind die Volumenänderungen eines Gaſes (ſ. d.), bezogen auf die Einheit ſeines Volumens bei 0° C., proportional ſeinen Temperaturänderungen; die Proportionskonſtante hat für alle Gaſe und Drücke den gleichen Wert. Bezeichnen v, v_0 die Volumina eines Gaſes bei den Temperaturen t und 0°, ſo ſoll alſo bei konſtantem Drucke p in den Gleichungen

$$\frac{\vartheta v}{v_0} = \alpha\,\vartheta\,t, \qquad \frac{v - v_0}{v_0} = \alpha\,t, \qquad v = v_0(1 + \alpha t) \qquad 1.$$

α konſtant und für alle Gaſe und Drücke gleichgroß ſein. Da nach 1. für eine beliebige andre Temperatur t_1 das Volumen $v_1 = v_0(1 + \alpha t)$, ſo ergeben ſich durch Diviſion als weitere Ausdrücke des Gay-Luſſacſchen Geſetzes unmittelbar und mit $1/\alpha + t = T$:

$$\frac{v}{v_1} = \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t_1}, \qquad \frac{v}{v_1} = \frac{T}{T_1}, \qquad 2.$$

worin bei Zutreffen des Boyleſchen Geſetzes (ſ. d.) T, T_1 die den Celſiusſchen Temperaturen t, t_1 entſprechenden abſoluten Temperaturen (ſ. d.) bedeuten.

Das Gay-Luſſacſche Geſetz wurde 1802 durch Gay-Luſſac veröffentlicht [1], [8], aber nach ſeiner Angabe ſchon 15 Jahre früher von Charles erkannt. Die Verſuche über ſeine Gültigkeit hatten feſtzuſtellen, ob wirklich die bei beliebigen Körpern als (kubiſcher) Ausdehnungskoeffizient (ſ. d.) bezeichnete Größe

$$\alpha = \frac{1}{v_0}\frac{\vartheta v}{\vartheta t} \qquad 3.$$

oder auch der mittlere Ausdehnungskoeffizient

$$\alpha' = \frac{1}{t}\left(\frac{v}{v_0} - 1\right) \text{ in } v = v_0(1 + \alpha' t) \qquad 4.$$

für Gaſe immer den gleichen Wert hat. Dabei konnten jedoch nur ſolche Methoden direkt vergleichbare Werte liefern, welche nicht die Gültigkeit des Boyleſchen (Mariotteſchen) Geſetzes vorausſetzen, da ſonſt auch durch Ungenauigkeiten des letzteren Abweichungen möglich würden. Eine ſolche Methode hat zuerſt Regnault [3], [8] angewendet (ſeine V. Methode, Verſuche bei konſtantem Drucke), wobei ſich als Mittelwerte von α' bei 0 bis 100° ergaben:

für	$p = 1$ Atmoſphäre	$p = 3{,}3$ Atmoſphären	$p = 3{,}4$ Atmoſphären
Atmoſphäriſche Luft . .	0,0036706	0,0036944	0,0036964
Waſſerſtoff	0,0036613	0,0036616	
Kohlenoxyd	0,0036688		
Stickſtoffoxydul	0,0037195		
Kohlenſäure	0,0037099	0,0038455	
Cyan	0,0038767		
Schweflige Säure . . .	0,0039028		

Hiernach ſchienen die Ausdehnungskoeffizienten für die ſchwerſt kondenſierbaren Gaſe (zu welchen die vier erſten gehören) nahezu gleich zu ſein, jedoch mit dem Drucke etwas zu wachſen, während die leichter kondenſierbaren gasförmigen Körper entſchieden höhere α' aufwieſen. Die Verſuche wurden ſpäter von Regnault nach andrer Methode fortgeſetzt [4] und in neuerer Zeit von Amagat bis zu Drücken von 3000 Atmoſphären ausgedehnt [5], [6]. Bei manchen Verſuchen wurde jedoch nicht der auf das Volumen v_0 bei 0° bezogene Ausdehnungskoeffizient 3. oder der entſprechende mittlere Ausdehnungskoeffizient 4. von 0 bis t ermittelt, ſondern der dem Ausdrucke

$$\alpha_1 = \frac{1}{v_1}\frac{\partial v}{\partial t} \qquad 5.$$

(v_1 beliebiges Anfangsvolumen) entſprechende mittlere Koeffizient von t_1 bis t:

$$\alpha'_1 = \frac{1}{v_1}\frac{v - v_1}{t - t_1} \quad \text{in} \quad v = v_1[1 + \alpha'_1(t - t_1)]. \qquad 6.$$

So bezog Andrews (Phil. Mag. 1876, III, S. 63; [9], S. 145) die Koeffizienten der Kohlenſäure für höhere Drücke auf das Volumen bei $t_1 = 64°$, weil die Kohlenſäure bei Drücken von über 36 Atmoſphären bei 0° flüſſig iſt. Amagat beſtimmte die folgenden α' von 0 bis 100° und die α'_1 von 100 bis 200°, aus welchen wir die mittleren Ausdehnungskoeffizienten von 0 bis 200° zufolge 4. und 6. gleich $\frac{1}{200}[(1 + 100\,\alpha')(1 + 100\,\alpha'_1) - 1]$ wie beigefügt berechneten:

für			$p =$	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
Atmoſph. Luft	0 bis 100°	100000 α' =		444	455	422	371	331	294	269	244	226	214	Atmoſphären.
	100 „ 200°	„ α'_1 =			287	275	261	241	222	207	194	182	171	
	0 „ 200°	„ α' =			436	407	364	326	291	266	243	225	211	
Waſſerſtoff	0 „ 100°	100000 α' =			332	314	295	278	261	249	237	226	218	
	100 „ 200°	„ α'_1 =			242	231	221	214	204	196	189	182		
	0 „ 200°	„ α' =			327	309	291	276	259	247	236	225		
Stickſtoff	0 „ 100°	100000 α' =			433	402	358	315	282	256	236	218		
	100 „ 200°	„ α'_1 =			280	267	250	235	219	204	189	179		
	0 „ 200°	„ α' =			417	388	349	312	281	256	235	218		
Sauerſtoff	0 „ 100°	100000 α' =		486	534	512	459	405	357	320	288	261	241	
	100 „ 200°	„ α'_1 =			300	297	280	264	245	226	212	198		
	0 „ 200°	„ α' =			497	481	434	389	346	309	281	255		

Aus dieſen Zahlen iſt erſichtlich, daß die Ausdehnungskoeffizienten bei genügend hohen Drücken auch für die ſchwerſt kondenſierbaren Gaſe weſentlich voneinander abweichen können, während auf die ſchon von Regnault beobachtete Zunahme der Ausdehnungskoeffizienten mit wachſendem Drucke wieder eine Abnahme folgt, welche ſich bei Amagats Verſuchen mit obigen Gaſen von 1000 bis 3000 Atmoſphären fortſetzte [5], [6], S. 373. Auch die Temperatur iſt nicht ohne Einfluß, obwohl ſich dieſer bis 200° gering ergab.

Nach vorſtehenden und andern Verſuchsreſultaten kann von unbeſchränkter Gültigkeit des Gay-Luſſacſchen Geſetzes bei keinem Gaſe die Rede ſein. Anderſeits zeigt aber die Geſamtheit der Verſuche, daß das Geſetz innerhalb der bei techniſchen Unterſuchungen gegenwärtig in Betracht kommenden Grenzen für atmoſphäriſche Luft und die andern ſchwerſt kondenſierbaren Gaſe mit ähnlicher Annäherung als zutreffend angeſehen werden kann wie das Boyleſche Geſetz, womit das gleiche für das aus beiden reſultierende Boyle-Gay-Luſſacſche Geſetz (ſ. d.) gilt. Dies ſteht auch im Einklang mit der kinetiſchen Gastheorie (ſ. S. 277).

Literatur: [1] Gay-Luſſac, Recherches sur la dilatation des gaz et des vapeurs, Annales de chimie et de physique 1802, XLIII, S. 137. — [2] Magnus, Ueber die Ausdehnung der Gaſe durch die Wärme, Poggendorffs Annalen 1842, LV, S. 1. — [3] Regnault, Unterſuchungen über die Ausdehnung der Gaſe, ebend. 1842, LV, S. 391, und 1842, LVII, S. 115 (nach Annales de chimie et de physique 1842, IV, S. 5, und 1842, V, S. 52). — [4] Regnault, Relations des expériences etc., Paris 1862 (zugleich Bd. XXVI der Mémoires de l'Acad. des sciences), S. 565. — [5] Amagat, Sur les lois de la dilatation des gaz sous pression constante, Comptes rendus etc. 1892, CXV, S. 771. — [6] Derſ., Mémoire sur l'élasticité et la dilabilité des fluides jusqu'aux très hautes pressions, Annales de chimie et de physique 1893, XXIX, S. 68, 505. — [7] Baly und Ramſay, Verſuche über die Beziehung zwiſchen Druck, Volumen und Temperatur bei verdünnten Gaſen, Philosophical Magazine 1894, XXXVII, S. 301. — [8] Das Ausdehnungsgeſetz der Gaſe, Abhandlungen von Gay-Luſſac, Dalton, Dulong und Petit, Rudberg, Magnus, Regnault (1802—1842), Oſtwalds Klaſſiker der exakten Wiſſenſchaften, Nr. 44, Leipzig 1894. — [9] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, II, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 108, 144. — [10] Pfaundler, Müller-Pouillets Lehrbuch der Phyſik und Meteorologie, Bd. 2, 2. Abt.: Von der Wärme, Braunſchweig 1898, S. 100, 112. — [11] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, I, Stutt-

gart 1905, S. 124, 127, 235. — [12] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Bd. 3, 1. Hälfte: Die Wärme, Leipzig 1906, S. 110. *Weyrauch.*

Gay-Luſſac-Turm, ſ. Schwefelſäure.

Gazepapier, ein durch Einkleben oder Einkautſchen eines mit Ornamenten gewebten Gazegewebes zwiſchen zwei Papierbahnen oder Papierbogen hergeſtelltes Papier; ſ. Papierſorten. *Kraft.*

Gazierma ſchine, ſ. Seidenſpinnerei.

Ge, in der Chemie Zeichen für Germanium.

Gebälke, 1. ſ. Balkenlage, 2. Balkengeſimſe, das Geſimſe der antiken Säulenordnungen (ſ. d.), beſtehend aus Architrav, Fries und Kranzgeſimſe.

Gebäude, zerlegbare (meiſt Baracken genannt), werden in leichteſter Weiſe, d. h. in dünnem Rahmen- oder Fachwerk aus Holz, erſtellt, während die Zwiſchenfüllungen der Wand- und Dachflächen aus dünnen Brettern, Dachpappe, Filz oder Segeltuch u. dergl. in ein oder zwei Lagen beſtehen. Weſentlich für den praktiſchen Wert iſt ihre Zerlegbarkeit in viele gleichgeſtaltete handliche Teile, die ſich leicht und feſt zuſammenſtellen und ſpäter wieder abbrechen laſſen und durch eine geeignete Verpackung eine bequeme Verſendung ermöglichen.

In früheren Zeiten dienten außer Zelten aus Leinwand leichte aus Stroh, Reiſig oder Brettern erſtellte Gebäude zur Unterbringung von Truppen, beſonders von Reiterei in Feldlagern u. ſ. w. Auch wurde in Ländern, beſonders in holzreichen, wo es galt, Bewohner in unwirtlicher Gegend anzuſiedeln, der Gedanke, fertige Häuſer herzuſtellen, die, in Teile zerlegbar, von einem Ort zum andern verſendet werden konnten, ſchon früh in die Praxis umgeſetzt. —

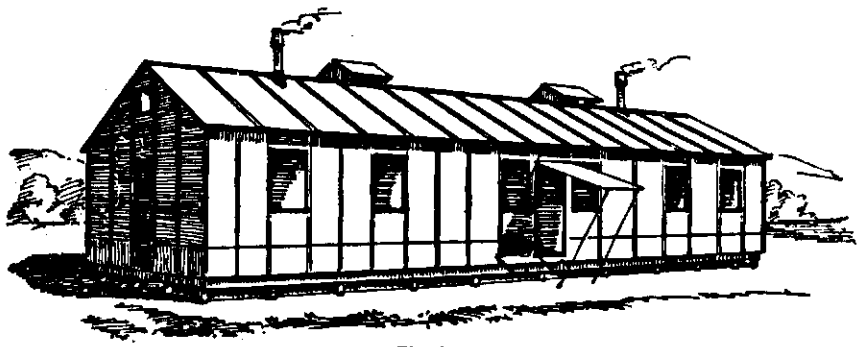


Fig. 1.

Eine weitgehende Anwendung haben ſolche Bauten in den letzten großen Kriegen, beſonders ſeit dem amerikaniſchen Sezeſſionskriege gefunden, wo ſie zur Verpflegung verwundeter und kranker Krieger dienten und dabei deren hoher geſundheitlicher Wert erkannt wurde. Infolge hiervon wurden nicht nur auf Betreiben berühmter Aerzte im Anſchluſſe an beſtehende große Krankenanſtalten ſolche Baracken als Iſolierbauten aufgeſtellt, ſondern auch ſtändige Krankenhäuſer (ſ. d.) im ſogenannten Barackenſyſtem erbaut. Ueberhaupt fanden ſie Anwendung für allgemeine Zwecke, wie für Fabriken, Wirtſchaften, Speiſe- und Wohnhäuſer, auf Bauplätzen, für Sommerhäuſer, Schulen, Feſthallen u. ſ. w. Deren große Wohlfeilheit, die Möglichkeit raſcher und leichter Verſendung und Aufſtellung an jedem beliebigen Ort bieten ſo große Vorteile, daß heute deren Verbreitung eine ſehr weitgehende iſt und ſich über ſämtliche Wohnſtätten der Erde vollzogen hat.

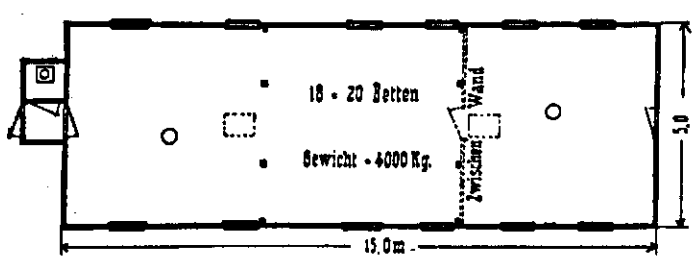


Fig. 2.

I. Für Lazarett- und militäriſche Zwecke haben beſondere Anerkennung die von dem däniſchen Hauptmann v. Döcker entworfenen Baracken gefunden, die ſeitens der Landesvereine vom Roten Kreuz [1] eingeführt worden ſind (hergeſtellt von Chriſtoph & Unmack in Kopenhagen und Niesky, Oberlauſitz) [2], ſ. Fig. 1 und 2, und von verſchiedenen Firmen ähnlich ausgeführt werden: ſo von L. Stromeyer & Cie., Konſtanz-Kreuzlingen [3], ſodann von der Deutſchen Barackenbau-Geſellſchaft (Syſtem Brümmer), Köln a. Rh. und Berlin, D.R.P. Nr. 102850 u. a. m.

Die allen gemeinſame konſtruktive Anordnung beſteht darin: Der Unterbau iſt aus einem ſtarken Holzrahmen von Fußſchwellen erſtellt und aus Ripphölzern zur Aufnahme des

Fußbodens, der aus gefpundeten Brettern beſteht, die durch untergeſchraubte Leiſten zuſammengehalten werden. Die Wände werden gebildet aus 1 m breiten Wandtafeln, überfälzt, untereinander paarweiſe durch Gewerbebänder verbunden und durch Verſchlußhaken befeſtigt. Die Höhe der Wände geht von 2,35 bis 4,0 m und mehr. In die Fußſchwellen ſind ſie mit Nut und Feder eingeſetzt und an den Ecken mittels Betthaken verbunden. — Die Dachtafeln ruhen unten auf den Wänden, oben auf einer Firſtpfette, in der Mitte auf Pfetten, die in Entfernungen von 5—6 m durch Pfoſten oder Zwiſchenwände geſtützt werden. Die einzelnen Tafeln werden durch doppelte Deckleiſten mit Flügelmutterſchrauben unter ſich verbunden und hierdurch die

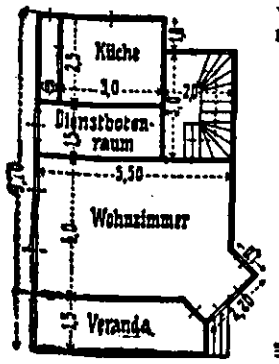


Fig. 5 (Erdgeſchoß).

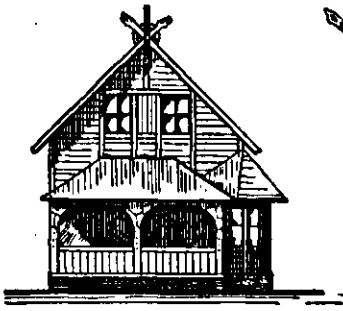


Fig. 3 (Giebelanſicht). Jagdhaus.

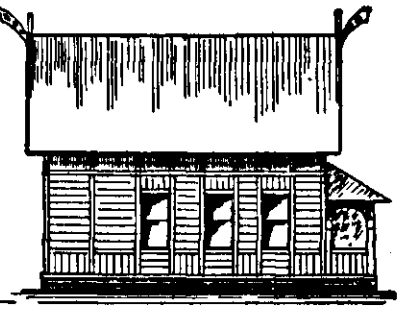


Fig. 4 (Seitenanſicht).

Fugen gedichtet. An der Firſt erfolgt die Abdeckung durch einen Blechſtreifen. Die Wand- und Dachtafeln beſtehen aus 3—4 cm ſtarken Holzrahmen, die beiderſeits mit einer doppelten Lage von wetterfeſter Pappe, Filz oder Segelleinen, mit iſolierender Luftſchicht dazwiſchen. Die Außenſeite wird in manchen Fällen durch eine wagerecht laufende jalouſieartig überdeckende Holzſchalung gebildet. Beide Seiten erhalten dreimaligen Oelfarbanſtrich. — Für Tropenzwecke wird ein zweites Schutzdach etwa 50 cm über der Dachfläche ausgeſpannt, um die Wirkung der Sonnenſtrahlen zu hemmen. Im kalten Klima (Chinaexpedition) diente eine Ummantelung mit Lehmſteinen (ſ. d.) zu weiterem Schutze. — Die Beleuchtung erfolgt an den Langwänden durch ein- oder zweiflügelige Glasfenſter, während die Lüftung durch eine Reihe von Kippfenſtern in der Höhe der Langwände ſowie durch Dachreiter mit drehbaren verglaſten Seitenwänden bewirkt wird. Die Beheizung geſchieht durch Dauerbrandöfen. An Orten, wo ſolche Gebäude auf längere Zeit verbleiben ſollen, iſt es ratſam, leichte Sockelgrundmauern oder einen durchgehenden Gußmörtelboden anzuordnen; für vorübergehenden Dienſt begnügt man ſich, den Raſen auszuſtechen, den Platz mit Kies oder Schlacken zu überſchütten und eine Lage Teerpappe darüber zu breiten. Behufs Verſendung und guter Aufbewahrung ſind die Tafeln in Kiſten verpackt, und eine Baracke von 15 m Länge beſteht in zehn ganzen und einer halben Kiſte, die aus den Fußbodentafeln gebildet werden [1]. Das Gewicht des Gebäudes ohne Einrichtung beträgt 4000 kg.

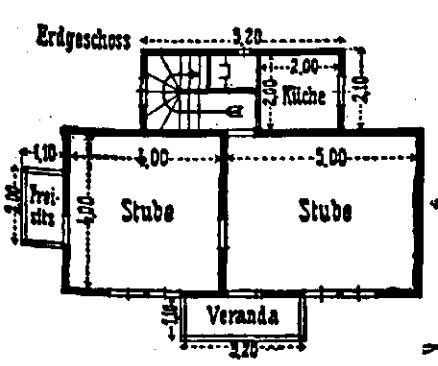


Fig. 7 (Erdgeſchoß).

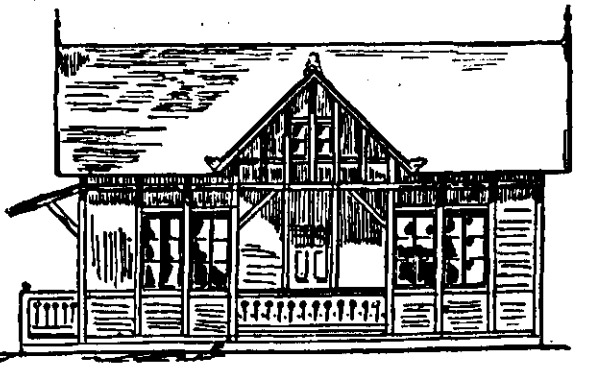


Fig. 6 (Anſicht).

II. In den nördlichen Ländern, in welchen durch Holzreichtum das Bauen in Holz das übliche iſt — in Nordamerika ſind etwa 75% aller Bauten aus Holz, auch in Schweden, Norwegen, zum Teil auch in den Alpenländern ſind die Bauten auf dem Lande meiſt in Holz ausgeführt —, haben Geſchäfte ſich die Aufgabe geſtellt, **verſendbare Gebäude** zu Wohn- und andern Zwecken anzufertigen und ſo für eine Aufſtellung von Gebäuden in entlegenen Landesgegenden oder zu vorübergehenden Veranſtaltungen, wie Ausſtellungen, Volksfeſten, das Nötige zu beſchaffen.

In Chicago entſtanden die ready-made houses von Lyman Bridges [4], die in verſchiedenen Größen und Preislagen den eingewanderten Anſiedlern kleine Wohnungen für die erſten Anfänge boten. Ebenſo ſind in Schweden große Aktiengeſellſchaften, Ekmans und Ligna [5], beide in Stockholm, eine in Norwegen [6] in Tätigkeit, die nach eignen Entwürfen Landhäuſer, Sommerwohnungen ſowie größere Hallenbauten anfertigen. In Deutſchland iſt es

die Deutſche Hausbaugeſellſchaft Dickmann & Reglin, Stargard (Pommern) und Berlin, die nach ihrem Syſtem [7] Holzhäuſer fabrikmäßig im Großbetrieb herſtellt und ſo für Wohnungen verſchiedenſter Art und Größe, Sport- und Wirtſchaftsgebäude, Schulen und Turnhallen, Eiſenbahnhochbauten, Werkſtätten u. ſ. w. paſſende Gebäude errichtet (Fig. 3—7).

Literatur: [1] Kühlemann, Unterrichtsbuch f. Sanitätskolonnen vom Roten Kreuz, Berlin 1905. — [2] Transportable Döckerſche Häuſer von Chriſtoph & Unmack, Akt.-Geſ., Kopenhagen und Niesky (Oberlauſitz). — [3] Zelte, Baracken und transportable Gebäude von L. Stromeyer & Cie., Konſtanz (Baden). — [4] Ueber amerikaniſches Bauweſen, Deutſche Bauzeitung 1871, S. 163. — [5] Flytbara trähus von Aktiebolaget Ekmans, Mekaniska Snickeri-Fabrik, Stockholm; Ligna, Nya Snickeri-Aktie-bolaget, Stockholm, nebſt Zeichnungen. — [6] Strömmen Trävarrefabrik, Norwegen 1888. — [7] Spezialfabrik zerlegbarer transportabler Häuſer und Baracken der Deutſchen Hausbaugeſellſchaft Dickmann & Reglin, Stargard (Pommern) und Berlin W. 57. *Weinbrenner.*

Gebäulichkeit, alles zu einem Grundſtück gehörige Bauweſen, alſo außer den Gebäuden auch die Futtermauern, Schutzdächer, Schuppen, Einfriedigungen u. ſ. w.

Gebinde, 1. Holzverbindung zur Verſteifung, Unterſtützung u. dergl., beſonders bei Dächern ſ. v. w. ein Sparrenpaar mit dem nötigen Verbandholz.

Man unterſcheidet: 1. Lehrgebinde, das erſte Geſpärre, das auf der Zulage abgebunden wird und nach dem alle andern Gebinde anzufertigen ſind; es enthält außer den Sparren die Stuhlſäulen und übrigen Hölzer des Dachbundes (ſ. Dach), daher auch Voll- und Hauptgebinde, während 2. das Leergebinde (Freigebinde) nur aus den Sparren, Balken und Kehlbalken beſteht. 3. Halbgebinde, das nur zu einem Teil in der Dachform liegt, z. B. beim Walmdach (ſ. Dach). 4. Schiftgebinde, bei dem die Sparren auf den Gratſparren aufſetzen. 5. Gratgebinde, der Binder, in dem der Gratſparren ſich befindet.

2. Eiſenverbindung aus vier umſchließenden Schienen, die an den Enden durch Schraubung zuſammengehalten ſind; 3. eine Reihe oder Schar gleichartiger Schieferſteine; je nach der Lage in der Dachfläche unterſcheidet man Trauf- oder Fußgebinde, Firſtgebinde u. ſ. w. (ſ. Schieferdach); 4. im Garnhandel Unterabteilung der Strähne (ſ. Garn). *Weinbrenner.*

Gebirge oder Gebirgsformation nannte man in der älteren Geologie, entſprechend der bergmänniſchen Bezeichnung „Gebirge", diejenigen Geſteinsbildungen von weiter Erſtreckung und Mächtigkeit, die in ihrer Geſamtheit ein Gebirge im geographiſchen Sinn zuſammenſetzen, alſo ungefähr dasſelbe, was man heute mit „Formation" (Gebirgsformation) im geologiſchen Sinn bezeichnet. Man ſprach daher vom Kohlen- oder Salzgebirge, vom Urgebirge, vom Triasgebirge u. ſ. w. und meinte damit diejenigen Schichten zuſammengenommen, welche heute als Kohlenformation oder Salzformation, als Ur-, als Triasformation angeſehen werden. Die neuere Geologie faßt den Begriff lediglich im orographiſchen Sinne auf und bezeichnet als Gebirge die in bezug auf ihre Entſtehung zuſammengehörigen, nur durch Täler unterbrochenen Erhebungen der Erdoberfläche, der Kontinente. Um ſie von Hochflächen und -ebenen (Plateau) zu unterſcheiden, müſſen die Gebirge deutlich unterſcheidbare Kämme oder Rücken zwiſchen den einzelnen Tälern beſitzen.

Man unterſcheidet die Gebirge nach der Art des geologiſchen Baues. Faltengebirge zeigen in ihrem Innern gefaltete, aus der horizontalen Lage in Falten gebogene, ſeitlich zuſammengeſchobene Schichten. Die Längserſtreckung der Falten ſteht ſenkrecht auf der Richtung des Seitenſchubes. Solche Gebirge ſind zu verſchiedenen Zeiten im Lauf der Erdentwicklung entſtanden, z. B. am Schluß der unteren Steinkohlenformation (Kulm) das rheiniſche Schiefergebirge, dann in der mittleren Tertiärzeit die Alpen mit ihren weſtlichen und öſtlichen Fortſetzungen. In Faltengebirgen bilden härtere Geſteine fortlaufende, dem Streichen der Schichten und Falten folgende Rücken, die nur durch enge Quertäler unterbrochen ſind. Dadurch, daß ſolche Rücken einander und parallel benachbart auftreten, entſtehen die Kettengebirge. Die älteren gefalteten Gebirge ſind zumeiſt von der nach der Faltung folgenden Eroſion und beſonders Abraſion wieder abgetragen und zu Hochebenen umgeſtaltet worden (rheiniſches Schiefergebirge), die jüngeren Faltengebirge (Alpen) dagegen ſtehen lediglich unter dem Einfluß der Eroſion, vornehmlich des fließenden Waſſers. Sie hat in den urſprünglich plumpen Falten durch Quer- und Längstäler die heutige wilde Zerriſſenheit der Gebirgsformen zuſtande gebracht. Das Faltengebirge oder beſſer die Faltung ſelbſt wird als Schrumpfungs- oder Runzelungsergebnis des beim Erkalten der Erde in ihrer Rinde geäußerten tangentialen Seitenſchubes aufgefaßt.

Horizontaler Schichtenbau charakteriſiert das Tafelgebirge. In ſeiner urſprünglichen Form bildet es eine Hochfläche, und durch Einſchneiden von Tälern vom Rand der Hochfläche nach ihrem Innern zu wird dieſelbe in einzelne Höhenzüge oder Rücken zerlegt. Solcherart iſt die Entſtehung des fränkiſchen und ſchwäbiſchen Trias- und Juragebirges, der Buntſandſtein-Vogeſen, des mitteldeutſchen Triaslandes. Durch die Wirkung der Eroſion auf ein zur Hochebene umgeſtaltetes Faltengebirge entſteht mit Rückſicht auf den Faltenbau der Schichten natürlich wieder ein Falten- oder Kettengebirge.

In denjenigen urſprünglichen Tafelländern, die von ſogenannten Tafelbrüchen und Grabenſenkungen oder Grabenbrüchen durchſetzt werden, entſtehen auch ohne Eroſion Gebirge zu

beiden Seiten des Grabeneinbruches. Durch den Einbruch der mittelrheinischen Tiefebene von Basel bis Mainz zwischen den ursprünglich zusammenhängenden Vogesen und dem Schwarz- und Odenwald entstanden diese drei Gebirge. Man nennt solche stehengebliebene Gebirgsteile zu beiden Seiten eines Grabeneinbruches Horste. In der Hauptsache sind es also zwei Faktoren, welche die Bildung der Gebirge bestimmen: die Lagerung der Schichten und die Erosion. Als dritte könnte man den Widerstand gegen die Abtragung nennen, die als gebirgsbildende Kraft in Betracht kommt. Indes steht dieser Faktor in engster Beziehung zur Erosion. Wo kein Widerstand gegen Abtragung vorhanden ist, bildet sich auch kein Gebirge, sondern ein Tal.

Literatur: Sueß, E., Das Antlitz der Erde, Prag u. Leipzig 1885; Neumayr, Erdgeschichte, 2. Aufl., Bd. 1., Leipzig 1895; Penk, A., Morphologie der Erdoberfläche, Stuttgart 1894. *Leppla.*

Gebirgsbahnen, im weiteren Sinne alle im Gebirgslande erbauten Schienenwege, im üblichen Sprachgebrauch jedoch nur die dem regelmäßigen Verkehr aller Art im Anschluß an das gesamte Eisenbahnnetz dienenden größeren Bahnen, sofern sie zufolge des gebirgigen Geländes außergewöhnlich steile Neigungen, scharfe Krümmungen und sonstige aus der Gebirgsnatur des Geländes entspringende Bauschwierigkeiten aufweisen. Dem gegenüber pflegen die nur oder vorwiegend dem Vergnügungs- und Erholungsverkehr dienenden, meist nur im Sommer betriebenen und oft mit besonderen Bewegungsarten (Zahnstange, Seilbetrieb u. s. w.) versehenen Bahnen zu beliebten Aussichtspunkten, Höhenkurorten u. s. w. als „Bergbahnen" bezeichnet zu werden. Indessen kommt der sogenannte gemischte Betrieb (s. u.), also die Anwendung von Zahnstrecken, auch bei Gebirgsbahnen im obigen Sinne mehr und mehr in Aufnahme.

Bei dem **Entwurf einer Gebirgsbahn** sind in erster Linie maßgebend: die Höhenlage des (von beiden Seiten oder von einer Seite her) zu ersteigenden Scheitelpunktes und die für längere Strecken als zulässig geltende Größtneigung der Bahn, die hauptsächlich ihre Leistungsfähigkeit (Zuggewicht und Fahrgeschwindigkeit) bedingt. — Die den Scheitelpunkt enthaltende Wasserscheide kann entweder offen überschritten (Brennerbahn, Landquart—Davos u. a.) oder mittels eines Scheiteltunnels durchbrochen werden. Im ersten Falle wird man eine möglichst tiefe Einsattlung des Gebirgskamms, im zweiten eine möglichst schmale Stelle desselben zwischen beiderseitigen Quertälern aufzusuchen haben. In beiden Fällen sind namentlich die klimatischen und geologischen Verhältnisse der Oertlichkeit von maßgebender Bedeutung für die Wahl der Scheitelstrecke. — Der Scheiteltunnel selbst wird, wenn irgend möglich, wegen des schon für die Bauausführung wichtigen Wasserabflusses mit beiderseitigem Gefälle angelegt. Da jedoch die Lage der Mundlöcher sich auf beiden Seiten in verschiedener Höhe zu ergeben pflegt und der Scheitelpunkt (mit kurzer Wagerechter) unter der Voraussetzung etwa gleich raschen beiderseitigen Baufortschritts in der Nähe der Mitte liegen soll, so erhalten beide Seiten in der Regel eine ganz verschiedene Neigung, wobei 2‰ wegen des Wasserabflusses als untere Grenze gilt, während man der steileren Seite womöglich nicht mehr als die Hälfte der im übrigen auf der Bahn zulässigen Größtneigung gibt, damit im langen Scheiteltunnel das Zuggewicht verdoppelt, also die Zahl der Lokomotiven auf die Hälfte beschränkt werden kann und so der Tunnel weniger von Rauch angefüllt wird. Einige der größten Höhen des Scheitelpunktes und der größten Tunnellängen in Europa sind aus der Tabelle S. 318 zu ersehen.

Das Neigungsverhältnis der Zufahrts- oder Entwicklungsstrecken zwischen dem Scheitel und den Fußpunkten (Anfangspunkten) der eigentlichen Gebirgsstrecke, die mit besonderen Gebirgslokomotiven und kurzen Zügen betrieben wird, soll bei Innehaltung des gewöhnlichen Reibungssystems (s. Eisenbahn, Bd. 3, S. 272), abgesehen von den Bahnhöfen, als sogenannte maßgebende Neigung möglichst gleichmäßig durchgeführt werden, damit die Zugkraft der Lokomotiven bestens ausgenutzt werden kann. Die Grenze für diese maßgebende Neigung ist durch die Fortschritte des Lokomotivbaues allmählich erheblich erweitert. Während in den ersten beiden Jahrzehnten des Eisenbahnwesens (1830—50) Neigungen über 10‰ für längere Strecken kaum als zulässig galten und solche über 20‰ auf kurze „schiefe Ebenen" mit Seilbetrieb oder andern besonderen Bewegungsarten beschränkt blieben, sind später, wie die Tabelle S. 318 zeigt, Neigungen von 25 und sogar bis 32‰ (Arlbergbahn) ohne besondere Betriebsarten auf große Strecken zur Anwendung gelangt, und bei Nebenbahnen ist auch im deutschen Eisenbahnverein 40‰ für Reibungsbahnen ausdrücklich zugelassen. In der Schweiz ist man noch weiter gegangen und betreibt Bahnen mit lebhaftem Personenverkehr mit Neigungen von 45 (Landquart—Davos), ja sogar 50‰ (Wädenswyl—Einsiedeln) durch gewöhnliche, nur besonders schwere Reibungslokomotiven, während die Uetlibergbahn mit 70‰ zu den nur für Sommerverkehr bestimmten „Bergbahnen" zu zählen ist. Da jedoch bei Neigungen über 25—30‰ die Nutzleistung der Reibungslokomotive bei gleichzeitiger Vermehrung des toten Gewichts sehr stark abnimmt und namentlich eine durchaus schwankende Größe ist, indem sie von der mit den Witterungsverhältnissen wechselnden Reibungsgröße (irrtümlich auch Adhäsion genannt) zwischen Schiene und Treibrad abhängt, so ist in solchen Fällen sehr wohl zu erwägen, ob nicht die Anwendung von Zahnstrecken den Vorzug verdient, deren Betrieb sich bereits an verschiedenen Stellen (Blankenburg—Tanne 1885, Brünnigbahn 1888, Berner Oberland-Bahnen 1890, Visp—Zermatt 1890, Stans-Engelberg mit elektrischem Betrieb 1898, Bosnabahn 1885/91, Eisenerz—Vordernberg 1891, bei den zwei letzten auch im Winter) durchaus bewährt hat. Hierbei sind die Lokomotiven mit zwei unabhängig voneinander arbeitenden Maschinen versehen, wovon die eine nur die Reibungstriebräder (in der Regel zwei gekuppelte Achsen), die andre nur die Zahntriebräder bewegt, und die Kraftverteilung ist so anzuordnen, daß beide Antriebs-

arten zuſammen auf der ſteilen Zahnſtrecke die gleiche Zuglaſt bergwärts fördern, wie der Reibungsantrieb allein auf der maßgebenden Steigung der Reibungsſtrecken. Dieſe wird dann in der Regel bei Dampfbetrieb nicht über 25 ‰ hinausgehen, während die Neigung der Zahnſtrecken 60—70, ja bis 125 ‰ betragen kann. Auf dieſe Weiſe iſt man zufolge der Zahnräder ſtets einer gewiſſen Leiſtung ſicher und kann zugleich die jeweilige Reibung zwiſchen Triebrad und Schiene mit ausnutzen; ebenſo kommt das Gewicht der Zahnräder mit ihrer Antriebsvorrichtung, dem Triebgewicht, auf den Reibungsſtrecken zunutze, da es auch von den gekuppelten Reibungstriebrädern getragen wird. Zugleich vermindert ſich die erforderliche Steigungslänge in gleichem Maße, wie ſich das Steigungsverhältnis erhöht. Die Mehrkoſten der Zahnſtangen und der gemiſchten Lokomotiven können alſo durch Erſparnis an Bau- und Betriebslänge, die geringere Fahrgeſchwindigkeit in den Zahnſtrecken durch die verminderte Bahnlänge ſehr wohl aufgewogen werden. Endlich hat die Erfahrung, namentlich im Harz und in Bosnien ſowie in Vordernberg, gezeigt, daß die Zahnſtange ein ſehr geeignetes Mittel iſt, um die Bekämpfung der durch Schnee veranlaßten Schwierigkeiten zu erleichtern [1].

Bei elektriſchem Betriebe kann erfahrungsmäßig das Steigungsverhältnis auf Reibungsbahnen für gleiche Leiſtung noch höher hinaufgehen als beim Dampfbetrieb, weil die Grenze der Zugkraft, nämlich das Produkt aus Triebgewicht und Reibungswert zwiſchen Rad und Schiene, beim elektriſchen Antrieb während einer Umdrehung des Rades gleichmäßig und voll zur Wirkung kommt, während ſie beim Dampfzylinderbetrieb beeinträchtigt wird durch die Schwankungen des Drucks, die während der Radumdrehung zufolge der ſchwingenden Maſſen und Gegengewichte zwiſchen Triebrad und Schiene auftreten. Der elektriſche Betrieb empfiehlt ſich daher für ſteile Gebirgsbahnen und für lange Tunnel ganz beſonders, hier wegen Wegfalls der Rauchplage.

Die Entwicklungsſtrecken der Gebirgsbahnen müſſen von den Scheitelpunkten herab den beſtgeeigneten Tälern folgen, um den Anſchluß der Flachlandbahnen zu erreichen. Das Gefälle der Täler pflegt aber im oberen Teile erheblich ſteiler zu ſein als die zuläſſige Neigung der Bahn und ſich nach unten erſt allmählich abzuflachen, auch wohl an einzelnen Stellen plötzliche Steilſtrecken zu zeigen, alſo ſogenannte Talſtufen zu bilden. Um die Talſohle mit gleichmäßigem Gefälle im unteren flacheren Teile zu erreichen und dann als Talbahn innehalten zu können, ergibt ſich — ſofern die Einlegung von Zahnſtrecken nicht beliebt wird oder auch dann die Talſohle noch zu ſteil iſt [8] — bei Innehaltung der Talſohle nicht ausreicht [8] — faſt immer die Notwendigkeit, die Bahn im oberen Teile des Tals entweder hoch an den Hängen zu führen (Arlbergbahn), oder es muß an geeigneten Stellen durch künſtliche Längenentwicklung ein früheres Erreichen und Innehalten der Talſohle ermöglicht werden, um die damit verbundenen Vorteile zu erzielen, nämlich: weſentlich billigeren Bau und Betrieb, beſſere Zugänglichkeit für die Bevölkerung, für Beamte und Arbeiter, klimatiſch günſtigere Lage u. ſ. w. Solche Längenentwicklung kann gewonnen werden durch Ausbiegen in Seitentäler (Brennerbahn, Mont Cenis-Bahn u. ſ. w.), durch Schleifenbildung im Haupttal, wenn dieſes breit genug (Gotthardbahn bei Waſen), oder durch teils unterirdiſche Kurvenbildung in Form von Schleifen

Neigungs- und Höhenverhältniſſe einiger Gebirgsbahnen in Europa:

Nummer	Name der Bahn	Jahr der Eröffnung	Länge der eigentl. Gebirgsſtrecke	Spurweite	Gleiszahl	Scheitelhöhe über Meer	Höhenunterſchied auf	Höhenunterſchied ab	Größte Neigung	Kleinſter Halbmeſſer	Größte Hebung zw. zwei Waſſerſtationen Länge	Größte Hebung zw. zwei Waſſerſtationen Höhe	Länge des Scheiteltunnels	Scheitelhöhe der Straße
			km	m		m	m	m	‰	m	km	m	km	m
1	Alte Giovibahn (Novi—Genua) [1]	1854	9	1,435	2	361	—	271	35	400	10	271	3,3	—
2	Neue Giovibahn	1889	22,6	"	2	324	—	303	15,9	500	—	—	8,3	—
3	Semmeringbahn	1854	41	"	2	898	460	217	25	190	6,4	116	1,4	994
4	Bologna—Piſtoja	1864	94	"	1	617	571	553	25	300	13,5	324	2,7	—
5	Brennerbahn [2]	1867	126	"	2	1367	788	1105	25	285	9	214	—	1370
6	Lioranbahn	1868	48	"	1	1152	254	520	30	300	11	185	1,4	—
7	Schwarzwaldbahn (Offenburg—Villingen) [3]	1870	29	"	1	834	448	—	20	300	11,6	232	1,7	—
8	Mont Cenis-Bahn	1871	62	"	2	1295	238	855	30	350	9,7	236	13,7	2070
9	Plattling—Pilſen [4]	1877	107	"	1	838	522	375	18	285	10	163	1,7	980
10	Gotthardbahn [5]	1882	90	"	2	1154	679	858	26; 27	280	8,2	193	15	2114
11	Arlbergbahn [6]	1884	64	"	1	1310	633	751	32	250	5	143	10,3	1800
12	Plaue—Suhl (Erfurt—Würzburg) [7]	1884	53	"	2	639	310	341	20	350	16	260	3,03	—
13	Reichenhall-Berchtesgaden [8]	1888	19	"	1	693	227	153	40	180	4	154	—	—
14	Landquart—Davos	1890	50	1,0	1	1634	1107	90	45	100	8,2	332	—	1634
15	Brockenbahn	1900	19	1,0	1	1120	577	—	33	60	—	—	—	—
16	Albulabahn	1903	63	1,0	1	1823	1123	115	35	120	6,5	213	5,9	2315
17	Simplonbahn [9]	1906	41	1,435		705	—	427	25	—	—	—	19,77	2009
18	Tauernbahn 1906	im	77	"	1	1225	633	672	25,5	250	6,8	153	8,47	—
19	Karawankenbahn	Bau ſeit	66	"	1	636	—	—	"	"	—	—	8,02	—
20	Wocheinerbahn	1903	89	"	1	534	—	482	"	"	—	—	6,18	—

[1] und [2] Anſteigung einſeitig. [3] Ohne Scheiteltunnel. [4] und [5] Scheiteltunnel zweigleiſig. [6] Anfangs nur der Scheiteltunnel zweigleiſig. Nordſeite 26, Südſeite 27 ‰. [7] Brandleitetunnel. [8] Nebenbahn. [9] Vorläufig 1 Gleis.

(Schwarzwaldbahn, Bologna—Piſtoja) oder von Schlingen (Hebungsſpiralen) wie bei der Gotthardbahn [2]—[5] an fünf Stellen und zahlreich an der Albulabahn, nämlich da, wo Talſtufen zu überwinden ſind. Solche Mittel können ſtellenweiſe hohe Baukoſten verurſachen und dennoch durch weſentliche Abkürzung und Verbeſſerung der Linie wirtſchaftlich vorteilhaft ſein. — Außer den beſprochenen Hauptpunkten ſind noch eine Reihe andrer Rückſichten bei Gebirgsbahnen, zumal im Hochgebirge, von beſonderer Bedeutung, ſo z. B. die Ueber- bezw. Unterſchreitung von Nebentälern und Lawinengängen, die oft ſehr ſchwierige Gewinnung geeigneter Plätze für die Bahnhöfe und deren Ausgeſtaltung bei äußerſt beſchränkter Länge der geraden und der wagerechten (oder höchſtens mit 2,5 ‰ geneigten) Strecke, die Vermeidung geologiſcher Gefahren, Schutz gegen Schneemaſſen u. ſ. w.

Von andern hervorragenden Gebirgsbahnen mögen noch hervorgehoben werden: Zahlreiche Linien in den öſterreichiſchen Alpen (u. a. die Pontebba- und die Salzkammergutbahn, die Tauern- und Karawankenbahn zwiſchen Salzburg und Trieſt), in Italien (u. a. Spezia—Ventimiglia, Parma—Spezia, Foligno—Ancona, Benevento—Termoli und Benevento—Foggia, auch ſizilianiſche Bahnen), in den Karpathen (Jablunkabahn und vier Ueberſchienungen der Karpathen zwiſchen Ungarn und Galizien), in den Transſylvaniſchen Alpen zwiſchen Ungarn und Rumänien u.ſ.w. Sodann verſchiedene Bahnen in Schottland und in Norwegen (ſo die Bahn Chriſtiania—Bergen) ſowie in den Pyrenäen. Außereuropäiſche Gebirgsbahnen von hervorragender Bedeutung finden ſich im Norden Indiens, ſüdlich vom Kaukaſus (Poti—Tiflis mit dem 4 km langen Suramtunnel), in den großen Gebirgszügen Nordamerikas (Teilſtrecken der Pacific- und der Mexikaniſchen Bahnen) und in den Anden Südamerikas, wo ſie die größten Meereshöhen erreichen (Lima—Oroya und Arequipa—Puno über 4000 m Meereshöhe). Auch die nach mehrfachen Unterbrechungen wieder im Bau befindliche Bahn Mendoza—Santa Roſa zwiſchen Argentinien und Chile, die bei 50 km Länge mit 28 km Zahnſtrecken und Schmalſpur (1 m) ausgeführt wird, ſoll nach Ueberwindung einer Hebung von 2477 m mit 25 ‰ bezw. 80 ‰ Steigung die Anden am Uspallatapaß in 3190 m Meereshöhe mit einem Tunnel von 5 km Länge überſchreiten, wird alſo zu den höchſt hinaufgehenden Gebirgsbahnen gehören. Erhebliche Höhen werden auch von den Pacificbahnen erreicht (Marſhallpaß 3300 m). Endlich werden auch einige auſtraliſche Bahnen als Gebirgsbahnen bezeichnet.

Literatur: [1] Schneider, Alb., Erfahrungen im Bau und Betrieb von Zahnradbahnen, Berlin 1894, S. 34. — [2] Heilwag, Die Bahnachſe und das Längenprofil der Gotthardbahn, Zürich 1876. — [3] Die neuen Linien der Rhätiſchen Bahn von Hennings und die Brücken der Albulabahn, Zürich 1904. — [4] Mémoire du département fédéral suisse, chemin de fer du St. Gotthard, Bern 1888; ferner [5] die Aufſätze von Dolezalek über den Bau der Gotthardbahn in der Zeitſchr. d. hannoverſchen Arch.- u. Ingen.-Vereins 1878. — [6] Etzel, C. v., Oeſterr. Eiſenbahnen 1857—67 (Brennerbahn). — [7] Birk, Die Semmeringbahn, Wien 1879. — [8] Röll, Encyklop. d. geſ. Eiſenbahnw., Wien 1890—95. Die Artikel „Neigungsverhältniſſe“ und „Vorarbeiten“ von Goering. — [9] Ueber die öſterreichiſchen Alpenbahnen (Nr. 18—20 der Tabelle) ſ. Schweiz. Bauztg., Bd. 39, S. 123; Ueber die Simplonbahn, ebend., Bd. 33, S. 164; Bd. 37, S. 211; Bd. 39—47 in zahlreichen Aufſätzen, namentlich Bd. 38, S. 191 ff., von Peſtalozzi. — [10] Geiſtbeck, Der Weltverkehr, 2. Aufl., Freiburg 1895 (mit zahlreichen Holzſchnitten). S. a. Zahnſtangenbahnen.

Goering.

Gebirgslokomotiven (Berglokomotiven) dienen für den Betrieb von Bahnen mit längeren ſteilen Rampen und kleinen Krümmungshalbmeſſern. Im allgemeinen betrachtet man die Steigung von 25 ‰ als Grenze, bei der noch Reibungslokomotiven (in bezug auf die Rentabilitätsverhältniſſe und die Bedeutung der Bahnlinie an ſich) zweckmäßig Verwendung finden können; doch wurden auch Steigungen von 33 ‰ bei Vollbahnen mit Reibungsbetrieb ausgeführt (ſ. weiter oben). Bei Steigungen über 40 ‰ muß aber — von Ausnahmefällen abgeſehen — jedenfalls eine künſtliche Vermehrung der Reibung zu Hilfe genommen werden, z. B. Zahnrad und Zahnſtange. Für den Bau von Gebirgslokomotiven (Reibungslokomotiven) ſind Hauptbedingungen: große Leiſtungsfähigkeit, tunliche Vermeidung oder doch weſentliche Verminderung der ſogenannten toten Laſt, damit die nutzbare Zugkraft möglichſt groß bleibt, kleiner Radſtand oder hinreichende Achſenbeweglichkeit, um ſcharfe Bogen ſicher durchfahren zu können (Kurvenbeweglichkeit).

Die erforderliche große Leiſtungsfähigkeit wird durch große Heizfläche und Zylinder ſowie großes Reibungsgewicht erreicht; anderſeits aber darf der Achsdruck in Rückſicht auf die zuläſſige Beanſpruchung des Oberbaues eine gewiſſe Größe (in der Regel 14 t, auf eigner Bahn 16 t) nicht überſchreiten. Die Vereinbarung dieſer ſich ſcheinbar widerſprechenden Forderungen erſchwert die Konſtruktion der Gebirgslokomotiven. Dieſelben haben eine größere Anzahl gekuppelter Achſen zu erhalten (drei und vier, in neuerer Zeit ſogar fünf — Decapod-Syſtem); bei drei gekuppelten Achſen erweiſt ſich wegen der Schwere der Lokomotive in der Regel noch eine Laufachſe oder ſelbſt ein vierräderiges Drehgeſtell als notwendig; gegenwärtig gilt wohl allgemein als Typ von Gebirgslokomotiven für Schnell- und Perſonenzüge die Lokomotive mit drei gekuppelten Achſen und einem zweiachſigen Drehgeſtell, für Güterzüge die Lokomotive mit vier gekuppelten Achſen, wozu mitunter noch eine einſtellbare Achſe tritt. Vielfach werden jetzt, um der Forderung der Kurvenbeweglichkeit zu entſprechen, Lokomotiven mit einſtellbaren Triebgeſtellen und einſtellbaren Achſen verwendet, wobei auch die Verbundwirkung ausgenutzt wird (Bauart Mallet-Rimrott). Einfacher ſind die Lokomotiven mit einem feſten und einem beweglichen Triebgeſtell (Bauart Hagans [1]); einzelne einſtellbare Kuppelachſen zeigen die Anordnungen von Klofe (Verbindung der Einſtellungsvorrichtungen für die Achslager und die Kuppelſtangen in ſolcher Weiſe, daß deren richtiges Zuſammenwirken geſichert erſcheint), Klien-Lindner (die feſtgelagerten Kuppelachſen tragen in der Mitte eine Kugelfläche, welche die beſondere Hohlachſe mit den Rädern beweglich und frei einſtellbar umſchließt) und Hagans (ähnlich wie bei Klien-Lindner, doch iſt die Hohlachſe zwangläufig

geführt). Nach den neueſten Erfahrungen genügt aber auch für die leichte Beweglichkeit und geringe Abnutzung der Spurkränze der Lokomotive mit vier und fünf gekuppelten Achſen in ſcharfen Krümmungen eine geeignete ſeitliche Verſchiebbarkeit einzelner Kuppelachſen.

Um den Schlepptender beibehalten zu können, wofür ſich viele Betriebsingenieure ausſprechen, und doch der Forderung der Vermeidung toter Laſt zu genügen, hat man das Gewicht desſelben für die Reibung zu verwerten geſucht, indem man die Tenderräder einerſeits und die Lokomotivräder anderſeits durch Kuppelſtangen verband und die Bewegung der gekuppelten Lokomotivräder auf die gekuppelten Tenderräder durch Ketten oder Zahnräder (Syſtem Engerth) oder Kuppelſtangen (Kirchweger-Fink) übertrug. Dieſe Verſuche gehören der Geſchichte an; man läßt jetzt die Schlepptender als tote Laſten mitlaufen. Vielfach werden Gebirgslokomotiven als Tenderlokomotiven konſtruiert, d. h. Lokomotiven, bei denen der Waſſer- und Brennſtoffvorrat zu beiden Seiten des Keſſels gelagert iſt; die Anſichten über deren Vor- und Nachteile gehen auseinander.

Selbſtverſtändlich müſſen Gebirgslokomotiven mit Sandſtreuapparaten und kräftigen Bremſen ausgerüſtet ſein. — Nachſtehende Ueberſicht gibt — nach [2] — die wichtigeren Dimenſionen einiger neuerer Gebirgslokomotiven.

Nummer	Eiſenbahnverwaltung	Die Lokomotive befördert	Verhältnis der Anzahl der Triebachſen z. Geſamtzahl der Achſen	Dienſtgewicht in t		Dampfzylinder			Roſtfläche	Heizfläche	Dampfüberdruck in Atmoſphären	Inhalt des Tenders	
				auf allen Achſen	auf den Kuppelachſen	Durchmeſſer Hochdruck mm	Durchmeſſer Niederdruck mm	Hub mm	qm	qm		Waſſerbehälter cbm	Kohlenraum t
1	Oeſterreichiſche Staatsbahnen . .	Schnell- u. Perſ.-Züge	3/5	69,8	43,0	530	810	720	3,1	208	14	16,0	7,2[1])
2	Gotthardbahn . . .	„	3/5	64,0	45,0	2 × 370	2 × 590	600	2,4	152	15	—	—[2])
3	Schwarzwaldbahn	„	3/5	55,5	40,2	2 × 350	2 × 550	640	2,1	128	12	15,2	5,0[2])
4	Norwegiſche Staatsbahnen . .	„	3/5	51,0	36,0	450	670	650	1,9	117	13	11,0	4,2
5	Delaware-, Lackawanna- u. Weſtb.	„	3/5	81,2	62,1	508	—	711	7,8	250	14,7	22,7	12,2
6	Oeſterreichiſche Staatsbahnen . .	Güterzüge	5/5	65,7	65,7	560	850	632	3,0	185	14	—	—
7	Semmering-Brenner-Arlberg-Lokomotiven . . .	Perſonen-, Schnell- u. Güterzüge	4/4	69,0	57,2	540	800	632	3,3	227	13	—	—[3])
8	Preußiſche Staatsbahnen	Güterzüge	4/4	52,2	52,2	530	750	630	2,3	138	12	—	—
9	Franzöſiſche Südbahnen	„	4/5	71,5	64,3	2 × 390	2 × 600	650	2,8	251	15	—	—

[1]) Zwei innen liegende Verbundzylinder. [2]) Vier Zylinder. [3]) Befördert Schnellzüge bergan mit 32, abwärts mit 45 km/St.

Literatur: [1] Organ f. d. Fortſchr. d. Eiſenbahnweſens 1894, S. 182, und 1897, S. 222. — [2] Die ausführlichſten Aufſchlüſſe über allgemeine Anordnung und über Einzelheiten gibt das Werk: Das Eiſenbahnmaſchinenweſen der Gegenwart, 1. Abſchn., 1. Teil, 2. Auflage, Wiesbaden 1903. — [3] Ferner ſind zu empfehlen: Heuſinger, Handb. für ſpezielle Eiſenbahntechnik, Bd. 3, 2. Teil (Abhandlung von A. Petzhold); Kramer, Der Maſchinendienſt auf der Brennerbahn, Wien 1878; Birk, Die Semmeringbahn, Wien 1879; k. k. Staatsbahndirektion Innsbruck, Die Arlbergbahn 1896; R. Sanzin, Fünfzig Jahre der Entwicklung der Gebirgslokomotiven, Organ f. d. Fortſchr. d. Eiſenbahnweſens 1901, S. 241 ff. — [4] Dasſelbe und Glaſers Annalen für Gewerbe und Bauweſen enthalten viele Beſchreibungen und Abbildungen von Gebirgslokomotiven. *Alfr. Birk.*

Gebirgsdruck, ſ. Tunnelbau.

Gebirgsfluß, kleinerer bis größerer Waſſerlauf im Gebirgs- oder Hügelland mit bisweilen beträchtlicher Geſchwindigkeit, entſprechend dem ſtarken, den Betrag von $^1/_{500} = 2\,^0/_{00}$ meiſt überſchreitenden durchſchnittlichen relativen Gefälle; bisweilen Gefällskonzentrationen aufweiſend, für Ausnutzung der Waſſerkräfte nicht ſelten gut geeignet.

Infolge der periodiſch ſtark wechſelnden Waſſerſtände und entſprechend oft beträchtlicher Sinkſtoff- und Geſchiebebewegung iſt das Flußbett häufigen Aenderungen unterworfen. Die Gebirgsflüſſe ſind meiſt nicht ſchiffbar oder es iſt ihre Schiffahrt und Flößerei von untergeordneter oder ſehr geringer Bedeutung. Der Gebirgsfluß entſteht aus der Vereinigung von Gebirgsbächen und Wildbächen und bildet meiſt nach Vereinigung mit andern Gebirgsflüſſen den Oberlauf von Flüſſen und Strömen der Niederung und des Tieflandes. Die Geſchiebebewegung (Dynamik der Sinkſtoffe) geht ſowohl im Einzel- als auch namentlich im Maſſentransport vor ſich. Bei Gebirgsflüſſen iſt die ſtreckenweiſe der verſchiedenen Waſſergeſchwindigkeit entſprechende Sortierung des Geſchiebes auch nach der Breitenausdehnung eine ſehr auffallende. Im Oberlauf mit dem größten relativen Gefälle findet ſich das größte Kaliber vor. Dieſes nimmt fukzeſſive an Größe ab mit dem ſich gegen die untere Flußſtrecke hin verflachenden Gefälle. Im Flußſchlauch bezw. in der Rinne des reißendſten Waſſers (dem Talweg bei Flüſſen der Niederung und Strömen entſprechend) findet ſich das größte (gröbſte) Geſchiebe

im gleichen Flußquerſchnitt. Gegen die Ufer hin wird dasſelbe kleiner, und an flachen Ufern beſteht es aus feinerem Kies und mehr Sand. Das Kolken (ſ. Auskolkung) an der Sohle und an Fundamenten von Einbauten ſowie die entſprechende mit der Geſchiebebewegung eintretende flußabwärtige Vergrabung von in das Flußbett gelangenden feſten Gegenſtänden iſt eine charakteriſtiſche Erſcheinung in Gebirgsflüſſen. — Beiſpiele von Gebirgsflüſſen ſind: die Iſar, der Inn, die Etſch, ſodann die Aare von Thun bis zum Rhein, die Rhone oberhalb und ebenſo auf einer bedeutenden Strecke noch unterhalb des Genferſees ſowie der Rhein oberhalb des Bodenſees von Thusis bezw. Ilanz abwärts; derſelbe behält auch den Charakter eines ſolchen bis gegen Straßburg hin bei trotz ſtreckenweiſe kleineren Gefälles, nicht zum geringſten Teil infolge ſeiner Aufnahme unterhalb jenes „Schwäbiſchen Meeres" verſchiedener Gebirgsflüſſe, wie Thur, Töß, Aare, Birs, Wieſe u. ſ. w., und einer zeitweiſe bedeutenden Geſchiebeführung. *Hilgard.*

Gebirgsflußregulierung (oder mit Rückſicht auf den vor der Regulierung meiſtens mit „Verwilderung" bezeichneten Zuſtand neuerdings [3] ſehr zutreffend auch „Bändigung der Gebirgsflüſſe" genannt), umfaßt die ſämtlichen Korrektions- bezw. Regulierungsarbeiten, welche an einem Gebirgsfluſſe vorkommen; vgl. a. Gebirgsfluß, Flußkorrektion, Flußregulierung, Uferdeckwerke u. ſ. w. ſowie [1]—[19].

Eine Verwilderung und damit das Bedürfnis einer Regulierung entſteht bei übermäßigem Geſchiebetransport, namentlich durch ſchädliche Geſchiebeablagerung (oft durch geringfügige Urſachen, wie u. a. Stranden eines Baumes, hervorgerufen) und infolge davon Sohlenerhöhung, periodiſche Ueberſchwemmungen und eintretende Verſumpfung anſtoßenden Geländes, ſodann durch Sohlenangriffe, Uferabbrüche, Wandern bezw. Verſchiebungen des Flußlaufes innerhalb des Flußtales, Bildung von Flußſpaltungen, der dieſen gewöhnlich vorausgehenden Serpentinen und deren Verſchärfung bis zum Durchbruch, unter entſprechender Gefährdung von Kulturland und Auflandung natürlichen Flußgebietes.

Fig. 1. *H* Humus. *K* Kies. *F* Faſchinen. *D* Dammerde, geſtampft. *B* Böſchungspflaſter.

Für die erſtgenannten Erſcheinungen in Form von ſchädlichen Sohlenerhöhungen und deren Folgen ſind die in Seen einmündenden Gebirgsflüſſe in ihrem natürlichen Zuſtande beſonders charakteriſtiſch. Infolge der Geſchiebeablagerung an der Mündungsſtelle (Delta- bezw. Geſchiebekegelbildung) wird dieſe beſtändig weiter vorgeſchoben. Der Flußlauf wird ſo am unteren Ende verlängert, das relative Gefälle entſprechend vermindert und die Flußſohle dem für den Geſchiebetransport benötigten Gefälle entſprechend beſtändig erhöht. Eine durch Korrektion erreichte Verkürzung (mittels Durchſtich, ſ. d., bezw. Verlegung der Mündung) bildet alsdann ein radikales Hilfs- bezw. Korrektionsmittel.

Fig. 3.

Fig. 2.

Eines der bedeutendſten Beiſpiele dieſer Art von Regulierungen aus der Neuzeit bilden der bereits ausgeführte und der noch projektierte Fußacher bezw. Diepoldsauer Durchſtich des Rheins (internationale, d. h. ſchweizeriſch-öſterreichiſche Rheinregulierung), von welchen in [3], [9] und [10] Ueberſichten gegeben ſind, auf die wir verweiſen. Aus Fig. 1 iſt das für den erſteren Durchſtich gewählte Normalprofil (Doppelprofil) erſichtlich. Die mit *a* bezeichneten Partien des Querſchnittes waren der Abſchwemmung durch das in ſein neues Bett ſtrömende Waſſer überlaſſen worden.

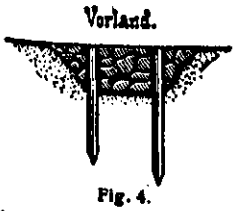


Fig. 4.

Da namentlich bei Gebirgsflüſſen ein ſtarker Wechſel in den Waſſerabflußmengen auftritt, ſo iſt die Anwendung eines normalen Doppelprofils für die Regulierung, namentlich bei verhältnismäßig flachem Talboden und größerer Talbreite, häufig. Der Flußſchlauch bezw. deſſen Leitlinien werden dann durch ſubmerſible Leitwerke oder ſubmerſible Traverſen bezw. Buhnen feſtgelegt. Der zwiſchen dem Flußſchlauch und dem Hochwaſſerdamm bezw. -ufer gelegene Teil des Doppelprofils iſt das Vorland. Falls zu deſſen Bildung nur eine geringe Auflandungshöhe notwendig iſt, können ſogenannte beſondere Verlandungstraverſen bezw. Weidenpflanzungen (Fig. 2 und 3) zur Anwendung gelangen. Muß das Vorland durch Abgrabung bezw. auch Abſchwemmung hergeſtellt werden, ſo kann dasſelbe mittels ſogenannter verſenkter Traverſen (als Grundſchwellen), z. B. nach Fig. 4 (Querſchnitt), gegen zu tiefe Abſchwemmung geſchützt werden. Gegen allfällige

Fig. 5.

unerwünſchte Erweiterung des Profils durch Abſchwemmung der Ufer können jene vorläufig einfach durch Spreutlagen (Fig. 5) geſchützt werden.

Falls die Hochwaſſerabflußmenge verhältnismäßig klein iſt oder aber falls zwar groß, doch nur einem mäßigen Vielfachen der Niederwaſſermenge entſpricht, ſo kommen meiſtens einfache Profile zur Anwendung. In engeren und tiefer eingeſchnittenen Tälern mit höheren Ufern und wo höhere Parallelwerke bezw. Hochwaſſerdämme leichter zu erſtellen ſind, werden dieſe dann als inſubmerſible Leitwerke mit entſprechenden Hochtraverſen unter Ausſparung von Verlandungs-

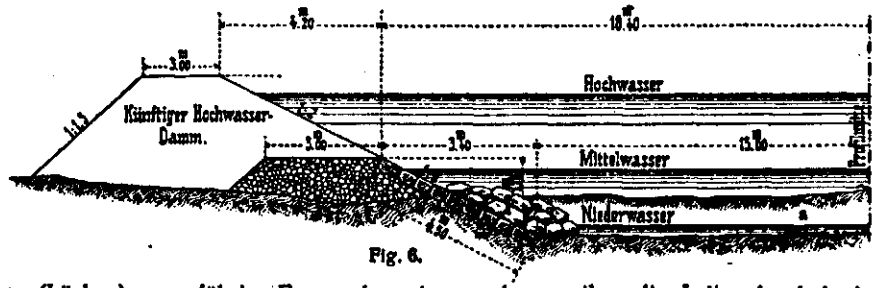


Fig. 6.

breſchen (Lücken) ausgeführt. Es werden aber auch zuweilen die Leitwerke bei einfachen Profilen zunächſt ſubmerſibel und erſt in einer ſpäteren Periode zu eigentlichen Hochwaſſerdämmen, nach entſprechender Verlandung hinter denſelben, ausgebaut.

Ein Beiſpiel dieſer Art bildet das in Fig. 6 dargeſtellte einfache Normalprofil der Aarekorrektion von Böttſtein bis zum Rhein, während im Gegenſatz hierzu in Fig. 7 ein Stück des einfachen Normalprofils des Rheins im Kanton Graubünden (Domleſchg) dargeſtellt iſt, das aus überſtrömten ſubmerſibeln Parallelwuhren als Leitwerken und aus nicht überſtrömbaren Querdämmen (inſubmerſibeln oder Hochtraverſen) gebildet iſt.

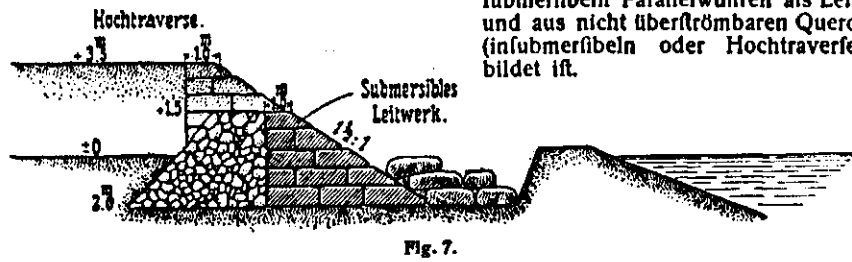


Fig. 7.

Speziell bei Gebirgsflüſſen werden die abſichtlich hinter den Parallelwerken und zwiſchen den Traverſen bewirkte Auflandung auch mit Kolmation (Kolmatierung), die ſo erfolgte Auflandung als Kolmations- oder kolmatiertes Gebiet und die regulierbaren Abſchlüſſe der Kolmationsöffnungen (Lücken) durch Schützen mit Kolmationsſchleuſen bezeichnet.

Im großen und ganzen wird bei Gebirgsflüſſen überhaupt das Parallel- bezw. Leitwerkſyſtem vorwiegend zur Anwendung gebracht. Eine Ausnahme mit reinem Buhnenſyſtem bilden die Regulierungsbauten an der Rhone im Kanton Wallis. Dagegen wird ſehr häufig mit dem Bau nur anfänglich als Buhnen wirkender Traverſen begonnen und werden dann nach teilweiſer Auflandung zwiſchen denſelben die Leitwerke erſt ſpäter erſtellt (u. a. an der Thur).

Die die Wahl des einfachen bezw. doppelten Profils beſtimmenden Verhältniſſe zwiſchen Niederwaſſer- und Hochwaſſerabflußmengen ſind z. B. ſekundlich beim Rhein (zwiſchen Oeſterreich und der Schweiz, an der unteren Strecke Doppelprofil, oberhalb einfaches Profil) 20 cbm und 3000 cbm, alſo 1 : 150, beim Teſſin (Doppelprofil mit ſubmerſibeln Leitwerken längs des Schlauches), 15 cbm und 2500 cbm, alſo 1 : 170, bei der Rhone im Kanton Wallis oberhalb des Genferſees (Doppelprofil mit Buhnen) 12 cbm und 900 cbm, alſo 1 : 75, bei der Aare bei Böttſtein dagegen (einfaches Profil mit Parallelwerken) 150 und 2300, alſo 1 : 16 (ausgleichender Einfluß der von der Aare ſelbſt ſowie von ihren Zuflüſſen Limmat und Reuß durchfloſſenen Seen).

Bezüglich der Mündungen der Zuflüſſe zu Gebirgsflüſſen ſind zu unterſcheiden ſtumpf- bis rechtwinklige und ſpitzwinklige bis (in der Kurve) tangierende. Die letzteren weiſen meiſtens einen zu großen Mündungsquerſchnitt auf. Infolge hiervon ſind Geſchiebeablagerungen am zufluſſeitigen Ufer des Hauptfluſſes im Mündungsquerſchnitt ſelbſt oder direkt unterhalb desſelben eine gewöhnliche Erſcheinung. Die bei jeder Mündung entſtehende Störung der Abflußverhältniſſe iſt in vielen Fällen ſelbſt durch Korrektion nicht gänzlich zu beſeitigen. Die Korrektion fehlerhafter Mündungen iſt vielfach von nicht geringer Bedeutung. Tangierende Mündungen ſind ſtets zu vermeiden. Je kleiner der Zufluß im Verhältnis zum Hauptfluß, um ſo mehr ſollte ſich der Mündungswinkel einem rechten nähern.

Mit der Abwärtsverlegung der Mündung eines Zufluſſes kann eine Vertiefung des Bettes des Hauptfluſſes an der Mündungsſtelle und oberhalb derſelben in dem Falle erzielt werden, wenn ſein Gefälle unterhalb der urſprünglichen Mündung beträchtlich größer iſt als oberhalb, und eine Erhöhung, falls dasſelbe kleiner iſt. Für den Zufluß, ſofern deſſen Gefälle wie gewöhnlich größer iſt als das des Hauptfluſſes, wird in beiden Fällen eine Erhöhung des Bettes die Folge ſein. Eine Vertiefung des Zufluſſes kann aber zu erreichen ſein, falls durch eine Aufwärtsverlegung der Mündung in deſſen unterſter Strecke ſein relatives Gefälle daſelbſt vergrößert werden kann, wegen des geringeren Gefälles des Hauptfluſſes oder auch infolge einer Verkürzung jener Strecke.

Außer den mittels Durchſtichen bezw. Verlegung der Mündungen bewirkten Folgen erzielen auch die übrigen bei Flüſſen überhaupt zur Anwendung gelangenden Korrektionsmittel eine Normaliſierung und Erhaltung des Flußbettes und ſeiner Ufer durch Parallelwerke und Querbauten, die bei Gebirgsflüſſen wohl in den mannigfachſten Konſtruktionstypen zur Verwendung kommen. Bei den Uferſchutzbauten iſt namentlich infolge der viel größeren Beweglichkeit bezw. Veränderlichkeit der Sohle am Fuß der Uferböſchung eine bewegliche, d. h. den Veränderungen ſelbſttätig anpaſſungsfähige Anordnung der dieſen ſelbſt ſchützenden Teile der Bauten von großer Wichtigkeit. Hierzu eignen ſich beſondere geſchichtete oder geworfene Steinvorlagen und unter den künſtlich hergeſtellten Sinkkörpern die nach ihrem Urheber benannten Gumppenbergſchen kontinuierlichen Senkwalzen ſowie die in dieſer Abſicht auf durch die Böſchung des Ufers gebildete Gleitflächen gelagerten Steinſchichtungen bezw. Steinſchüttungen oder Stein- und Betonplattenabdeckungen. Sie haben alle den Zweck, ſofort nach entſtandenen, den eigentlichen Fuß des Ufers bedrohenden Sohlenvertiefungen in dieſe nachzurutſchen und denſelben zu ſchützen. In Fig. 1 (Fußacher Rheindurchſtich, Steinvorlage) ſowie Fig. 8 (Dornbirner Aach, Vorarlberg), Fig. 8a [13] (Aarekorrektion unterhalb Thun) und Fig. 8b (Illerkorrektion, Oberkirchberg) ſind ſolche Uferſchutz- bezw. Böſchungsfußſicherungsanlagen dargeſtellt. Bei den beiden erſteren ſind geſchichtete Steinvorlagen bezw. auf und ohne Bettung aus Faſchinenbau verwendet. Die beiden letzteren kennzeichnen ſich beſonders durch die Verwendung von kontinuierlichen (Gumppenbergſchen) Senkwalzen. Fig. 9 ſtellt eine beſondere, den genannten Zweck erfüllende Anordnung dar, bei der die aus einem doppelten Belag loſer Betonplatten beſtehende Abdeckung der Böſchung aufeinander gleitend unbeſchadet in die am Böſchungsfuß entſtandene Vertiefung nachrutſchen kann [18] (Varfluß bei Nizza).

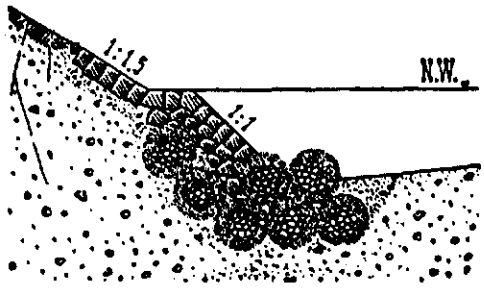


Fig. 8b.

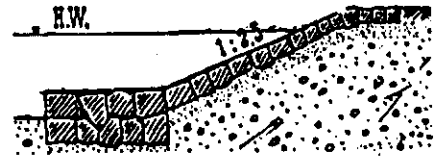


Fig. 8.

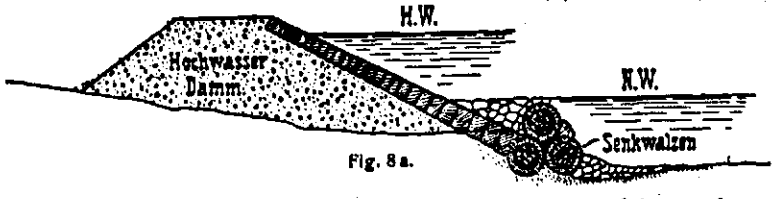


Fig. 8a.

In Längs- und Querbauten werden je nach lokalen Verhältniſſen, je nach Abſicht auf eine größere oder geringere Permanenz der Werke oder je nach den finanziellen Hilfsmitteln Stein- wie Holz- bezw. Strauchwerksbauten verwendet. Als für Gebirgsflüſſe charakteriſtiſche Steinbauten ſind in Fig. 10 bezw. in Fig. 11a und 11b ein ſubmerſibles Leitwerk im Doppelprofil des Teſſins (oberhalb Langenſee, Schweiz) [16] und eine Steinbuhne mit Pfahlkranzkopf im Doppelprofil der Rhone (Kanton Wallis) dargeſtellt [1].

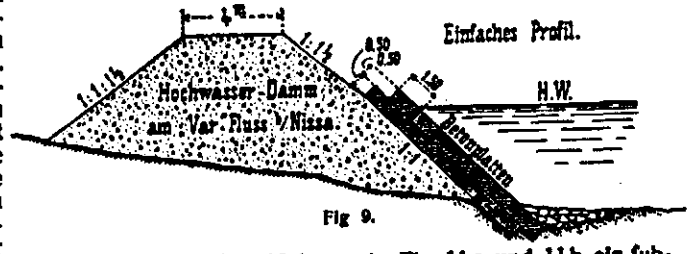


Fig 9.

Im Gegenſatz hierzu ſind in Fig. 12a und 12b ein aus z. B. vier Doppel-, Längs- und Querlagen (ſogenannten Böden) aufgebautes Leitwerk (daher vierbödiges Längswuhr für Thurkorrektion), in Fig. 13 ein in offener Flußſtrecke (Wertach, Bayern [15]) aus Faſchinat und Senkwalzen beſtehendes Leitwerk und in Fig. 14a, 14b und 14c ein aus Wippenböden (Faſchinat) zwiſchen Pfahlkranz aufgebautes Querwuhr (inklinante Buhne, Thurkorrektion) dargeſtellt.

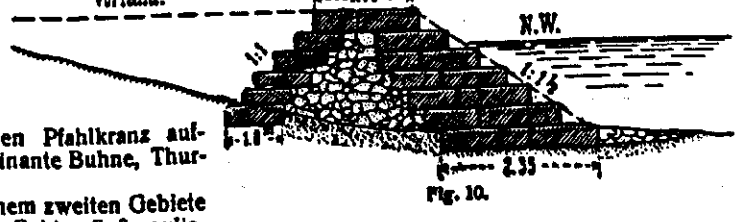


Fig. 10.

Wie wohl auf keinem zweiten Gebiete des Bauweſens iſt es bei Gebirgsflußregulierungen ſowie bei Korrektionen bezw. Regulierungen von größeren Gewäſſern (namentlich Flüſſen und Strömen) überhaupt notwendig, daß der von dieſen durchfloſſene und daher vom allgemein wirtſchaftlichen Standpunkte am Fluſſe direkt intereſſierte Staat oder die an denſelben grenzenden oder von ihm durchſchnittenen Staaten auf Grund gegenſeitiger Verſtändigung nach einem ein-

heitlichen und womöglich das ganze Fluß- und Einzugsgebiet berücksichtigenden Plane über die vorzunehmenden Arbeiten und Bauten und die darauf bezüglichen Ausgaben entscheiden. Es ist hierbei ziemlich gleichgültig, ob die Interessen der Landeskultur, Fischerei, Flößerei, Schiffahrt und Ausnutzung der Wasserkräfte nur einzeln oder alle gleichzeitig in Betracht fallen.

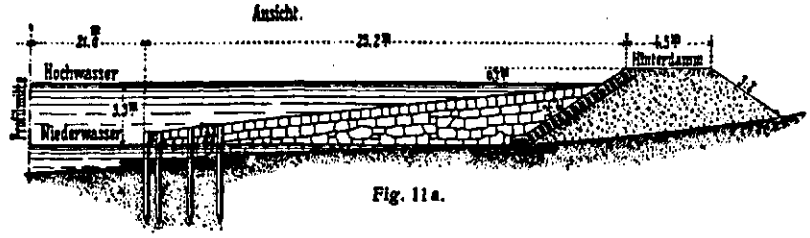


Fig. 11a.

Der Zweck ist, bei der Möglichkeit rechtzeitiger Beschaffung der notwendigen Geldmittel, die Innehaltung einer systematischen Reihenfolge und die jenem einheitlichen Plane entsprechende und in technischer Hinsicht Gewähr bietende Ausführung der Arbeiten unter staatlicher Oberaufsicht, wenn nicht auch Bauleitung, zu sichern. Diese hat dafür Sorge zu tragen,

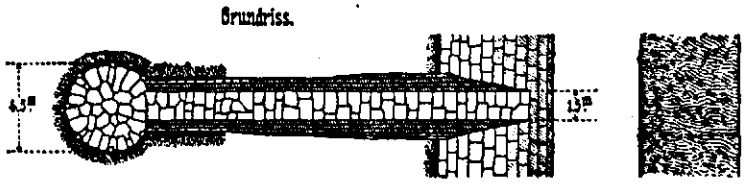


Fig. 11b.

daß die im vorausgehenden beschriebenen, durch das gewählte Korrektionssystem bedingten Einbauten und Schutzbauten rechtzeitig und ausreichend in beabsichtigter Weise auf das ganze Flußbett, die Ufer, das anstoßende Gelände einschließlich allfällig verlassener Flußarme (Altwasser und Gießen, s. d.), besonders aber auf die Sohle einwirken und zugleich unter Berücksichtigung aller im Flußgebiet bestehenden

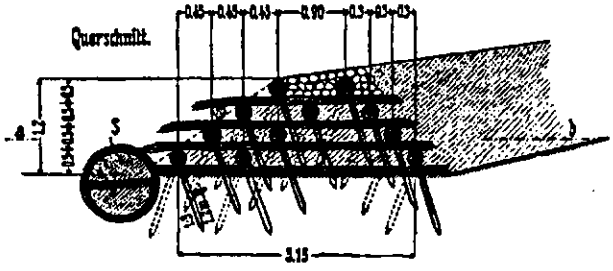


Fig. 12a.

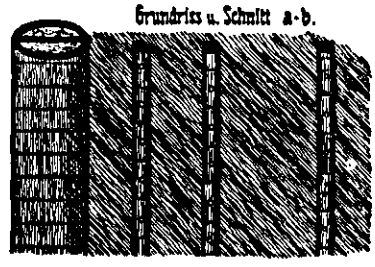


Fig. 12b.

und von der Korrektion beeinflußten baulichen Anlagen (Stauanlagen, Brücken, Mündungen von Flüssen und Kanälen sowie Einrichtungen für Schiffahrt, Flößerei, Fischerei u. dergl. m.) den allgemein dringendsten Bedürfnissen zunächst Genüge geleistet werde. Die eigentlichen Schwierigkeiten bei Flußregulierungen liegen meist viel weniger auf dem technischen als auf dem wirtschaftlichen und besonders finanziellen bezw. auch rechtlichen Gebiete, indem bei der Aufstellung eines einheitlichen Planes die Besitzrechte einzelner Personen an dem Wasser sowohl wie die ganzer Gemeinden und andrer Korporationen zu berücksichtigen sind. Von

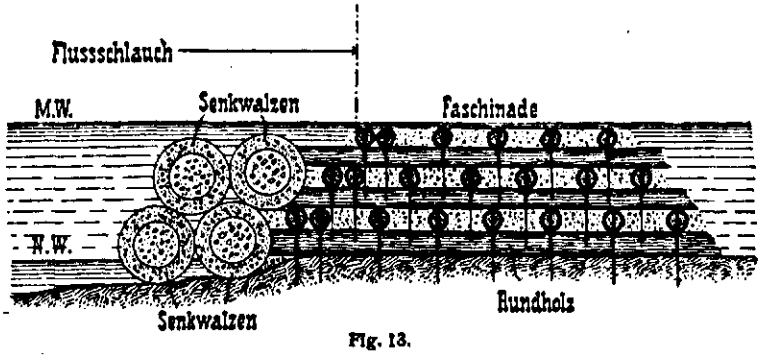


Fig. 13.

besonderer Tragweite werden diese Verhältnisse, falls der Wasserlauf die Grenze zweier Staaten bildet und etwa infolge eines Durchstiches eine Verlegung erfahren soll. Beispiel: internationale Rheinregulierung zwischen Oesterreich und der Schweiz [9], [10].

In gleicher Weise sind aber auch über den künftigen Unterhalt der Korrektionswerke und die Oberaufsicht über das Gewässer einschließlich allfälliger Inseln (Werder) und alter Rinnen (Altwassergießen) in einheitlichen Wasserrechts- und Wasserbaugesetzen die nötigen Verfügungen zu treffen und ist deren Vollzug beständig zu überwachen.

Hand in Hand mit der Aufstellung eines Projektes zur Regulierung muß auch die Ermittlung des voraussichtlichen Kostenaufwandes während der einzelnen Bauperioden sowohl wie für die gesamte Regulierung gehen und für die Beschaffung der Bausummen bezw. der

alljährlich benötigten Kredite Ausweis geleiſtet und Vorſorge getroffen werden.

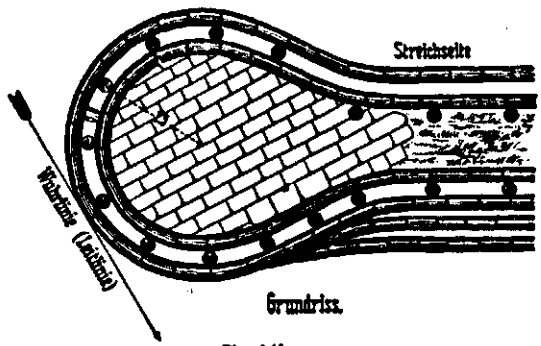
Auch dieſe Aufgabe wird meiſtens dadurch erſchwert, daß während der einzelnen Bau- ſowie teilweiſen und daher unvollkommenen Wirkſamkeitsperioden der Flußkorrektionen der Fluß ſelbſt vielfachen, oft gar nicht zu kontrollierenden Aenderungen unterworfen iſt (außerordentliche Hoch- bezw. Niederwaſſerſtände). Infolge der oft nicht zu vermeidenden, das Endziel nachteilig beeinfluſſenden Einwirkungen der noch nicht korrigierten Strecken auf korrigierte oder der in der Regulierung begriffenen bezw. ſchon korrigierten Strecken auf die noch nicht korrigierten muß das anfänglich zugrunde gelegte Projekt ſeinerſeits während des Fortſchrittes der Bauten oftmals trotz aller Gründlichkeit der Vorarbeiten mehr oder weniger weitgehenden Aenderungen unterworfen werden, die nie ohne Einfluß auf den Koſtenvoranſchlag ſind.

Aus dieſen Umſtänden erhellt das weit über das Privatintereſſe der anſtoßenden Grundeigentümer hinausgehende allgemeine wirtſchaftliche Intereſſe des Staates an einer ſolchen Regulierung. Schon die oft den direkten Nutzen einer Korrektion oder die Schätzung der durch Verbeſſerung der Vorflut zu verhütenden Schädigungen weit überſteigenden Koſten einer Regulierung bedingen deren Anhandnahme, Durchführung, Ueberwachung und Unterhalt in der Zukunft durch den Staat, da die einzelnen Anſtößer, Private wie Gemeinden und andre Verbände, die dazu nötigen Mittel in den wenigſten Fällen aufbringen würden.

Die ſeitens des Staates auch an untergeordnete Korrektionen kleinerer Gewäſſer zu leiſtenden Subventionen ſind nach dem prozentuellen Verhältnis der Totalkoſten oft ganz bedeutende.

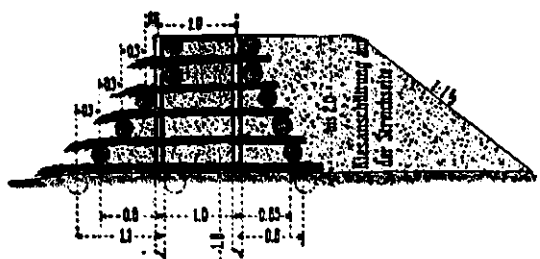
Längenſchnitt.

Fig. 14a.



Grundriss.

Fig. 14b.



Querschnitt.

Fig. 14c.

Die „Vorarbeiten“ umfaſſen die genaue Aufnahme von Lageplan, eventuell auch die Herſtellung von topographiſchen Karten, von Längenprofilen, Querprofilen (ſ. Längenprofil bezw. Querprofil der Flüſſe), Meſſung und Beobachtung der Menge und Beſchaffenheit von Waſſer, Geſchiebe und Treibzeug (Schwemmſel) ſowie der Größe und Periodizität von Waſſerſtänden im Fluß (an den Pegelſtationen) und Niederſchlagsmengen, ferner eine eingehende Unterſuchung der geologiſchen, hydrographiſchen und meteorologiſchen Verhältniſſe des geſamten Einzugsgebietes. Außerdem ſind alle Veränderungen im Flußgebiete und die Richtigkeit bezw. Zuverläſſigkeit allfällig vorhandener Reſultate ſolcher bereits genannter Beobachtungen innerhalb einer beträchtlich in die Vergangenheit zurückgreifenden Zeitperiode feſtzuſtellen und darauf fußend unter Berückſichtigung aller in Frage kommenden Einflüſſe für Schlüſſe auf die Zukunft zu verwerten.

Auf Grund der Vorarbeiten wird dann der allgemeine Regulierungsentwurf (Projekt) bearbeitet, für welchen die Feſtlegung der Richtungslinie und damit des relativen Gefälles für die verſchiedenen Strecken ſowie die Feſtſetzung des Normalprofiles als Baſis dienen muß.

Bei Gebirgsflüſſen mit ihren ſtark wechſelnden Waſſer- und Geſchiebemengen tritt dann auch ſchon eine richtige Beſtimmung des Koeffizienten k in der für die Beſtimmung des Normalprofiles maßgebenden Formel $v = k\sqrt{r\alpha}$ (ſ. Hydraulik) als weſentliche Unſicherheit in den Vordergrund.

Bildet auch die Verbeſſerung der Flußläufe einſchließlich der namentlich in ihren oberen Gebieten in Betracht zu ziehenden Anlagen und Vorkehrungen — bei Gebirgsflüſſen zur Hemmung bezw. Abſchwächung der Geſchiebebildung bezw. Zufuhr ſowie Unſchädlichmachung der Geſchiebebewegung (ſ. Wildbäche und Runſen), aber auch mehr vereinzelt im Flachlande zur Verminderung der Anſchwellungen durch Verzögerung des Abfluſſes der Hochwaſſer (Staufeen, ſ. a. Retentionsvermögen der natürlichen Seen) — ein ſehr wirkſames Mittel zur Abſchwächung, wenn nicht gänzlichen Behebung der durch mangelhafte Vorflut entſtehenden Waſſerſchäden, ſo kann dieſelbe auch anderſeits nachteilige Folgen haben. Dieſe können ſein: übermäßige Vertiefung der Sohle, die beſondere unvorhergeſehene Befeſtigungen erfordert, übermäßige Senkung oder Hebung des Grundwaſſerſpiegels in angrenzenden Gebieten, ungünſtige Beeinfluſſung der Ergiebigkeit von Quellen ſowie der Ausbeutung von Naturprodukten, aber auch die Veranlaſſung zur Verſchlechterung der Verhältniſſe an vor der Korrektion in befriedigendem Zuſtand befindlichen Flußſtrecken und der infolge davon nachträglich benötigten Ausdehnung der Korrektion auch auf dieſe.

So ſoll denn auch ein der Korrektion als Grundlage dienendes Projekt ſtets begleitet ſein von einem ausführlichen Erläuterungsbericht (Denkſchrift), der außer den erwähnten Koſtenvoranſchlägen Zweck, Aufgabe und Mittel für vorausſichtliche Vor- und Nachteile bezw. Folgen der Korrektion für alle Privaten, Gemeinden, Waſſer-, Fiſcherei-, Schiffahrts- eventuell Flößereiintereſſen bezw. -rechte klarlegt und darauf geſtützt die Regulierung motiviert.

Sollen die Gebirgsflußregulierungen von ganzem Erfolg ſein, ſo müſſen mit denſelben Hand in Hand bezw. denſelben vorausgehen die Verbauung aller zufließenden Wildbäche, eine Verbauung der Runſen und Lawinenzüge, Entwäſſerung und Konſolidierung aller tributären Rutſchgebiete, Aufforſtung und Bepflanzung kahler Hänge und Ufer zum Zweck möglichſter Verminderung der Geſchiebeführung ſchon im Urſprungsgebiete ſowie eine eventuelle Entwäſſerung des Hinterlandes durch eine ſogenannte Binnengewäſſerkorrektion, Verbeſſerung der Vorflut aller Zuflüſſe durch Korrektion oder Verlegung der Mündungen bezw. Anlage eines beſonderen Binnengewäſſer-(Sammel-)kanals mit zweckentſprechenden Vorflutverhältniſſen. Aus der Verbindung aller dieſer Korrektionsarbeiten entſtehen die ſogenannten zuſammengeſetzten Korrektionswerke. Vgl. a. Wildbäche.

Literatur: [1] Salis, A. v., Das ſchweizeriſche Waſſerbauweſen, Organiſation, Leiſtungen und Bauſyſteme, Bern 1883. — [2] v. Gumppenberg-Pöttmes, Der Waſſerbau an Gebirgsflüſſen, Augsburg 1860. — [3] Kreuter, F., Bändigung der Gebirgsflüſſe, Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, 11. Kap., Leipzig 1900. — [4] Franzius, L., Der Waſſerbau, 2. Kap., und Frauenholz, W., Regulierung der Gebirgsflüſſe, Handbuch der Baukunde, Berlin 1890. — [5] Doell, A., Die Regulierung geſchiebeführender Waſſerläufe und des Oberrheins, Fortſchritte der Ingenieurwiſſenſchaften, Leipzig 1896. — [6] Hilgard, K. E., Waſſerbau, Kap. E, Die Regulierung der Gebirgsflüſſe, Schweiz. Ingenieurkalender, Zürich 1906. — [7] Wolf, A., Beſchreibung der Korrektion geſchiebereicher Flüſſe durch ſchwebende Bauanlagen, München 1893. — [8] Faber, Reiſebericht: Wolffſche Bauweiſe zur Regulierung geſchiebeführender Flüſſe, Deutſche Bauzeitung 1895. — [9] Krapf, P., Die Rheinregulierung zwiſchen Oeſterreich und der Schweiz, Oeſterr. Monatsſchr. f. öffentl. Baudienſt, Heft 10, Wien 1898; Derſ., Die Geſchichte des Rheins zwiſchen dem Bodenſee und Ragaz, Schriften d. Ver. f. Geſch. d. Bodenſees, 1901, Heft 30, S. 119 ff. — [10] Wey, J., Die Rheinregulierung zwiſchen Oeſterreich und der Schweiz, Bregenz und Buchs 1893; Derſ., Die Korrektionsarbeiten im Rheintal, Rorſchach 1898. — [11] La Nicca, R., Juragewäſſerkorrektion, Bern 1881. — [12] Morlott, A. v., Juragewäſſerkorrektion, Schweiz. Bauztg., Okt./Nov. 1895. — [13] Zürcher Aarekorrektion zwiſchen Thun und Uttigen, Allg. Bauztg. 1876. — [14] Wetli, K., Tößkorrektion, Zürich 1877. — [15] Nofek, Th., Regulierung der Gebirgsflüſſe, Brünn 1881. — [16] Martinoli, G., Correzzione del Fiume Ticino, Einſiedeln 1896. — [17] Siedeck, R., Studie über Normalprofile geſchiebeführender Gewäſſer, Wien 1905. — [18] Lernet, A., Bewegliche Uferſchutzbauten und Sohlenverſicherungen, Wien 1901. — [19] Peſtalozzi, C., Die Geſchiebebewegung und das natürliche Gefälle der Gebirgsflüſſe, Zürich 1878. — Vgl. a. die Literatur unter Flußregulierung und Wildbäche.

Hilgard.

Gebirgslokomotiven, f. Gebirgsbahnen, S. 319.

Gebirgsſtörungen oder Dislokationen werden in der Geologie alle mechaniſchen Ortsveränderungen gebirgsbildender Schichten und Schichtreihen ſowie der Maſſengeſteine genannt.

Die urſprüngliche Lagerung der Schichtgeſteine iſt eine wagerechte, und ſomit iſt jede Verrückung der Schicht aus ihrer wagerechten Lagerung die Folge einer Gebirgsſtörung. Hierbei muß man jedoch die Einſchränkung machen, daß kleinere Ablösungen von Schichten, die nicht auf Wirkungen von Vorgängen im Innern der Erdrinde zurückgeführt werden können, alſo z. B. die Felsabſtürze, Bergrutſche, Gehängeſchuttbildungen der Gegenwart, auch nicht als Gebirgsſtörungen angeſehen werden können. Die Gegenwart iſt arm an echten Gebirgsſtörungen; um ſo reicher ſind frühere geologiſche Perioden.

Nach der Art der Bewegungen in der Erdrinde kann man zwei Haupterſcheinungsformen der Gebirgsſtörungen unterſcheiden. Diejenigen Störungen, die in wagerechter oder tangentialer Richtung in der Erdkruſte wirkten, erzeugten eine Stauchung, eine Zuſammenſchiebung der Erdſchichten in Falten. Man ſieht dieſe Art Störungen allgemein als Folgen der durch die allmähliche Erkaltung der Erde entſtehenden Zuſammenziehung oder Schrumpfung der Erdrinde (Volumenverminderung) an (ſ. Gebirge). Die Stauchungen und Faltenbildungen in der Erde bilden das größte Maß der Ortsveränderungen von Schichten. Sie gaben Anlaß zur Bildung unſrer höchſten Gebirge.

Die Bewegungen der zweiten Art von Gebirgsſtörungen führten zu Zerreißungen und Brüchen der Gebirgsſchichten und zu Verſchiebungen der auseinander geriſſenen Teile längs der Trennungsfläche (ſ. Verwerfung). Die Bruch- oder Verwerfungsfläche hat ſelten eine wagerechte Lage, meiſt eine mehr oder minder zum Horizont geneigte oder nahezu ſenkrechte Stellung. Demnach ſind die Bewegungen, die Verwerfungen erzeugten, meiſt Senkungen, Ab- und Einbrüche in der Erdrinde. Da die Senkungen nur ſelten auf große Flächen hin gleichmäßig ſtattfanden, ſo nehmen die verworfenen Schichten in der Regel eine geneigte Lagerung an, beſonders an den Rändern großer gefalteter Gebirge (Alpen, Harz, Thüringer Wald, Vogeſen, Schwarzwald). Man kann im allgemeinen annehmen, daß jede geneigte Lage einer Schicht durch eine Gebirgsſtörung erzeugt wurde. Die Störungserſcheinungen verteilen ſich auf die älteſten geologiſchen Formationen weit häufiger als auf die jüngſten. Nicht in allen Fällen iſt es möglich, ſie zu erkennen, beſonders wenn dieſelben Schichten zu verſchiedenen Zeiten von Störungen heimgeſucht wurden. Das Vorhandenſein einer Faltung iſt an Schichtenbiegungen und ſtarken Neigungen in Aufſchlüſſen und an Wiederholungen derſelben Schichten im Querprofil zu erkennen. Verwerfungen dagegen ſind als meiſt ſtark geneigte Flächen im Aufſchluß

nur ſelten zu ſehen. Ohne denſelben können ſie nur daran erkannt werden, daß verſchiedenalterige Schichten längs Linien aneinander grenzen, die nicht mit den Schichtflächen zuſammenfallen. Bei horizontaler Schichtenlagerung bilden die Verwerfungen meiſt in gerader Richtung Berge und Täler überſchreitende Grenzlinien. Bei geneigten Lagerungen treten häufig auch geneigte, d. h. von der Senkrechten ſtark abweichende Verwerfungsflächen auf. Je genauer die normale Schichtenfolge eines Gebirges bekannt iſt, deſto leichter laſſen ſich die Gebirgsſtörungen erkennen. Da, wo indeſſen Faltungen und Verwerfungen in wiederholtem Maß zum Ausdruck gelangten, iſt die Erkennung der Verwerfungen ſehr ſchwierig, alſo in den älteſten Formationen, kriſtallinen Schiefern, Cambrium, Silur. Die Zeit von der unteren Steinkohlenformation bis zur Trias war reich an Gebirgsſtörungen. Vom Buntſandſtein an bis zum Beginn der Tertiärformation fehlen in Zentraleuropa ſicher nachweisbare Störungen. Erſt in der älteren Tertiärzeit beginnen Faltungen und Verwerfungen eine über die ganze Erde ſich ausdehnende Verbreitung zu gewinnen. Dieſe Störungen dauern bis in die Miocänzeit hinein fort, und die Erdbeben der Gegenwart werden zum Teil noch als Folgen (Nachzügler) jener Störungserſcheinungen betrachtet.

In vielen Fällen reiht ſich an die Bildung von Gebirgsſtörungen die Eruption von glutflüſſigen Magmen. Es ſcheint, daß durch die Verwerfungen Hohlräume, ſei es als offene Spalten oder als weite Röhren, geſchaffen wurden, in die das Magma aus dem Erdinnern hineingepreßt wurde. In andern Fällen geben die Hohlräume die Ablagerungsorte für Erze und andre Mineralien ab. Die Kenntnis der Gebirgsſtörungen, insbeſondere der Verwerfungen, iſt für den Bergmann von der höchſten Wichtigkeit.

Literatur: Margerie und Heim, Die Dislokationen der Erdrinde, Zürich 1888. *Leppla.*

Gebirgsſtraßen, ſ. Straßenbau, Trace, Tracierung und Straßenſteigungen.

Gebirgswinde, die von Gebirgen ſelbſtändig hervorgerufenen Luftſtrömungen, der nachts vom Berge längs des Abhanges nach dem Tal wehende Nachtwind (Berg- oder Oberwind) und der am Tage aus dem Tal bergaufwärts wehende Tagwind (Tal- oder Unterwind), die durch die Wärmeverteilung in den Luftſchichten in der Umgebung des Gebirges unter der Einwirkung der Ausſtrahlung und der Sonneneinſtrahlung bedingt ſind.

Literatur: Hann, Handbuch der Klimatologie, 2. Aufl., Stuttgart 1897. *Großmann.*

Gebläſe, Maſchinen und Apparate zur Bewegung, Verdichtung und Verdünnung der Luft. Man bezeichnet ſie wohl auch als Maſchinen zur Ortsveränderung der Luft.

Ihrem Zwecke nach kann man vier Hauptklaſſen von Gebläſen unterſcheiden: 1. Gebläſe zu Lüftungszwecken, d. h. zur Entfernung verbrauchter, verdorbener Luft und Zuführung friſcher Luft in Wohn- und Arbeitsräumen. 2. Gebläſe zur Zugerzeugung bezw. Zugvermehrung bei Verbrennungsprozeſſen, d. h. Zuführung friſcher Luft und Abführung der Verbrennungsprodukte. 3. Gebläſe zum Abſaugen von Luft aus geſchloſſenen Räumen, d. h. zur Luftverdünnung oder Erzeugung eines Vakuums. 4. Gebläſe zur Verdichtung der Luft und Fortleitung nach dem Verwendungsort. Die Gebläſe der dritten Klaſſe finden namentlich Anwendung in der chemiſchen Induſtrie zum Abſaugen von Gaſen, diejenigen der vierten Klaſſe bei hüttenmänniſchen Prozeſſen ſpeziell zum Betriebe der Hochöfen und Beſſemereianlagen.

Nach ihrer Arbeitsweiſe zerfallen die Gebläſe in die folgenden Hauptklaſſen: 1. die Kolbengebläſe, bei denen die Luft durch einen maſſiven Kolben bewegt wird; 2. die Zentrifugalgebläſe, bei denen die Luft durch die mittels raſch umlaufender Flügel oder Schaufeln ihr erteilte Zentrifugalkraft bewegt wird; 3. die Schraubengebläſe, bei denen ein Fortſchrauben der Luft durch ſchraubenförmig geſtaltete Flügel bewirkt wird; 4. die Strahlgebläſe, bei denen die Luft durch einen mit großer Geſchwindigkeit aus einer Mündung oder Düſe ausfließenden Dampf-, Waſſer- oder Druckluftſtrahl angeſaugt und fortbewegt wird. Aeltere Gebläſe, die jedoch faſt ganz durch das eine oder andre der vorerwähnten Syſteme verdrängt wurden, ſind die Glockengebläſe, Kaſtengebläſe, Kettengebläſe, Paternoſtergebläſe, Tonnengebläſe, Waſſertrommelgebläſe und Zellenradgebläſe. Sie finden ſich ausführlich beſchrieben in [1], worauf hiermit verwieſen ſei.

Bezüglich des Antriebs der Gebläſe iſt Handantrieb, Dampfantrieb, Gasmotorenantrieb, elektriſcher Antrieb und Antrieb durch Waſſerkraft (Waſſerradgebläſe) gebräuchlich; letzterer iſt jedoch in neuerer Zeit faſt ganz durch den Dampfantrieb verdrängt. Die Handgebläſe ſind meiſt unter dem Namen Blaſebälge (ſ. Bd. 2, S. 39) oder Balggebläſe bekannt. Die Kolbengebläſe zerfallen, je nachdem der Kolben eine geradlinig hin und her gehende oder drehende Bewegung ausführt, in die Zylindergebläſe und Kapſel- oder Flügelgebläſe. Zur erſteren Klaſſe gehören alle Maſchinen der Hüttenbetriebe, die ſogenannten Gebläſemaſchinen (ſ. d.). Die Zentrifugalgebläſe, neuerdings auch Schleudergebläſe (ſ. d.) genannt, werden mit den Schraubengebläſen zuſammen auch noch vielfach als Ventilatoren bezeichnet. Sie finden namentlich zur Grubenventilation als ſogenannte Wettermaſchinen die ausgedehnteſte Anwendung, ferner bei Ventilationsanlagen in Gebäuden, zum Betriebe von Schmiedefeuern und von Kupolöfen in Gießereien, für Trockenanlagen, ferner zum Abſaugen von Staub, Säge- und Hobelſpänen bei Holzbearbeitungsmaſchinen und in vielen andern Fällen mehr.

Die Schraubengebläſe haben mit der vorhergehenden Klaſſe das Gebiet der Lüftungsanlagen in Wohn- und Arbeitsräumen gemein, während die Strahlgebläſe, auch Strahlapparate, Exhauſtoren genannt, außer in einigen Anwendungen zur Grubenventilation, namentlich zur Vermehrung des Luftzugs bei Feuerungsanlagen, ſo bei allen Lokomotiven, wo ſie mit dem

Namen Blasrohre belegt ſind, aber auch bei ſtationären Dampfkeſſeln, und endlich zum Abſaugen von Gaſen in chemiſchen Fabriken, Laboratorien u. ſ. w. Anwendung finden.

Vermöge der Elaſtizität der Luft iſt jede Ortsveränderung oder Fortbewegung derſelben nur möglich durch eine Druckveränderung der Luft, die ihrerſeits wieder eine Volumenveränderung derſelben zur Folge hat. Bei allen Gebläſen iſt daher eine Anfangs- und Endſpannung der Luft zu unterſcheiden, und man nennt das Verhältnis beider bei einer Luftverdichtung den Kompreſſionsgrad, den Unterſchied beider bei Luftverdünnung gewöhnlich Depreſſion. Bezüglich der Leiſtung der Gebläſe ſpricht man von volumetriſchem, manometriſchem und mechaniſchem oder maſchinellem Wirkungsgrad und verſteht unter erſterem das Verhältnis der tatſächlich von einem Gebläſe (in beſtimmter Zeit) gelieferten zur theoretiſchen, aus den Abmeſſungen und Geſchwindigkeiten der Maſchine ſich berechnenden Luftmenge. Unter manometriſchem Wirkungsgrad verſteht man bei Zentrifugal- oder Schleudergebläſen das Verhältnis der vom Gebläſe erzeugten Depreſſion zu der theoretiſchen, der Umfangsgeſchwindigkeit entſprechenden Depreſſion, während endlich der mechaniſche oder maſchinelle Wirkungsgrad des Gebläſes das Verhältnis der aus der Luftmenge und erzeugten Depreſſion ſich berechnenden ſogenannten reinen Ventilatorleiſtung zur wirklich auf den Ventilator übertragenen Arbeit bezw. bei Zylindergebläſemaſchinen das Verhältnis der zur Kompreſſion und Verdrängung erforderlichen Arbeit (Leiſtung des Luftzylinders) zur indizierten Dampfarbeit (Leiſtung des Dampfzylinders) bezeichnet. Die Berechnung der Gebläſe geſchieht unter Zugrundelegung der Geſetze der Phyſik und Mechanik für die Kompreſſion der Gaſe bezw. bei den Zentrifugal- und Strahlgebläſen nach den Lehren der Aerodynamik (ſ. Bd. 1, S. 89). S. a. Baaderſches Gebläſe, Bakerſches Gebläſe, Balanciergebläſemaſchinen, Beſſemer-Gebläſemaſchinen, Blackman-Ventilator, Grubenventilator, Kapſelgebläſe, Luftkompreſſoren, Schleudergebläſe, Schraubengebläſe, Strahlapparate.

Literatur: [1] Weisbach-Herrmann, Lehrbuch der Ingenieur- und Maſchinenmechanik, Bd. 3, Abt. 2, Braunſchweig 1880. Ferner: Hauer, Hüttenweſenmaſchinen, Leipzig 1876; Derſ., Die Wettermaſchinen, Leipzig 1889; v. Ihering, Die Gebläſe, 2. Aufl., Berlin 1903; Pernolet, A., L'air comprimé et ses applications, Paris 1876; Deny, Traité théorique des machines soufflantes, Paris 1887; Murgue, Ueber Grubenventilatoren, deutſche Ueberſetzung von J. v. Hauer, Leipzig 1884; Rühlmann, Allgemeine Maſchinenlehre, Braunſchweig 1875, Bd. 3—4; Ser, Traité de physique industrielle, Paris 1888, Kap. 7. *v. Ihering.*

Gebläſe für Schiffskeſſel (ſ. d.).

Gebläſemaſchinen, allgemein alle maſchinell, d. h. durch elementare Betriebskraft bewegten Gebläſe, im beſonderen jedoch die mächtigen Gebläſe mit Dampfmaſchinenbetrieb, die in Hüttenwerken zur Unterhaltung der Verbrennung entweder in den Hochöfen oder beim Beſſemerprozeß Anwendung finden, erſtere als Hochofengebläſemaſchinen, letztere als Beſſemer-Gebläſemaſchinen (ſ. d.) bezeichnet.

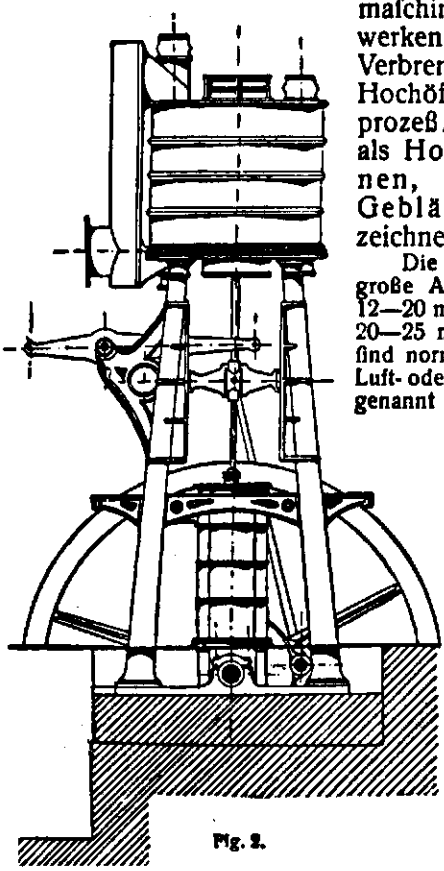


Fig. 2.

Die Gebläſemaſchinen haben ſehr große Abmeſſungen; Höhen von 12—20 m bei ſtehenden, Längen von 20—25 m bei liegenden Maſchinen ſind normale Größen und finden ſich Luft- oder, wie ſie hüttenmänniſch meiſt genannt werden, Windzylinder von 2, 2½ und ſelbſt 3 m Durchmeſſer in zahlreichen Ausführungen. Dieſe Abmeſſungen ſind durch die gewaltigen Luftmengen, die dieſe Maſchinen den Hochöfen und Beſſemer-Konvertern zuzuführen haben, bedingt, die je nach der Art des herzuſtellenden Roheiſens und nach der Größe des Ofens variieren und von 540000 bis 1200000 kg oder 500000 bis 900000 cbm in 24 Stunden betragen. Nach [1] ſchwanken die Luftmengen für 1000 kg Roheiſen zwiſchen 3500 und 6500 kg oder etwa 3000 bis 6000 cbm.

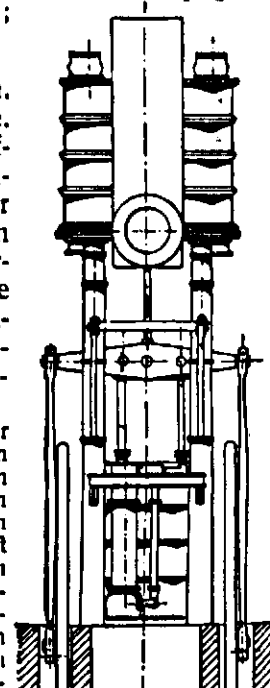


Fig. 1.

Hinſichtlich der Bauart unterſcheidet man ſtehende und liegende Gebläſemaſchinen ſowie nach

der Anzahl der Windzylinder ſolche mit einem Zylinder, Illingsmaſchinen, ſolche mit zwei Zylindern, Zwillingsmaſchinen, und ſolche mit drei Zylindern, Drillingsmaſchinen, welche letztere jedoch nur in einmaliger Ausführung exiſtieren. Am gebräuchlichſten ſind in Europa die Zwillingsmaſchinen, während in Nordamerika den Einzylindermaſchinen der Vorzug gegeben wird. Eine beſondere Art der Einzylindermaſchinen ſind die **Balanciergebläſemaſchinen**, bei welchen zwiſchen der Dampfmaſchine und dem Windzylinder ein Balancier eingeſchaltet iſt und die Kraftübertragung vermittelt (vgl. [2], S. 24 ff.).

In Fig. 1 und 2 iſt eine ſtehende Illingsmaſchine der Société John Cockerill in Seraing (Belgien) abgebildet. Nach dieſem Typus hatte die erwähnte Firma bis 1889 152 Maſchinen gebaut, und die 152. Maſchine war auf der Pariſer Weltausſtellung des Jahres 1889 ausgeſtellt. Dieſelbe hatte einen Windzylinder von 3 m Durchmeſſer, zwei Dampfzylinder von 0,85 und 1,2 m Durchmeſſer, eine Leiſtung von 260 indizierten Pferdeſtärken und eine ſtündliche Luftmenge von 23000 cbm.

Die ſtehenden Zwillingsmaſchinen unterſcheiden ſich von dem in Fig. 1 und 2 dargeſtellten Typus nicht weſentlich, nur ſind die beiden Dampfzylinder getrennt und liegen je ein Dampfzylinder und ein Windzylinder übereinander, das Schwungrad zwiſchen beiden Einzelmaſchinen.

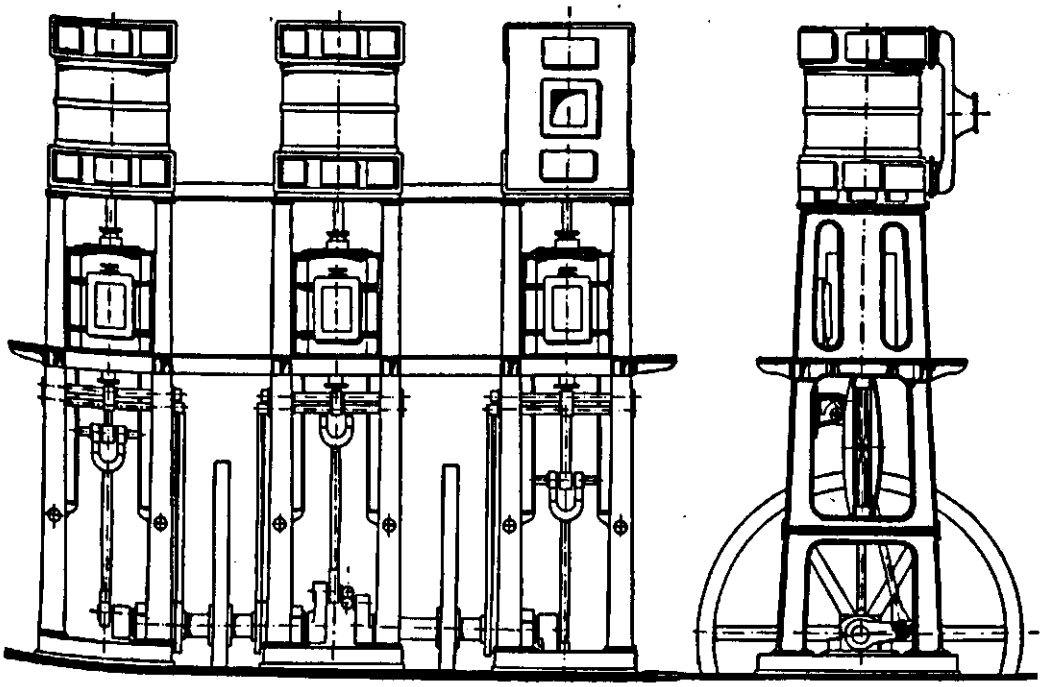


Fig. 3. Fig. 4.

Für den Neubau der Hochofenanlage der Friedrich-Wilhelms-Hütte zu Mühlheim a. Ruhr konſtruierte **Schlink** [3] eine intereſſante ſtehende Gebläſemaſchine mit drei Windzylindern, deren allgemeine Anordnung aus Fig. 3 und 4 zu erſehen iſt. Dieſelbe wurde in zwei Exemplaren ausgeführt, und beide Maſchinen ſind noch heute auf der genannten Hütte im Betrieb. Die Hauptabmeſſungen dieſer Maſchinen ſind folgende: Durchmeſſer der Dampfzylinder je 0,785 m, Durchmeſſer der Windzylinder je 1,648 m, gemeinſchaftlicher Hub 1,285 m, Betriebsdampfdruck 4,5 kg/qcm, Windpreſſung 0,3 Atmoſphären, Füllungsgrad 0,20, minutliche Luftmenge je 400 cbm, Leiſtung je 400 PSi bei 28 minutlichen Umdrehungen, Schwungraddurchmeſſer 5,024 m, Schwungradgewicht 8300 kg, Preis jeder Maſchine 90000 ℳ, Geſamtgewicht jeder Maſchine 150000 kg, Kolbengeſchwindigkeit bei der größten Tourenzahl (28 in der Minute) 1,2 m. Näheres darüber [3]. Das **Schlink**ſche Syſtem hat indeſſen außer auf der erwähnten Hütte keine weitere Ausführung gefunden.

Die **liegenden Gebläſemaſchinen** haben gegenüber den ſtehenden die Vorzüge der weit größeren Stabilität, beſſeren Ueberſichtlichkeit, leichteren Wartung und Schmierung ſowie leichteren Montage. Hinſichtlich der äußeren Form ſind die liegenden Hochofen- und Beſſemer-Gebläſemaſchinen (Bd. 2, S. 726) nicht weſentlich voneinander verſchieden, weshalb die in Fig. 1 (a. a. O.) abgebildete Beſſemer-Gebläſemaſchine als Typus für beide Arten gelten kann. Der Dampfzylinder liegt zwiſchen Windzylinder und Schwungradwelle. Meiſtens ſind zwei gleiche Maſchinen nebeneinander gelegt, oder dieſelben unterſcheiden ſich nur durch die Größen ihrer Dampfzylinder, in welchem Falle dieſelben eine Compound- oder Verbundmaſchine bilden.

Der Kraftbedarf für 1 cbm minutlich angeſaugter Windmenge beträgt für Hochofengebläſemaſchinen 0,8—0,93 PS., für Beſſemer-Gebläſemaſchinen 4—4,3 PS., woraus für bekannte Windmengen überſchläglich die erforderliche Größe der Dampfmaſchinen berechnet werden kann.

In neuerer Zeit iſt eine große Umwälzung auf dem Gebiete der **Hochofengebläſemaſchinen** zu verzeichnen, indem gegenwärtig faſt durchweg der Antrieb dieſer Maſchinen

durch Großgasmaſchinen an Stelle des älteren Dampfmaſchinenantriebs getreten iſt, wobei zum Betriebe dieſer Gasmaſchinen die Gichtgaſe der Hochöfen benutzt werden. Zwei der bekannteſten Syſteme dieſer Art ſind der Hochofengasmotor von Gebr. Körting in Körtingsdorf und der Oechelhäuſer-Motor.

Die in Fig. 5 und 6 dargeſtellte Zweitaktgebläſemaſchine von Gebr. Körting in Hannover [5] iſt mit einer von der Siegener Maſchinenbauaktiengeſellſchaft in Siegen hergeſtellten Gebläſemaſchine mit geſteuerten Saugſchiebern und rückläufigen Stumpfſchen Ventilen verſehen. Dies Gebläſe iſt für die Niederrheiniſche Hütte in Duisburg-Hochfeld beſtimmt und ſoll die Maſchine beim Betriebe mit Hochofengas 500 PS. leiſten. Der Windzylinder hat 1600 mm Durchmeſſer, 1100 mm Kolbenhub. Derſelbe iſt mit ſchwingenden Hähnen für den Eintritt der Saugluft und mit Stumpf-Riedlerſchen Ventilen für den Austritt verſehen. Die Einrichtung iſt derart getroffen, daß die Hähne früher oder ſpäter den Luftzutritt abſchließen können, ſo daß mit veränderlicher Saugmenge gearbeitet werden kann und die Arbeit der Maſchine zur Verdichtung einer geringeren Luftmenge verwendet wird, als der Volleiſtung entſpricht, ſobald die Füllung früher beendet wird. Dieſe verringerte Luftmenge kann mithin auch auf einen höheren Druck gebracht werden. Es kann demnach die der größten Leiſtung ſtets ſehr naheliegende günſtigſte Arbeitsleiſtung der Gasmaſchine für den Normalbetrieb nutzbar gemacht werden und trotzdem erforderlichenfalls durch Verringerung der Windmenge ein dieſe Normalleiſtung weſentlich überſteigender Winddruck erreicht werden. Die Gasmaſchine iſt die bekannte Körtingſche Zweitaktgasmaſchine mit beſonderem Luft- und Gaszylinder, mittels deren das Betriebsgas bezw. die Betriebsluft unter Druck in den Zweitaktzylinder eingeführt wird. Bei einer ähnlichen Maſchine wurden folgende Verſuchsergebniſſe ermittelt: Indizierte Leiſtung 544 PS., Nutzleiſtung 341,5 PS., Gasverbrauch für 1 PS. in der Minute 1,635 cbm Generatorgas, Gasverbrauch für die effektive Pferdeſtärke 2,305 cbm Generatorgas, von der aufgewendeten Wärme wurden in indizierte Arbeit 27,9 %, in Nutzarbeit 23,8 % verwandelt. Die Tourenzahl dieſer Maſchinen beträgt bis 100 und mehr, ſo daß dieſelben leicht mit Gebläſemaſchinen gekuppelt werden können.

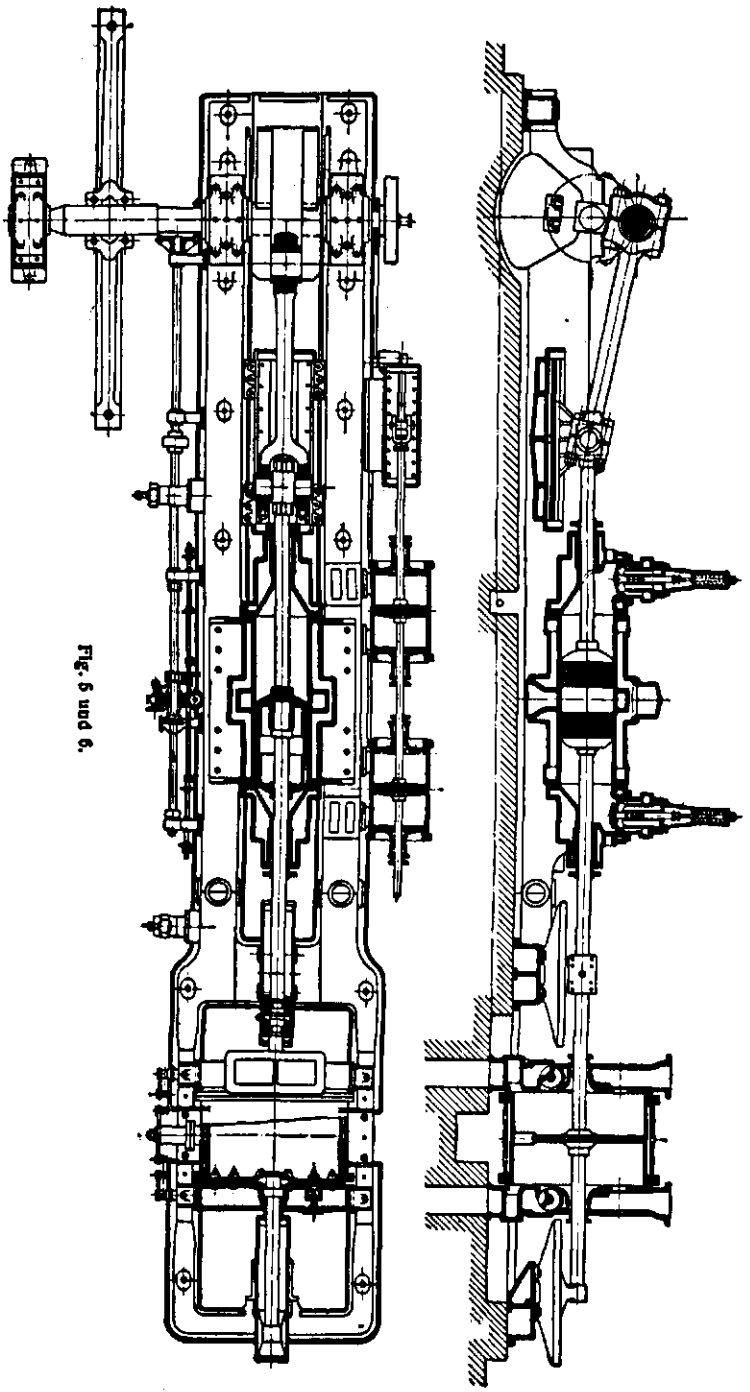


Fig. 5 und 6.

Die in Fig. 7 und 8 abgebildete Oechelhäuſer-Hochofengebläſemaſchine iſt ebenfalls ein Zweitaktmotor; es erfolgt in ihm alſo bei jedem zweiten Hub eine Zündung bezw. ein Kraftſtoß. Er eignet ſich deshalb zur Erzeugung großer Kräfte weſentlich beſſer als ein Viertaktmotor, weil bei dieſem erſt jeder vierte Hub ein Arbeitshub iſt. Ein weiterer Vorteil

des Oechelhäuser-Motors besteht in der Vermeidung von Ventilköpfen und gesteuerten Ein- und Auslaßventilen. Es ist allgemein bekannt, welche Unannehmlichkeiten die Ventilköpfe durch ihr so häufig eintretendes Zerspringen bereiten, und daß ferner die Ein- und Auslaßventile am Motorzylinder durch die auftretenden hohen Temperaturen trotz ausgiebiger Kühlung sich leicht verziehen, undicht werden und damit zu Verlusten und Betriebsstörungen Veranlassung geben. Beim Oechelhäuser-Motor steuern die beiden sich gegenläufig bewegenden Arbeitskolben den Ein- und Austritt der Verbrennungsgase, so daß Steuerventile hierfür überhaupt nicht erforderlich sind. Der Arbeitszylinder ist ein an beiden Enden offenes Rohr, das in seinem mittleren Teile Vorrichtungen für die Zündung und für das Anlassen besitzt und in dessen Bohrung zwei sich gegeneinander bewegende Kolben arbeiten. Die Kolbenstange des vorderen, der Kurbelwelle zugekehrten Kolbens ist mit dem mittleren Kurbelzapfen der kräftig ausgeführten Kurbelwelle durch Kreuzkopf und Pleuelstange direkt gekuppelt, während der hintere Kolben mittels einer Traverse und zwei seitlichen Zugstangen in gleicher Weise auf die beiden seitlichen Kurbelzapfen arbeitet, welche gegen den mittleren Zapfen um 180° versetzt sind. Die Kreuzköpfe nehmen alle Vertikalkräfte der Pleuelstangen auf und übertragen sie auf die Gradführungen, so daß die Zylinderlauffläche von ihnen vollständig verschont bleibt. Von der Traverse wird außerdem der Kolben einer Ladepumpe angetrieben. Die Ladepumpe komprimiert auf der vorderen Seite Gas und auf der hinteren Seite Luft und drückt beides in die nach dem Arbeitszylinder führenden Rohrleitungen.

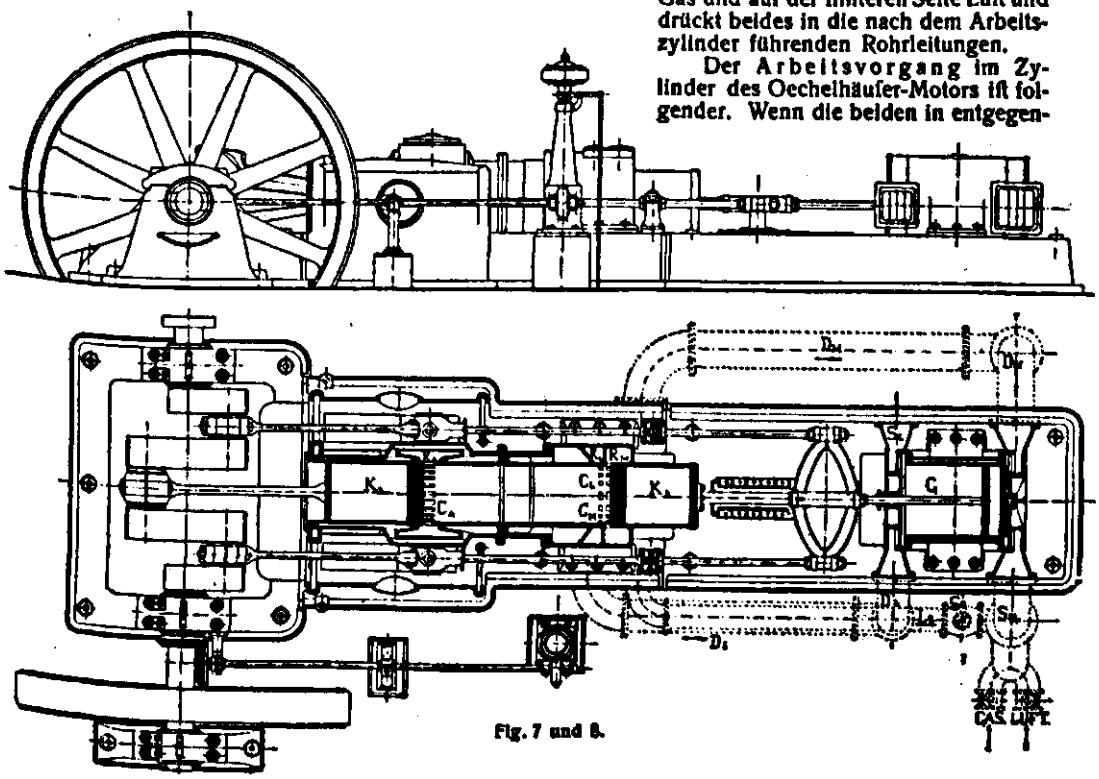


Fig. 7 und 8.

Der Arbeitsvorgang im Zylinder des Oechelhäuser-Motors ist folgender. Wenn die beiden in entgegengesetzter Richtung sich bewegenden Arbeitskolben im inneren Totpunkt sich befinden, also ihren geringsten Abstand haben, so steht in dem zwischen ihnen liegenden Verbrennungsraum ein verdichtetes, brennbares Gemisch aus Gas und Luft zur Entflammung bereit. Wird dieses Gemisch durch den elektrischen Funken der Zündvorrichtung entzündet, so gehen die Kolben infolge der Druckzunahme arbeitverrichtend auseinander. Während dieses Arbeitshubes und des vorausgegangenen Kompressionshubes der beiden Motorkolben ist von der Ladepumpe die bei S_L angesaugte Luft und das bei S_M angesaugte Gas-Luftgemisch in die nach dem Arbeitszylinder führenden Rohrleitungen gedrückt worden, aus denen es in nachstehend beschriebener Weise in den Arbeitszylinder gelangt. Eine gewisse Strecke vor dem äußeren Totpunkt beginnt der vordere Kolben die Auspuffkanäle C_A freizulegen, so daß die Verbrennungsprodukte durch diese Schlitze nach der Auspuffleitung entweichen, bis ihr Druck auf denjenigen der äußeren Atmosphäre gesunken ist. In diesem Augenblick öffnet der hintere Motorkolben die Luftschlitze C_L, es strömt frische Luft (Spülluft) in den Arbeitszylinder und fegt die in diesem noch übriggebliebenen Verbrennungsprodukte vollends zu den Auspuffschlitzen C_A hinaus. Endlich öffnet der Kolben auch die Gasschlitze C_M, so daß nun zu gleicher Zeit Gas und Luft einströmen. Das sich bildende Gemisch drängt die vorher eingetretene Spülluft vor sich her, bis der Arbeitszylinder auf etwa 70% seines Inhalts mit dem Gasluftgemisch angefüllt ist. Darauf gehen die beiden Motorkolben wieder nach dem inneren Totpunkt hin zusammen und verdichten das Gemisch. Im inneren Totpunkt erfolgt dann wieder die Zündung, und das Spiel beginnt von neuem.

Die elektrische Zündvorrichtung ist am mittelsten Teil des Arbeitszylinders angeordnet und wird zwecks größter Zuverlässigkeit an jedem Zylinder mehrfach ausgeführt. Sie

besteht aus je einem magnetelektrischen Induktionsapparat und einem Unterbrecher, womit eine äußerst intensive Funkenbildung und sichere Zündung erreicht wird. Der Zeitpunkt der Zündung kann durch eine besondere Vorrichtung während des Betriebes von Hand verstellt werden.

Zur Regulierung des Oechelhäuser-Motors auf Einhalten einer bestimmten minutlichen Umdrehungszahl ist in der von der Ladepumpe zum Gasmotor führenden Gasleitung ein Gasrücklaufventil angeordnet. Dieses Ventil wird durch die für diesen Zweck besonders gut bewährte zwangläufige Ventilsteuerung Patent König gesteuert und läßt eine bestimmte, den jeweiligen Kraftschwankungen angemessene Menge Gas in die Saugleitung der Ladepumpe zurückströmen. Die Regulierung mittels dieser Ventilsteuerung ist eine derart präzise, daß z. B. bei eingehenden Regulierversuchen an einem 1000-PS.-Oechelhäuser-Motor beim plötzlichen Ausschalten der vollen Belastung die Tourenzahl ohne Pendeln des Regulators um nur 4% stieg. Als besonderer Vorzug des Oechelhäuser-Motors ist hierbei noch zu erwähnen, daß das Kräftespiel speziell bei Zwillingsanordnung so gleichmäßig ist, daß sich bei entsprechender Bemessung des Schwungrades ein Ungleichförmigkeitsgrad bis zu $^1/_{300}$ ohne Schwierigkeiten erreichen läßt.

Zum Gebläsebetrieb ist der Oechelhäuser-Motor infolge seiner Bauart sehr gut zu verwenden, da der Antrieb des Gebläsezylinders (in der Figur nicht gezeichnet) sich außerordentlich einfach bewirken läßt. Dieser wird hinter dem Arbeitszylinder angeordnet und der Gebläsekolben direkt mit der Traverse des hinteren Motorkolbens gekuppelt. Die Ladepumpe wird in diesem Falle unter Flur oder hinter dem Gebläsezylinder aufgestellt und entsprechend durch Winkelhebel oder mittels der durchgeführten Kolbenstange angetrieben. Der Gebläsezylinder erhält einen sehr leicht konstruierten Kolben, dessen starke Kolbenstange vorn und hinten unterstützt wird, so daß eine Abnutzung von Kolben und Zylinder ausgeschlossen ist.

Die kleinen, äußerst leichten Saug- und Druckventile sind von bewährter Konstruktion und besitzen lange Lebensdauer, so daß nur sehr selten ein Auswechseln erforderlich wird. Auf leichte Zugänglichkeit der Ventile ist weitestgehende Rücksicht genommen. Die Ventile arbeiten selbsttätig und vollkommen geräuschlos und haben sich auch für hohe Tourenzahlen bereits sehr gut bewährt.

Die Menge der geförderten Luft kann durch eine besondere Vorrichtung geregelt werden, und zwar in einfacher Weise von Hand oder automatisch mittels eines Regulators. Ebenso ist zur bequemen Regelung des Druckes eine besondere Einrichtung vorhanden; dabei hat das Gebläse einen hohen volumetrischen Nutzeffekt aufzuweisen. Die anzusaugende Luft wird entweder direkt dem Maschinenhaus entnommen oder von außen in einem gemauerten Kanal unter Flur dem Gebläsezylinder zugeführt, nachdem sie nötigenfalls in einer Staubkammer gereinigt worden ist.

Als Hauptvorzüge dieses Motors sind die verhältnismäßig kleinen Zylinderabmessungen und die große Einfachheit der Steuerung zu bezeichnen. Bei einem mittleren Druck von nur 4 Atmosphären erhält z. B. die Einzylindermaschine für eine effektive Leistung von 500 PS_e einen Zylinderdurchmesser von nur 650 mm, bei 1000 PS_e nur 935 mm.

Zur Beurteilung der Leistung einer Hochofengasgebläsemaschine dienen die folgenden, sehr genauen, im Jahre 1900 in Seraing an einer 600pferdigen Maschine angestellten Versuche. Die Maschine war eine einzylindrische, im Viertakt arbeitende Maschine nach dem System des Simplex-Motors der Firma Delamare-Debouteville von folgenden Abmessungen: Zylinderdurchmesser 1300 mm, Kolbenhub 1400 mm, Durchmesser der Kolbenstange 244 mm, Durchmesser des Kurbelzapfens 460 mm, Raumbedarf des Motors: Höhe über dem Fußboden 4 m, Länge 11 m, Breite 6 m, Gewicht des Motors 94 t, Gewicht des Schwungrades 33 t, Gesamtgewicht 127 t. Die Maschine diente zum direkten Antrieb einer dahinterliegenden Hochofengebläsemaschine von 1700 mm Zylinderdurchmesser und 1400 mm Kolbenhub.

Die Heizwertbestimmungen des Hochofengases erfolgten teils im Hochofenwerk selbst, teils durch A. Witz in Lille mittels Verbrennung von an den Versuchstagen entnommenen Gasproben in der kalorimetrischen Bombe. Die Werte sind nicht ganz übereinstimmend. Meyer-Berlin vermutet, daß die Unterschiede in den Heizwerten zwischen den Ergebnissen nach dem Junkersschen Kalorimeter und den Bestimmungen von Witz auf fehlerhafte Angaben der zum Kalorimeter gehörenden Gasuhr zurückzuführen seien, und empfiehlt, bei ähnlichen wichtigen Versuchen stets eine genaue geeichte Glasglocke zum Kontrollieren der Angaben der Gasuhr zur Hand zu haben [6]. Die verschiedenen Heizwerte (bezogen auf 0° und 760 mm) sind: 1. Für den Versuch am 20. März 1900 W.E. für 1 cbm = 915 nach Junkers, 984 nach Witz, Unterschied + 7,5%. Für den Versuch am 21. März 876—888 nach Junkers, 991—1004 nach Witz. Den Unterschied von 7,5% am ersten Tag glaubt Meyer nur auf Versuchsfehler zurückführen zu müssen. In beiden Fällen ist der untere Heizwert (ohne Kondensation des Wassergases) in Rechnung gesetzt, wie dies auch stets zu geschehen hat. Meyer betont in seinem Bericht ausdrücklich, daß die für einen Gasmotor zur Verfügung stehende Wärme stets durch den Betrag des bei konstantem Drucke (wie im Junkersschen Kalorimeter) ermittelten unteren Heizwertes zu bemessen sei. Bezüglich der ausführlichen Tabellen der Versuche sei auf den Bericht Meyers verwiesen, und es seien hier nur die Mittelwerte an den Versuchen mitgeteilt (s. die Tabelle auf S. 333 oben).

Für die Versuche vom 21. März dagegen ist dieselbe ausführlicher angegeben, und zwar betrug bei Versuchsreihe

	a	*b*
die in indizierte Arbeit verwandelte Wärme, in Prozenten der Gesamtwärme .	28,0	28,0
die in Gebläsearbeit verwandelte Wärme	21,0	22,9
die in Kühlwasser abgeführte Wärme	53,1	50,6
der Rest (Abgase, Strahlung, Leitung u. s. w.)	18,9	21,4

Mittelwerte bei den Verſuchen am	20. März		21. März	
	a*)	b	a_1	b_1
1. Mittlere Tourenzahl pro Minute	94,17	94,37	83,92	93,02
2. Mittlere Anſaugerzahl pro Minute	41,96	41,90	36,306	46,15
3. Verhältnis $\frac{2.}{1.\cdot 0{,}5}$ %	89,1	88,9	86,6	100
4. Mittlerer indizierter Druck, aus den Diagrammen beſtimmt, kg/qcm	4,726	4,71	5,163	4,785
5. Indizierte Leiſtung N_i, PS_i	789,89	786,16	746,21	886,48
6. Umfangskraft, am Hebelarm von 1,516 m an der Bremſe wirkend, kg	2865,6	2869	—	—
7. Bremsleiſtung N_e, PS_e	573,11	575	—	—
8. Windzylinderleiſtung N_w, PS	—	—	562,65	725,19
9. Mechaniſcher Wirkungsgrad $\frac{N_e}{N_i}$, % bezw. $\frac{N_w}{N_i}$	72,56	73,14	75,41	81,81
10. Gasverbrauch pro Minute cbm bezw. auf 0° und 760 mm	33,496	33,496	29,190	34,487
11. Desgl. für 1 PS_i-Stunde cbm	2,544	2,556	2,337	2,334
12. Desgl. für 1 PS_e-Stunde cbm bezw. Windpferdekraftſtunde	—	—	3,115	2,854

Die Wärmebilanz der Verſuche des 20. März iſt nicht aufgeſtellt. Meyer gibt für dieſe Verſuche unter Annahme eines mittleren Heizwertes von 950 W.E./cbm die in

indizierte Arbeit**) verwandelte Wärme zu 26,1 %,

Brems- „ „ „ 19,0 %.

*) a Mittel aus fünf Verſuchen, b Mittel aus allen Beobachtungen in 4 Stunden, a_1 erſte Verſuchsreihe, b_1 zweite Verſuchsreihe.

**) Hierbei iſt eine Pferdeſtärkeſtunde = 632 W.E. geſetzt.

Ein weiterer Verſuch, der ſich an die Hauptverſuche des 21. März anſchloß, ſollte darüber Aufſchluß geben, wie ſich der Gasmotor bei wachſendem Widerſtand des Hochofens, alſo bei zunehmendem Winddruck verhalte. Die Hauptzahlen dieſer Verſuchsreihe ſind in der folgenden Tabelle zuſammengeſtellt. Zum Vergleiche ſind die in Frage kommenden Mittelwerte der Verſuchsreihe a und b nochmals aufgeführt.

Winddruck, mm Queckſilber	394	450	615	645
Tourenzahl pro Minute	83,92	93,02	62	56
Mittlerer indizierter Druck, kg/qcm	5,163	4,785	5,67	—
Indizierte Leiſtung, N_i	746,12	886,48	700,5	—
Gebläſeleiſtung, N_w	562,65	725,19	577,5	—
Kompreſſionsſpannung, kg/qcm	10,44	10,44	12,15	—
Exploſionsſpannung, kg/qcm	17,41	17,41	20,24	—

Wie dieſe Verſuche zeigen, nahm mit ſteigendem Winddruck zwar die Tourenzahl der Maſchine raſch ab; indeſſen lieferte dieſelbe bei 62 Touren faſt noch die gleiche Leiſtung wie bei 84 Touren, und ging die Maſchine ſelbſt bei 645 mm Winddruck noch vollkommen normal und regelmäßig.

Literatur: [1] Dürre, Anlage und Betrieb der Eiſenhütten, Bd. 2, Leipzig 1882—92. — [2] Ihering, v., Die Gebläſe, 2. Aufl., Berlin 1903. — [3] Schlink, Ueber Gebläſemaſchinen, Glas. Annal. f. Gewerbe u. Bauweſen, Berlin 1880. — [4] Jahrb. der k. k. Bergakademie zu Leoben u. f. w., Bd. 40, Heft 3, Wien 1892. — [5] „Stahl und Eiſen" 1901, S. 501. — [6] Zeitſchr. d. Ver. d. Ingen. 1899, S. 485.

v. Ihering.

Gebräude, ehemaliges Hohlmaß für Bier, in Preußen 18 Faß = 41,22 hl, in Sachſen 24 Faß = 94,31 hl, in Leipzig 16 Faß = 70,777 hl, in Hannover 43 Faß = 87,07 hl. *Plato.*

Gebrannte Siena, ſ. Terra di Siena.

Gebrauchsmuſter. Der deutſche Gebrauchsmuſterſchutz gründet ſich auf das Geſetz vom 1. Juni 1891, das am 1. Oktober 1891 in Kraft getreten iſt. Das Gebrauchsmuſterrecht gehört neben dem der Muſter und Modelle (Geſetz vom 11. Januar 1876) und der Patente (Geſetz vom 7. April 1891) zu dem eigentlichen gewerblichen Urheberrecht. Die Gegenſtände des Gebrauchsmuſterſchutzes ſind regelmäßig gegenüber den Muſtern und Modellen (Geſchmacksmuſtern) abgegrenzt, nämlich hinſichtlich der Zweckbeſtimmung der Muſter. Die Neuerungen der Geſchmacksmuſter ſollen auf den Schönheitsſinn, die der Gebrauchsmuſter dagegen auf den Gebrauch hinzielen oder berechnet ſein. Den Patenten gegenüber aber iſt gleichfalls eine wenn auch weniger ſcharfe Grenze gezogen, indem einmal für gewiſſe Erfindungen der Gebrauchsmuſterſchutz ausgeſchloſſen iſt, anderſeits die ſogenannten kleinen Erfindungen das eigentliche Feld der Gebrauchsmuſter bilden ſollen.

Gemäß § 1 Abſ. 1 des Gebrauchsmuſtergeſetzes ſollen Modelle von Arbeitsgerätſchaften oder Gebrauchsgegenſtänden oder von deren Teilen als Gebrauchsmuſter geſchützt werden, inſoweit ſie dem Arbeits- oder Gebrauchszweck durch eine neue Geſtaltung, Anordnung oder Vorrichtung zu dienen haben. Die ſeit Beſtehen des Geſetzes geſammelten Erfahrungen zeigen, daß einerſeits Verfahren, alſo Herſtellungs- und Arbeitsweiſen jeglicher Art des Gebrauchsmuſterſchutzes unfähig ſind, anderſeits Maſchinen verwickelter Bauart größeren Umfangs ſowie unbewegliche Teile von Bauwerken, ferner ſolche Anordnungen, deren Neuheit in der Flächenmuſterung beſteht oder in der Benutzung andern Stoffes. Nur in Ausnahmefällen iſt die Schutzberechtigung für den Erſatz eines Stoffes durch einen andern anerkannt worden.

Hinſichtlich der Neuheit werden an ein Gebrauchsmuſter dieſelben Anforderungen geſtellt wie an ein Patent, indem Modelle inſoweit nicht als neu gelten, als ſie zur Zeit der Anmeldung in öffentlichen Druckſchriften beſchrieben oder im Inland offenkundig benutzt ſind. Es fehlt ſogar die Einſchränkung des Patentgeſetzes, daß es ſich um Druckſchriften aus den letzten 100 Jahren handeln und die Vorwegnahme die Benutzung durch andre Sachverſtändige ermöglichen muß.

Eine Prüfung des angemeldeten Modelles auf Neuheit und Schutzberechtigung ſteht der eintragenden Behörde, der Anmeldeſtelle für Gebrauchsmuſter des Kaiſerlichen Patentamts, nicht zu. Dieſe ſorgt nur dafür, daß den formellen Anforderungen des Geſetzes ſowie den über die Anmeldung von Gebrauchsmuſtern erlaſſenen Beſtimmungen nebſt Erläuterungen vom 22. November 1898, Blatt für Patent-, Muſter- und Zeichenweſen, 4. Jahrgang, 1898, S. 228, Genüge geſchieht. Ueber die Grundſätze, nach denen das Amt im allgemeinen verfährt, geben die Mitteilungen der Anmeldeſtelle für Gebrauchsmuſter a. a. O., 1. Jahrgang, 1894—95, S. 152, der Präſidialbeſcheid vom 25. Februar 1902, a. a. O., 8. Jahrgang, 1902, S. 119, ſowie der Bericht über „Die Geſchäftstätigkeit des Kaiſerlichen Patentamts“ im Jahre 1902, S. 217, Aufſchluß, insbeſondere über die Fragen der Einheitlichkeit und zuläſſigen Aenderungen der Unterlagen der Priorität, der Bezeichnung.

Die Anmeldung eines Modelles hat ſchriftlich zu erfolgen, wobei eine Nachbildung des Modelles oder eine doppelt angefertigte Abbildung beizufügen iſt. Die geſetzliche Gebühr von 15 ℳ iſt an die Patentamtskaſſe zu entrichten.

Eine wichtige Rolle ſpielen die ſogenannten Eventualanmeldungen für Gebrauchsmuſter, deren Eintragung von dem Ergebnis einer zugehörigen Patentanmeldung auf den gleichen Gegenſtand abhängig gemacht wird. Die Behandlung ſolcher Anmeldungen ruht, bis die Patentanmeldung zu einem gewiſſen Abſchluß gediehen iſt; die Gebühr braucht dann erſt gezahlt zu werden, wenn für das nicht erteilte Patent oder neben dieſem der endgültige Antrag auf Eintragung des Gebrauchsmuſters in die Rolle geſtellt wird.

Im übrigen wird auf Antrag die Eintragung und Bekanntmachung des Gebrauchsmuſters auf drei, längſtens bei hinreichender Begründung auf ſechs Monate vom Tage der Anmeldung ab ausgeſetzt, um dem Anmelder Zeit zur Anmeldung von andern, denſelben Gegenſtand betreffenden Schutzrechten im In- und Auslande zu geben.

Der Forderung des Geſetzes, die Anmeldung ſolle angeben, welche neue Geſtaltung oder Vorrichtung dem Arbeits- oder Gebrauchszweck dienen ſoll, wird zweckmäßig durch Aufſtellung eines Schutzanſpruches ähnlich einem Patentanſpruche nachgekommen. Hierbei iſt zu beachten, daß das Patentamt bei der Faſſung nicht mitzuwirken in der Lage iſt, daß alſo der Anmelder oder ſein Vertreter die weſentlichen Merkmale der Neuerung ſo einwandfrei wie möglich zuſammenzufaſſen haben, weil dieſe Angabe für den Umfang des aus der Eintragung folgenden Rechtsſchutzes von großer Bedeutung iſt. Da im Gegenſatz zu Patenten Gebrauchsmuſter beſtimmte Modelle und nicht eigentliche, einer mannigfaltigen Verkörperung fähige Erfindungen ſchützen, iſt jedes Modell nur durch einen einzigen Anſpruch zu kennzeichnen; ſind mehrere Anſprüche aufgeſtellt, ſo werden bei Feſtſtellung des geſchützten Modelles deren Merkmale zuſammenzufaſſen ſein. Darin liegt meiſt eine unnötige Beſchränkung des Schutzes, während anderſeits die Aufſtellung eines zu weitgehenden, etwa nur bekannte Merkmale enthaltenden Anſpruches die Rechtsbeſtändigkeit des Gebrauchsmuſters gefährdet.

Der Schutz des Gebrauchsmuſters, der mit deſſen Eintragung, nicht aber mit der Anmeldung eintritt, gewährt dem Eingetragenen das ausſchließliche Recht, gewerbsmäßig das Muſter nachzubilden, die durch Nachbildung erhaltenen Gegenſtände oder Gerätſchaften in Verkehr zu bringen, feilzuhalten oder zu gebrauchen; ausdrücklich beſtimmt das Geſetz, daß Gebrauchsmuſter voneinander oder Patente und Gebrauchsmuſter nach der durch die Anmeldung geſchaffenen Priorität voneinander derart abhängig ſein ſollen, daß das durch die ſpätere Anmeldung erworbene Recht nur mit Erlaubnis des auf Grund früherer Eintragung Berechtigten ausgeübt werden kann. Das Gebrauchsmuſterrecht iſt vererblich und beſchränkt oder unbeſchränkt durch Vertrag oder Verfügung von Todes wegen übertragbar, außerdem im Lizenzwege verwertbar. Der Schutz des Gebrauchsmuſters erliſcht, wenn der Eingetragene den Verzicht auf den Schutz erklärt oder wenn nach Ablauf der erſten dreijährigen Schutzfriſt nicht die Verlängerung auf weitere drei Jahre durch Zahlung der Gebühr von 60 ℳ bewirkt iſt. Eine nochmalige Verlängerung iſt nicht zuläſſig, ſo daß die längſte Dauer des Gebrauchsmuſters 6 Jahre beträgt. Die Löſchung eines Gebrauchsmuſters kann auch im Wege der Klage oder Widerklage betrieben werden, da jedermann gegen den Eingetragenen Anſpruch auf Löſchung des Gebrauchsmuſters hat, wenn das Modell den Erforderniſſen des Geſetzes an Neuheit und ſonſtige Schutzberechtigung nicht entſpricht. Das Patentamt nimmt die Löſchung vor, wenn das rechtskräftige Urteil von der obſiegenden Partei mit dem Antrage auf Löſchung vorgelegt wird. Schließlich kommt auch eine Löſchung des Gebrauchsmuſters von Amts wegen vor, wenn die Eintragung irrtümlich erfolgt war, z. B. wenn ſich nachträglich herausſtellt, daß ein Verſtoß gegen die guten Sitten vorliegt.

Anſpruch auf Gebrauchsmuſterſchutz haben nur diejenigen, die im Inlande, einſchließlich der deutſchen Schutzgebiete, ſowie in folgenden Ländern ihren Wohnſitz oder ihre Niederlaſſung haben: Oeſterreich-Ungarn, Serbien, Belgien, Braſilien, Curaçao, Dänemark, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan, Neuſeeland, Niederlande, Niederländiſch-Indien, Norwegen, Portugal, Queensland, Schweden, Schweiz, Spanien, Surinam, Tunis und Vereinigte Staaten von Nordamerika. In denſelben Ländern mit Ausnahme von Serbien gelten auf Grund von Staatsverträgen auch Vergünſtigungen, insbeſondere die eines Anſpruchs auf Zuerkennung der Priorität des deutſchen Gebrauchsmuſters, falls die Anmeldung in dem betreffenden Lande innerhalb einer beſtimmten Friſt vorgenommen wird. Dieſe Friſt läuft für Oeſterreich und Ungarn drei, für die übrigen Länder vier Monate vom Tage der deutſchen Anmeldung. Die engliſche Patentbehörde gewährt auf Grund eines deutſchen Gebrauchsmuſters eine einjährige Friſt. Umgekehrt kann auf Grund einer ausländiſchen Anmeldung für das deutſche Gebrauchsmuſter deren Priorität beanſprucht werden, falls das deutſche Gebrauchsmuſter binnen vier Monaten vom Tage der ausländiſchen Gebrauchsmuſteranmeldung oder innerhalb eines Jahres vom Tage der ausländiſchen Patentanmeldung, binnen 3 Monaten von der rechtskräftigen Erteilung eines öſterreichiſchen oder ungariſchen Patents ab eingereicht wird. Ein dem deutſchen Gebrauchsmuſtergeſetz entſprechendes Geſetz beſitzt bisher nur Japan; in Oeſterreich iſt es ſeit geraumer Zeit in Vorbereitung.

Ausländiſche Anmelder müſſen einen im Inlande wohnhaften Vertreter beſtellen. Wiſſentliche oder grobfahrläſſige Verletzungen des Gebrauchsmuſterſchutzes verpflichten dem Verletzten gegenüber zur Entſchädigung, wiſſentliche Eingriffe werden auf Antrag des Verletzten auch beſtraft, wobei dem Beſchädigten eine Buße zuerkannt werden kann.

Literatur: Kommentare von Seligſohn, 3. Aufl., Berlin 1906, Allfeld 1904, Iſay 1903; Neuberg, J., Der internationale gewerbliche Rechtsſchutz, Leipzig 1905. *H. Heimann.*

Gebrauchsnormal iſt nach der Eichordnung (ſ. d.) ein Eichungsnormal, nach dem die Richtigkeit der Verkehrsgegenſtände bei den Eichungsarbeiten beurteilt wird.

Bei jeder Eichungsſtelle ſind die für ihren Geſchäftsbetrieb erforderlichen Gebrauchsnormale vorhanden, z. B. für Längenmaße: ein Metermaßſtab als Strichmaß auf Meſſing mit Teilung in Zentimeter (für einen Dezimeter Teilung in Millimeter), ferner ein Holzſtab von 1 m Länge in Millimeter und ein ſolcher von 2 m Länge in Zentimeter geteilt, ein Metermaßſtab von Stahl mit Anſchlag in Zentimeter geteilt, ein Bandmaß aus Stahl von 20 m Länge in Dezimeter geteilt (die Einführung von Nickelſtahlmaßen wird wohl im Laufe der Zeit zu erwarten ſein); für Flüſſigkeitsmaße: ein Satz Flüſſigkeitsmaße von 2 bis $^1/_{32}$ l und 0,2 bis 0,02 l aus Kupferblech ſowie ein Satz gläſerner Eichkolben (Flaſchen); für Hohlmaße zu trockenen Körpern: 1 Satz Hohlmaße von $^1/_2$ hl bis $^1/_{16}$ l aus Eiſen- bezw. Kupferblech nebſt zugehörigen Fehlergläschen; für Gewichte: ein Satz Gewichte von 50 kg bis 1 mg nebſt Fehlergewichten. Der Fehler der Gebrauchsnormale darf im allgemeinen nicht über $^1/_5$ des im öffentlichen Verkehr erlaubten hinausgehen. *Reinhertz.*

Gebrochen nennt man ſolche Bauteile, die, in ihrer Fläche zuſammenhängend, in mehrere feſte oder bewegliche Teile zerlegt ſind.

Man unterſcheidet: 1. Gebrochene Türen und Laden, deren Flügel, in ſchmale Teile zerlegt, ſich zuſammenklappen laſſen. Hierzu dienen: 2. Gebrochene Bänder, die an der Bruchſtelle um einen Dorn beweglich ſind. 3. Gebrochene Ecke, eine Abfaſung der Kante, ſ. Faſe. 4. Gebrochenes Dach = Manſarddach, ſ. Dach. 5. Gebrochene Treppe, deren Laufrichtung ſich an den Ruheplätzen ändert; iſt dies ein- oder mehreremal der Fall, ſo heißt die Treppe zweiarmig, dreiarmig u. ſ. w., ſ. Treppen. 6. Gebrochenes Geſims, in mehrfachen Verkröpfungen durchgeführt. *Weinbrenner.*

Gebrücke, ſ. Brücken.

Gebührenordnung für Dampfkeſſelunterſuchungen vgl. Vereinbarung der verbündeten Regierungen des Reiches in der Bundesratsſitzung vom 3. Juli 1890; für Zeugen und Sachverſtändige ſ. das Reichsgeſetz vom 30. Juni 1878; für Arbeiten der Architekten und Ingenieure, aufgeſtellt vom Verband deutſcher Architekten- und Ingenieurvereine, Verband deutſcher Zentralheizungsinduſtrieller, Verband deutſcher Elektrotechniker, Verein deutſcher Gas- und Waſſerfachmänner, Verein deutſcher Ingenieure, Verein deutſcher Maſchineningenieure, Berlin 1901 im Kommiſſionsverlag der Deutſchen Bauzeitung, Berlin SW. 46; Auszüge im Taſchenbuch der „Hütte", Berlin 1904.

Gedeckte Korvette, älteres Segel- oder Dampfkriegsſchiff mit einer gedeckten Batterie (ſ. Kriegsſchiffstypen).

Gedeihen des Kalkes, ſ. Löſchen des Kalkes.

Gedinge, im Bergbau und Hüttenweſen Bezeichnung für Akkord (Gedingelohn = Akkordlohn).

Gedingekette, eine gewöhnlich 2 m lange Meßkette aus 2 cm langen Gliedern, an der die einzelnen Zehntelmeter durch mit Nummern verſehene Bleche bezeichnet ſind. Derſelben bedienen ſich die Grubenbeamten zum Meſſen der Längen beim Abnehmen der Gedinge. *Treptow.*

Geer, Geerd, Geerde, eine Art Braſſe für die Nock der Gaffel (ſ. Takelage).

Gefährlicher Kreis, f. Rückwärtseinſchneiden.

Gefährlichſte Belaſtungen, f. Ungünſtigſte Belaſtungen.

Gefälle, im allgemeinen der Höhenunterſchied h zwiſchen zwei Punktlagen und in dieſem Sinne auch abſolutes Gefälle genannt. Iſt l die horizontal gemeſſene Länge zwiſchen den beiden Punktlagen, ſo bezeichnet man mit $a = h : l$ das relative Gefälle, auch ſpezifiſches Gefälle genannt, d. h. das Gefälle pro Längeneinheit. Vielfach wird das relative Gefälle auch in ſogenannten Gefällsprozenten p ausgedrückt; dann iſt $p = 100 \cdot a$. *Reinhertz.*

Gefälle, barometriſches, ſ. Gradient; vgl. a. Neigungsverhältnis und Temperaturgefälle.

Gefällebahnen (vgl. a. Schwerkraftbahnen und Maſſentransport) bilden einen geſchloſſenen Kreislauf, auf deſſen erſterem, größerem, ſchwach abwärts geneigtem Teile (Mindeſtgefälle 3 %) der Wagen ſelbſttätig abwärts und über die verſtellbare Entladeſtelle, an der er ſich ſelbſttätig entleert, hinweg läuft, um ſich am Ende des abwärts geneigten Bahnteiles ſelbſttätig an eine Seil- oder Kettenbahn zu kuppeln, die ihn auf möglichſt kurzem Wege, den Gefälleverluſt ausgleichend, wieder zur Beladeſtelle befördert [1]. Oft auch Ausgleich durch Aufzüge [2]. Arbeitsbedarf gering, da nur die leeren Wagen vom tiefſten Punkte zur Beladeſtelle gehoben zu werden brauchen; Bauart der Antriebvorrichtung bei beliebig weit verzweigter Bahn einfach. Kurven erſchweren den Betrieb und verlangen größere Betriebskraft.

Literatur: [1] Buhle, Einrichtungen zur Beförderung und Lagerung von Kohlen, Coke und Reinigermaſſe für Gasanſtaltsbetrieb, Journal für Gasbeleuchtung und Waſſerverſorgung 1901, S. 546 ff., bezw. Derf., Techn. Hilfsmittel z. Beförderung u. Lagerung von Sammelkörpern (Maſſengütern), Berlin 1901, 1. Teil, S. 123 u. 128. — [2] Wie zu [1] Journal für Gasbeleuchtung und Waſſerverſorgung 1901, S. 505 ff., bezw. Derf., Techn. Hilfsmittel u. f w, 1. Teil, S. 114 u. 116. *M. Buhle.*

Gefällmeſſer nennt man Inſtrumente, die zum Meſſen oder Abſtecken des Gefälles von Linien, d. h. der trigonometriſchen Tangente des Neigungswinkels (in der Regel in Prozenten ausgedrückt), dienen.

Wird die Blei- oder Setzwage (ſ. Bleilot) mit einer den trigonometriſchen Tangenten der Neigungswinkel entſprechenden Skala (Gefälliſkala) verſehen, ſo kann an dem Lotfaden oder an dem mit der Libelle verſehenen Arm (Alhidade) ſofort das Gefälle eingeſtellt und abgeſteckt oder abgeleſen werden (Berg-, Wall-, Trancheenwage). Bei denjenigen Inſtrumenten, die zum Uebertragen von Linien beſtimmten Gefälles in das Gelände, alſo zum Abſtecken von Wegtracen, dienen ſollen, wird einer Abſehlinie, gebildet durch ein Diopter (ſ. d.) oder ein kleines Fernrohr, die erforderliche Neigung erteilt und das Gefälle parallel zur Geländelinie durch Benutzung zweier gleich langer Stäbe (mit Zielſcheibe) ermittelt. Die Uebertragung der beſtimmten Neigung auf die Zielllinie kann in verſchiedener Weiſe geſchehen durch pendelnde Einſtellung der Gefälliſkala oder mit Hilfe von Libellen. Nach dieſem Prinzip ſind eine große Anzahl von Inſtrumenten konſtruiert worden.

Ein ſehr zweckmäßiges und vielgebrauchtes Inſtrument iſt der Senkel- oder Gefällrahmen von Boſe. Ein Metallrahmen, entſprechend aufgehängt und balanciert, trägt eine lotrechte Gefälliſkala, an der ein Schieberdiopter auf das betreffende Gefälle eingeſtellt werden kann. Bei der Einſtellung auf 0 ſoll die Abſehlinie horizontal ſchweben. Bei Mayers Patent-Gefällmeſſer wird ein mit Gefälliſkala verſehener Kreis durch ein Gewicht in eine konſtante Stellung zur Lotlinie eingerichtet. Der Kreis trägt zentriſch drehbar ein Fernrohrdiopter und einen zweiten Kreis mit einer zweiten (nonienartigen) Teilung zur Einſtellung auf beſtimmte Gefälle. Aehnlich ſind eine Anzahl andrer Inſtrumente (z. B. von Hurth, Defaga u. ſ. w.) — Wird an einem Stab ein mit Diopter verſehenes Lineal um eine horizontale Achſe drehbar befeſtigt, ſo kann das Lineal durch ein angehängtes Gewicht ſo belaſtet werden, daß die Abſehlinie bei beſtimmten Stellungen des Gewichtes in beſtimmte Gefälle ſich einſtellt. Dieſe Vorrichtung nennt man den Gefällſtock. Staudingers Gefällmeſſer iſt ein Nivellierdiopter (ſ. d.) mit lotrechter Gefälliſkala und darauf verſchieblichem Objektivdiopter. Weitere Inſtrumente verwenden Libellenſpiegelung (vgl. Nivellieren, Freihandinſtrumente zum Höhenmeſſen, auch Abney Level).

Die Prüfung der Inſtrumente hat ſich zu erſtrecken auf: 1. die Unterſuchung, ob die Abſehlinie bei der Stellung auf 0 horizontal iſt (Indexfehler); dies geſchieht durch Ermittlung des Gefälles an beiden Enden einer Linie (Hin- und Herzielung); 2. auf die Richtigkeit der Teilung; dies geſchieht am einfachſten durch Zielungen nach einer in bekannter Entfernung aufgeſtellten Nivellierlatte (Inſtrumentangabe = Höhenunterſchied gegen die Nullinie, dividiert durch die wagerechte Entfernung). Die Genauigkeit der Abſteckung entſpricht etwa einem mittleren Fehler von ± 0,1—0,2° für eine Höhenrichtung (bei beſſeren Inſtrumenten und Uebung weniger), ſo daß, wenn für exakte Fortführung der Abſteckung Sorge getragen wird, eine Wegtrace auf 1 km Entfernung mit einem mittleren Höhenfehler von etwa ± 1—2 m abgeſteckt werden kann; ſ. a. Freihandinſtrumente ſowie Höhen- und Neigungsmeſſer. Wegen der Gefälliſchraube an Nivellierinſtrumenten ſ. Nivellieren. *Reinhertz.*

Gefällsbruch (Neigungswechſel), ſ. Neigungsverhältnis.

Gefällskurve, f. Längenprofil der Flüſſe.

Gefällsſtock, f. Gefällmeſſer.

Gefällwechſel, f. Neigungswechſel.

Gefängnis (Gefangenhaus), Gebäude zur geſicherten Unterbringung von Perſonen, die zur Unterſuchung oder zur Abbüßung von kürzeren oder längeren Strafen gefangenzuhalten ſind. Das deutſche Strafgeſetzbuch beſtimmt vier Arten von Strafen, die mit Entziehung von Freiheit verbunden ſind: a) Haftſtrafe bis zu 6 Wochen; b) Gefängnisſtrafe von 1 Tag bis 5 Jahren mit Beſchäftigung; c) Feſtungsſtrafe bis zu 15 Jahren oder lebenslänglich; d) Zuchthausſtrafe auf dieſelbe Zeit, in der die Verurteilten mit geeigneten Arbeiten zu beſchäftigen ſind. Dieſen Strafarten entſprechen, da die Feſtungsſtrafe nicht in Betracht kommt, drei Arten von Gefängniſſen: 1. das Amtsgefängnis für die in Unterſuchung befindlichen Verhafteten, wozu auch das Polizeigefängnis zur vorübergehenden Verhaftung zählt; 2. das Landesgefängnis; 3. das Zuchthaus, Strafanſtalt, die auch Zellengefängnis genannt wird, wenn die Gefangenen ſich in Einzelhaft befinden. Daneben beſtehen noch die Beſſerungs- und Arbeitshäuſer (Korrektionshaus) für jugendliche Verbrecher und beſcholtene Leute.

In jedem Gefängnis ſind an Räumlichkeiten erforderlich: 1. die Geſchäftszimmer des Verwalters und deſſen Wohnung, 2. Arbeitsräume für die in gemeinſamer Haft zu haltenden Gefangenen, 3. gemeinſame Schlafräume hierzu, 4. Einzelzellen, 5. Reinigungs- oder Spülzelle, 6. Krankenzimmer, 7. Küche und Zubehör. Für größere Anſtalten kommen hinzu: Räume für den Arzt, den Geiſtlichen, den Unterſuchungsrichter, Zellen für jugendliche Gefangene, Vorrats- und Wirtſchaftsräume. Die ganze Anlage iſt mit einer hohen Mauer zu umſchließen, an welche keine Gebäude angelehnt werden dürfen.

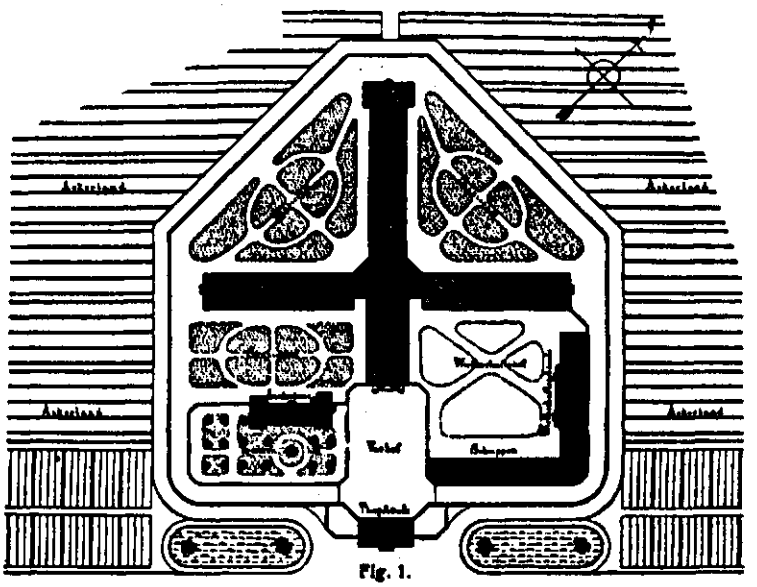


Fig. 1.

Die kleineren Gefängniſſe befinden ſich in der Nähe der Gerichtshäuſer, innerhalb der Städte. Sie erhalten zwei Stockwerke und bilden in ihrer Grundrißanordnung einen Langbau mit Mittelgang oder einen ⊥-Bau, in dem vorderen Teil die Verwaltung, in dem rückwärtigen die Einzelheiten enthaltend. Die Arbeitsräume ſind in ihrer Größe nach der Beſchäftigung und Anzahl der Gefangenen zu etwa 3—7 qm für den Kopf zu bemeſſen. In neuerer Zeit werden für dieſen Zweck leichte Arbeitsbaracken im Hofe erſtellt. Die gemeinſchaftlichen Schlafräume werden in einzelne eingebaute Schlafzellen durch dünne Zwiſchenwände aus Holz oder Wellblech zerlegt, die eine Größe von 2,0 m Länge und 1,30 m Breite erhalten; 2,0 m über dem Fußboden wird ein Eiſengeflecht geſpannt und an der Vorderſeite eine durchbrochene verſchließbare Türe angebracht.

Für die großen Zellengefängniſſe geben die 1884 von einer Fachkommiſſion von Strafanſtaltsbeamten ausgearbeiteten „Grundſätze für den Bau u. ſ. w. von Zellengefängniſſen“ [1] die eingehendſten Vorſchriften. Hiernach ſollen dieſe Strafanſtalten für 200—500 Sträflinge eingerichtet werden. Die Anlage inmitten der Städte iſt ganz zu vermeiden, ebenſo die Nähe der großen Haupt- und Fabrikſtädte. Die beſte Lage iſt bei einer an der Eiſenbahn gelegenen Mittelſtadt und in der Nähe des Bahnhofes. Die Lage des Bauplatzes ſoll frei, licht und luftig ſein, das Gelände nicht zu weitläufig, pro Kopf etwa 0,5—0,6 a. Die Gebäudeanlage iſt außer dem Kellergeſchoß drei Stockwerke hoch; ſie erhält eine Stern- oder Kreuzform (Fig. 1 und 2), bei welcher der vordere Arm als Verwaltungsgebäude mit Kirche und Schulräumen, die übrigen als Zellenflügel ausgebildet ſind, die ſich an eine Zentralhalle anſchließen, von der aus der Ueberblick über alle Gebäudeteile möglich iſt. Licht und Sonne ſollen tunlichſt gleichmäßig verteilt ſein.

Die Zellenflügel ſind ſo lang anzulegen, daß auf jeder Seite des durch alle Stockwerke reichenden panoptiſchen Mittelganges (Korridor) von 4,0—4,5 m Breite je 18—22 Zellen ſich

befinden, die von eisernen Galerien aus zugänglich sind. In jedem Flügel sind an den Enden Zimmer für Wärter und Spülzellen sowie zwei feuersichere Treppen anzuordnen, und es ist für gute Beleuchtung, Lüftung und Heizung der Gänge Sorge zu tragen. Der Rauminhalt einer Einzelzelle (Fig. 3) für den Aufenthalt bei Tag und Nacht muß mindestens 25 cbm betragen; passende Abmessungen sind 3,8 m lang, 2,20 m breit und 3,0 m hoch. Für Schlafzellen mit Aufenthalt nur bei Nacht genügt 15 cbm Raum. Die Decken sind flach zu wölben. Die Oeffnungen der Zellenfenster sind 1 qm groß und 2,0 m über dem Fußboden anzuordnen; die Wand unter dem Fenster ist abzuschrägen. Die Oeffnung ist mit Gitter zu versehen, dessen senkrechte Stäbe,

Querschnitt *C D*.

a Aufseherzimmer. *b* Spülzelle. *c* Zellen zu 25 cbm. *d* Schlafzellen zu 16 cbm. *e* Kirche: 1 Orgelbühne, 2 Altar und Kanzel, 3 Beamtenstühle.

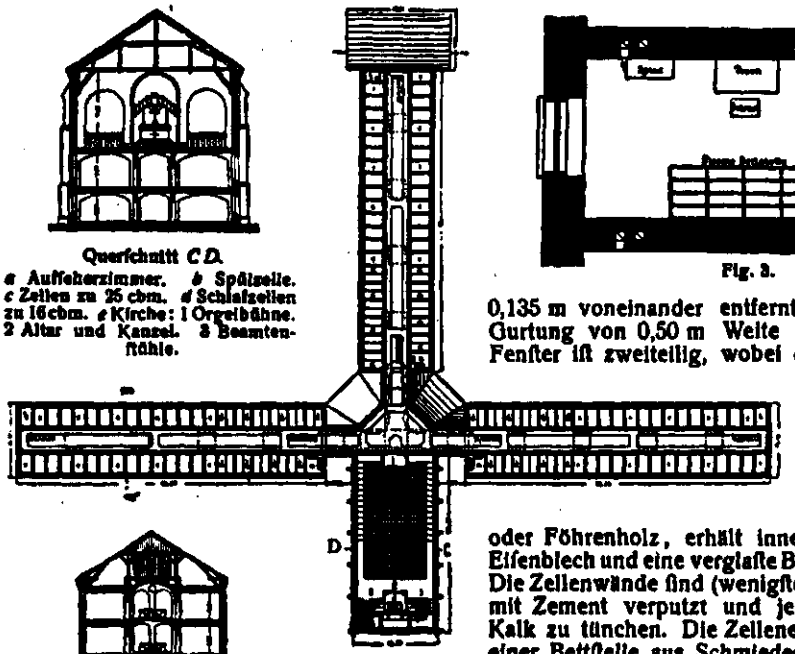
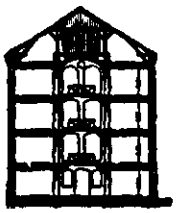


Fig. 2. Normalplan eines Zellengefängnisses (Obergeschoß).



Querschnitt *A B*.

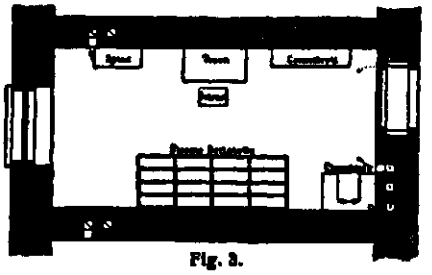


Fig. 3.

0,135 m voneinander entfernt, durch wagerechte Gurtung von 0,50 m Weite gehalten sind. Das Fenster ist zweiteilig, wobei die obere Hälfte um 90° nach innen geklappt werden kann. Der Fensterrahmen ist aus Holz. Die Zellentür, 0,60 bis 0,75 m breit, 1,90 m hoch, aus Tannen- oder Föhrenholz, erhält innen einen Belag von Eisenblech und eine verglaste Beobachtungsöffnung. Die Zellenwände sind (wenigstens im unteren Teile) mit Zement verputzt und jedes Jahr frisch mit Kalk zu tünchen. Die Zelleneinrichtung besteht in einer Bettstelle aus Schmiedeeisen, einem Wandschränkchen, einem Tisch, einem Schemel, alle Teile an der Wand befestigt; ferner einem Abtritt neben der Eingangstür, gebildet aus einem Holzsitz mit Zementsockel, der das tragbare Gefäß, mit Wasserverschluß versehen, umgibt. Die Lüftung der Zellen geschieht durch Fenster und Türe sowie durch einen über der Türe angebrachten ~förmigen Schlitz von 200 qcm Querschnitt. Die Heizung erfolgt zentral mittels Dampfes, Heißwassers oder erhitzter Luft, während sie in kleinen Gefängnissen mittels eiserner, von außen heizbarer Oefen geschieht.

An besonderen Gebäuden sind nötig: ein Krankenhaus sowie die Koch- und Waschküche, die von dem Hauptgebäude getrennt und mit besonderen Höfen und Mauern versehen anzuordnen sind. Die Umwehrungsmauer von mindestens 4,5 m Höhe soll die Gebäude und Höfe rings umschließen. Die Innenseite der Mauer soll außer der Abdeckung ohne Vorsprünge sein. Ein Torgebäude mit kleinem Vorhof und zwei Toren soll vor die Hauptmauer vorspringen. Die Beamtenwohnungen liegen sämtlich vor der Ringmauer, in einem oder mehreren Quartieren zusammengefaßt.

In den älteren Zeiten und im Mittelalter dienten die Gefängnisse nur dem Sicherheitszwecke. Die Römer hatten öffentliche und private Gefängnisse, erstere mehrstöckig. Im Mittelalter bestanden besondere Gebäude hierfür nicht; vielmehr waren in Türmen, Burgen, Schlössern, auch Klöstern u. s. w. eine Anzahl Räume diesem Zwecke bestimmt. Zu Ausgang des Mittelalters begannen die Städte Einrichtungen zu treffen, die neben der Sicherung auch auf Erziehung und Besserung der Insassen Bedacht nahmen. Diese Zucht- und Werkhäuser dienten zur Aufnahme der Arbeitsscheuen, Landstreicher, Bettler, aber auch von Stadtarmen, Waisen u. s. w., die hier beschäftigt und unter Aufsicht gehalten wurden. Eine solche Vereinigung der verschiedensten Gattungen, Alter u. s. w. schuf aber dann Zustände der schlimmsten Art, Brutstätten der Verwilderung. — In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts begannen die Bestrebungen Howards († 1790), Beccarias und andrer Menschenfreunde, diesen Mißständen sowie den Greueln der Gefängnisse zu begegnen. Besonders eifrig griffen die jungen Staatswesen Nordamerikas die Fragen der Verbesserung des Gefängniswesens auf: das pennsylvanische System der Einzelhaft, das Auburnsche Schweigsystem und das irische Progressivsystem sollten die Verbrecher durch Abschließung zu Reue und Besserung führen. Aus dem Studium der Ergebnisse dieser Systeme gingen in der Folge die neueren europäischen Zellengefängnisse hervor, die mit einem menschenwürdigen Aufenthalt eine geeignete Beschäftigung und Belehrung verbinden und zu günstigen Ergebnissen geführt haben.

Um jugendliche Verbrecher und in der Erziehung Verwahrloste auf den Weg der Besserung

zu führen, bestehen **Besserungsanstalten**, welche die jungen Leute (unter 20 Jahren) zur Arbeit erziehen und in der Landwirtschaft unterrichten und beschäftigen; für ältere arbeitsscheue und der Armenpflege zur Last fallende Leute dienen die Arbeitshäuser, in denen die nach dem Geschlechte und dem Grade ihrer Moralität getrennten Insassen Unterkunft erhalten und zu gemeinsamer Beschäftigung angehalten werden. Während für Sträflinge gemeinsame Arbeits-, Schlaf- und Lehrräume angelegt werden, sind die Unbescholtenen in besonderen Wohnräumen unterzubringen. Ein größerer Teil der Arbeiten wird im Freien (Garten- und Landwirtschaft) vorzunehmen sein. Außerdem eignen sich für Männer Holzbearbeitung, Seiler- und Flechtarbeiten, Papier- und Pappearbeiten u. s. w., für Frauen besonders Handwäscherei u. dergl. Die Gebäude solcher Anstalten sind in höchster Einfachheit zu halten; sie werden in zwei bis vier Geschossen von 3,5—4,0 m lichter Höhe angeordnet und kommen hierzu noch: die Verwaltungs- und Wirtschaftsgebäude, ein Krankenhaus und eine Kapelle sowie Wohnungen für den Verwalter und das Aufsichtspersonal. Eine hohe Mauer mit einzigem Eingangstor umschließt das ganze Anwesen.

Literatur: [1] Grundsätze für den Bau und die Einrichtung von Zellengefängnissen, Beigabe zu dem Jahrgang 1885 zu [2] Blätter für Gefängniskunde, Freiburg i. B. 1864. — [3] Rombergs Zeitschr. f. prakt. Baukunde 1862, S. 39; Orloff, G., Ueber Gefängnisbaukunst nach den neuesten Erfahrungen u. s. w. — [4] Handb. d. Architektur, 4. Teil, 7. Halbband, S. 253 ff., Darmstadt 1887; Gerichtshäuser, Straf- und Besserungsanstalten von Th. v. Landauer. — [5] Klasen, L., Grundrißvorbilder, Leipzig 1884, 13. Abschn., Gebäude für Justizzwecke. — [6] Baukunde des Architekten, Bd. 2. Berlin 1884, VI, Gefängnisse und Arbeitshäuser von Hermann, S. 463 ff. *Weinbrenner.*

Gefäß, s. Behälter.

Gefäßofen, s. Oefen, metallurgische, ferner Schwefelsäure, Zink.

Gefäßregulator, jene die Zuflußmenge des Papierzeugs zur Maschine regulierende Vorrichtung, die aus einem genau geeichten Gefäß besteht, das durch eine bestimmte Anzahl von Schöpfbewegungen pro Minute eine bestimmte Quantität Ganzzeug aus der Zeugbütte an die Maschine abgibt; s. Papierfabrikation. *Kraft.*

Gefäßstandszeiger (Teufenzeiger), eine Hilfsvorrichtung an den Maschinen für die Schachtförderung (s. d.) beim Bergbaubetriebe, die dem Maschinenwärter jederzeit ersichtlich macht, an welcher Stelle im Schachte sich die Fördergefäße befinden. *Traptow.*

Gefäßwagen, s. Eisenbahnwagen.

Gefahrpunkt, s. Bahnhöfe, Bd. 1, S. 481.

Gefahrsignal, Signal Nr. 4 der Deutschen Signalordnung. S. Liniensignale, durchlaufende. *Köchy.*

Gefechtsgräting, eiserne Stäbe, die bei Panzerdeckschiffen die Oeffnungen derselben, z. B. die Schornstein- und Maschinenraumluken, gegen Granatsplitter schützen (s. Schiffbau). *T. Schwarz.*

Gefechtskopf, s. Torpedo.

Gefechtsmast. Gefechtsmasten findet man auf modernen Panzerschiffen und Panzerdeckkreuzern, bei denen keine Takelage vorhanden ist. Sie haben den Zweck, auf entsprechend ausgebauten Plattformen leichte Artillerie — 3,7- bis 5-cm-Schnelladegeschütze — sowie einen Ausguck und Scheinwerfer zu tragen und im übrigen die zum Signalisieren und Flaggenhissen erforderlichen Stengen und Raaen aufzunehmen. Auch wird in der Regel der Gefechtsmast mit einem Ladebaum zum Ein- und Aussetzen der Boote versehen. Die Gefechtsmasten werden aus Stahl gebaut und müssen ohne Wanten stehen können. Der innere Hohlraum wird meist zum Aufstieg nach den Marsen und Plattformen, zum Transport der Munition und zur Ventilation der darunterliegenden Schiffsräume benutzt.

Literatur: [1] Hauser, A., Cours de construction navale, Paris 1886. — [2] Croneau, A., Canon, torpille et cuirasse, Paris. — [3] Dick und Kretschmer, Handbuch der Seemannschaft, Berlin 1899. *T. Schwarz.*

Gefechtspistole, s. Torpedo.

Gefedert, Bezeichnung für durch Feder und Nut bewirkte Holzverbindungen.

Geflammte (flammierte, Flammé-) Garne, die innerhalb bestimmter Abstände andersfarbige Faserbüschel aufweisen, können durch Druckerei, Färberei sowie auch durch Spinnerei erzielt werden. Gesponnene Flammgarne werden entweder dadurch erzeugt, daß auf den Krempeln durch Einstreuen der Faserbüschel oder durch Aufstreichen des andersfarbigen Spinngutes in Querstreifen durch mit Kratzen beschlagene Walzen an eine Krempelwalze die Faserbüschel hineingebracht werden, oder dadurch, daß Stücke fertiger andersfarbiger Vorgarn-

fäden in beſtimmten Abſtänden quer über eine Krempelwalze, am beſten die Kammwalze (Peigneur), aufgelegt werden (D.R.P. Nr. 44558). Hierbei kann man gleichzeitig mehrere verſchiedenfarbige Fäden im Zickzack hin und her führen (D.R.P. Nr. 45653) oder durch beſondere Zuführungswalzen gleichgerichtet über die Kammwalze legen (D.R.P. Nr. 46909). Eingehenderes über die Herſtellung der Flammgarne ſ. Leipziger Monatsſchr. für Textilinduſtrie 1902, S. 675.

Geflecht. Das Geflecht (natte, tresse, lacets; braid, tress-work, plait) iſt ein Fadengebilde, bei dem die Einzelfäden nur eines Fadenſyſtemes ſich unter gegenſeitiger geſetzmäßiger Schränkung derartig kreuzen, daß ſie innerhalb der Geflechtränder hin und her wandern. Mehrere Geflechte können durch gegenſeitige Umſchlingung der Randfäden zu einem einzigen Gebilde vereinigt werden, beziehentlich können auch mehrere Geflechte ſich durchdringen.

Fig. 1.

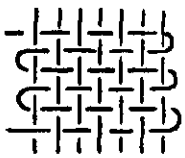


Fig. 2.

In der Regel unterſcheidet man einfache flache, viereckige und runde Geflechte, neben den Spitzengeflechten. Ferner kann man noch einen Unterſchied machen zwiſchen Flechten und Klöppeln. Flechten heißt: Fäden eines Fadenſyſtems von dem einen Ende nach dem andern fortſchreitend durch Verſchränkung (Kreuzung) vereinigen. Klöppeln heißt: Fäden eines Fadenſyſtems von dem einen Ende nach dem andern fortſchreitend durch Schränkung (Kreuzung) und Zwirnung vereinigen. Fig. 1 zeigt ein einfaches glattes Geflecht im Gegenſatz zu einem glatten Gewebe (Fig. 2). Es vertauſchen, wie man ſieht, beim Geflecht am Rande die Einzelfäden gewiſſermaßen die Funktion von Kette und Schuß. — Ueber Flecht- und Klöppelmaſchinen ſ. [1], über Klöppeln, Knüpfarbeit, Netzen u. ſ. w. [2]. Vgl. a. Flechtarbeiten, Flechtzaun.

Literatur: [1] Prechtl, Technolog. Encyklopädie, Stuttgart 1833, Bd. 13, S. 242, 276; Höffer, E., Ueber Flechtmaſchinen, Berlin 1885; Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen, 1885, S. 23, 75. — [2] Dillmont, Thérèse de, Encyklopädie der weiblichen Handarbeiten, Dornach (Elſaß), ohne Jahreszahl. *Ernſt Müller.*

Gefluder (Gefluther), bei Berg- und Hüttenwerken Waſſerleitung aus Mauerwerk oder Holz für die Zuleitung des Betriebswaſſers.

Geflügelſtälle, ſ. Federviehſtälle.

Gefrierbehälter, ſ. Kälteerzeugungsmaſchinen.

Gefriergründung, die in ſchwimmendem Boden zur Anwendung kommen kann, beſteht darin, daß künſtlich erzeugte Kälte in die waſſerhaltige Bodenſchicht eingeführt und das Waſſer derſelben dadurch zum Gefrieren gebracht wird. Dieſes Verfahren rührt von Poetſch (D.R.P. Nr. 37503, 40441, 48129, 50105, 52664) her. Als Träger der Kälte wird Chlorcalciumlauge, die bei — 40° C. gefriert, verwendet, und dieſelbe wird in Rohren, welche in die waſſerhaltige Bodenſchicht eingetrieben werden, eingeführt; zwiſchen der Kälteerzeugungsmaſchine und dieſen Rohren iſt die Chlorcalciumlöſung in fortwährendem Kreislauf begriffen.

Literatur: Poetſch, F. H., Das Gefrierverfahren u. ſ. w., Freiberg 1886; Zentralblatt der Bauverw. 1883, S. 461; 1884, S. 287; 1888, S. 279; Rigaſche Induſtriezg. 1884, Nr. 16; Wochenbl. f. Arch. u. Ingen. 1884, S. 281; Annales des ponts et chaussées 1887, 2. Sem., S. 338; Wochenbl. f. Baukde. 1887, S. 519; Le génie civil, Bd. 40, S. 189, 218, 228. *Schmitt-Darmſtadt.*

Gefriermaſchinen, ſ. Kälteerzeugungsmaſchinen.

Gefrierpunkt, teils im allgemeinen die Temperatur, bei der ein Körper vom flüſſigen in den ſtarren Aggregatzuſtand übergeht, beſonders wenn dieſe Temperatur unter derjenigen unſers Körpers liegt, teils im beſonderen die Temperatur, bei der das Waſſer dieſen Wechſel des Aggregatzuſtandes vollzieht. Ueber Gefrierpunkt im allgemeinen ſ. Schmelzen und Erſtarren, über Gefrierpunkt im beſonderen (Eispunkt, Nullpunkt), ſ. Thermometer.

Eine Gefrierpunktserniedrigung erleidet das Waſſer teils durch Druck, teils durch Auflöſen andrer Körper in demſelben. Die erſtere beträgt pro Atmoſphäre 0,007° C., wir verweiſen in betreff der Theorie und Literatur dieſer Erſcheinung auf [1]. Die Gefrierpunktserniedrigung in Löſungen, aus denen das Waſſer ohne den gelöſten Körper auskriſtalliſiert, iſt am Meerwaſſer ſeit lange beobachtet; ſein Gefrierpunkt liegt unter — 2° C. und das gebildete Eis kann geſchmolzen als Trinkwaſſer dienen. Die zurückbleibende Mutterlauge bildet eine zur Salzgewinnung brauchbare konzentriertere Sole. Nach Blagden und Rüdorff [2] iſt die Gefrierpunktserniedrigung des Löſungswaſſers der Menge des in der Gewichtseinheit gelöſten Salzes proportional. Letzterer findet in ſchwächer konzentrierten Löſungen für die Quotienten $\Delta : M$ (Gefrierpunktserniedrigung durch Salzmenge pro 100 Gewichtsteile Waſſer) die ſehr nahe konſtanten Werte: für $NaCl$ 0,600, KCl 0,442—0,450, Na_2SO_4 0,290—0,300 u. ſ. w. Dieſe Zahlen zeigen ein von de Coppet und von Raoult näher beſtätigtes Geſetz, daß ſie multipliziert mit den Molekular-

gewichten der Salze Produkte ergeben, die bei normal gebildeten Löfungen einander gleich find. Ueber die theoretifche Begründung des Gefetzes der Gefrierpunktsniedrigung durch Van't Hoff, Arrhenius u. a. und die weitere Literatur des Gegenftandes verweifen wir auf [3], [4] und [5].

Literatur: [1] Winkelmann, Handbuch der Phyfik, II, 2, S. 497 und 615, Breslau 1896. — [2] Poggend. Ann., 114, S. 63, 1861; 116, S. 58, 1862; 145, S. 599, 1871. — [3] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyfik, 5. Aufl., II, S. 68 ff., Leipzig 1896. — [4] Winkelmann, Handbuch der Phyfik, II, 2, S. 512, fowie S. 622 ff. — [5] Nernft, Theoret. Chemie, 4. Aufl., S. 145 ff., Stuttgart 1903.

Aug. Schmidt.

Gefrierräume, f. Kälteerzeugungsmafchinen.

Gefrierverfahren von Poetfch, f. Gefriergründung und Schachtabteufen.

Gefüge (Struktur, Textur der Gefteine), f. Gefteine.

Gegenbogen, f. Erdbogen.

Gegendampfbremfen, f. Bremfen, Bd. 2, S. 269.

Gegendiagonalen. Bei Fachwerkträgern (f. d.) mit Vertikalen (Ständerfachwerke, Fig. 1—6) hat man früher häufiger als in neuerer Zeit die Diagonalen auch dann aus Flacheifen hergeftellt, wenn fie in gewiffen Belaftungsfällen auf Druck beanfprucht werden können. Es muß dann jeder folchen Diagonale eine zweite von andrer Stellung zwifchen den gleichen Vertikalen beigegeben werden (in Fig. 1 punktiert), die in Wirkfamkeit tritt, fobald jene zu wirken aufhört, in letzterem Falle aber, wie die Theorie lehrt ([2], S. 81), Zug erhält. Von den zwei zufammengehörigen Diagonalen heißt diejenige, welche bei Belaftung durch das Eigengewicht allein wirkt, Hauptdiagonale, die andre Gegendiagonale. Indem man von der geringen Widerftandsfähigkeit gegen Druck ganz abfieht (wie es auch im Folgenden gefchehen foll), pflegt man beiderlei Diagonalen als Zugdiagonalen zu bezeichnen. Bei Holzkonftruktionen kommen auch Diagonalen vor, die mit Rückficht auf die Art der Verbindungen nur Druck aufnehmen können und demgemäß Druckdiagonalen heißen.

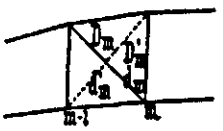


Fig. 1.

Fachwerke mit Gegendiagonalen find nach dem Gefagten wohl zu unterfcheiden von Fachwerken doppelten Syftems mit gekreuzten Diagonalen (f. Fachwerke mehrfachen Syftems, Bd. 3, S. 543), bei welchen beide Diagonalen eines Feldes gleichzeitig Widerftand leiften. Ift für ein Fachwerk die Anordnung von Zugdiagonalen beabfichtigt, fo werden doch für die Berechnung zunächft nur einfache Diagonalen angenommen. Ergeben fich hierbei für eine Diagonale der Länge d_m die Grenzbeanfpruchungen A_m und $-A'_m$, unter A_m, A'_m Abfolutwerte verftanden, fo muß zwifchen den das betreffende Feld begrenzenden Vertikalen eine zweite Diagonale angeordnet werden, deren Länge d'_m fei (Fig. 1). Die Grenzbeanfpruchungen werden damit für die erfte Diagonale:

$$D_m = A_m, \qquad D'_m = 0, \qquad 1.$$

und für die zweite Diagonale:

$$D'_m = A'_m \frac{d'_m}{d_m}, \qquad D_m = 0, \qquad 2.$$

alfo fpeziell für $d'_m = d_m$ (Parallelträger, Linfenträger u. f. w.):

$$D'_m = A'_m, \qquad D_m = 0. \qquad 3.$$

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Der Wechfel in der Wirkfamkeit von Hauptdiagonalen und Gegendiagonalen übt auch einen Einfluß auf die Beanfpruchungen der Gurtungen und Vertikalen aus, worauf jedoch bei der Berechnung meift keine Rückficht genommen wird. Diefer Einfluß ift allerdings nur dann von praktifchem Intereffe, wenn die Grenzbeanfpruchungen jener Glieder dadurch geändert werden. Die Grenzbeanfpruchungen der Gurtungen und Vertikalen bei Mitwirkung von Gegendiagonalen laffen fich nicht fo allgemein wie oben diejenigen der Diagonalen ausdrücken, fie hängen von der Art und Form des Trägers ab und find nicht einmal für alle Fälle feftgeftellt, da die Ableitung mitunter bedeutende Schwierigkeiten bietet. Dagegen laffen fich die Beanfpruchungen aller Stäbe für jede beftimmte Belaftung leicht berechnen ([2], S. 157, 158) und damit bei Verwendung von Einflußlinien (f. d.) auch ihre Grenzwerte erhalten. Bezüglich direkter Berechnung der letzteren fei im folgenden auf die am meiften in Betracht gekommenen Fälle hingewiefen. Bemerkt fei, daß für die Herftellung von Schwedler-Trägern (f. d.) die Frage der Gegendiagonalen eine befondere Rolle fpielte.

Einfacher Parallelträger (f. d., Felder gleich oder verfchieden lang). Ift die erfte Trägerhälfte einfchließlich der Vertikale oder des Feldes in der Mitte zunächft für das Syftem Fig. 3, 4 berechnet und es hat fich für eine Vertikale m, welcher mindeftens ein Feld mit Gegendiagonale anliegt, die negative Grenzbeanfpruchung (Maximaldruckbeanfpruchung) — B_m

ergeben, während der zugehörige Knotenpunkt des Obergurts durch das Eigengewicht allein mit $\mathfrak{R}_o$, im Maximum durch K_o belaſtet iſt, ſo ſind die wirklichen Grenzbeanſpruchungen der Vertikale m: $V_m = -B_m$, $V_m = -\mathfrak{R}_o$. 4.
Nur wenn ausnahmsweiſe K_o größer als B_m ſein ſollte, tritt $V_m = -K_o$ an Stelle von $V_m = -B_m$. Die Grenzbeanſpruchungen der Gurtungen bleiben ungeändert und ebenſo alle Beanſpruchungen durch das Eigengewicht allein, mit Ausnahme derjenigen der mittleren Vertikale bei gerader Felderzahl, welche gleich $-\mathfrak{R}_o$ iſt. Greift die Fahrbahnlaſt zwiſchen beiden Gurtungen in Vertikale m an, ſo bedeuten K_o, $\mathfrak{R}_o$ nur für das Vertikalenſtück von Fahrbahn bis Obergurt die Belaſtung des oberen Knotenpunkts m, für das Vertikalenſtück von Fahrbahn Untergurt die Summe aus jener Knotenpunktlaſt und der in Vertikale m angreifenden Fahrbahnlaſt. Ableitung [2], § 50, Beiſpiele [3], B 41—48, 101, 102.

Gewöhnlicher Schwedler-Träger (ſ. d., horizontaler Untergurt, Fahrbahn unten). Iſt die erſte Trägerhälfte einſchließlich der Vertikalen oder des Feldes in der Mitte zunächſt für das Syſtem Fig. 5 berechnet, ſo gilt für das Parallelträgerſtück die ſoeben angeführte Regel. Eine Ausnahme macht nur die Grenzvertikale desſelben, für welche die negative Grenzbeanſpruchung (Maximaldruckbeanſpruchung) wie bereits berechnet bleibt und bei etwas zu ungünſtiger Annahme auch die zweite Grenzbeanſpruchung wie für Fig. 5 beibehalten werden kann. Genauer iſt der letztere Grenzwert für gleichmäßig verteilte bewegte Laſt von p pro Längeneinheit:

$$V_m = \mathfrak{B}_m + \left[m\,(m+1) + (\nu - m)\,(n - 2\,m - 1)\,\frac{g}{p} \right] \frac{p\,\lambda}{2\,\nu}, \qquad 5.$$

und für bewegte Radlaſtzüge, wenn möglichſt große Radlaſten P bei Abſziffen a (von Auflager 0 aus gerechnet) auf die Strecke von 0 bis zur Vertikale $m+1$ und beſonders dicht um die Vertikale m kommen:

$$V_m = \mathfrak{B}_m + \left[\sum_{0}^{m} P\,a + m \sum_{m}^{m+1} P\,(m\,\lambda + \lambda - a) + (\nu - m)\,(n - 2\,m - 1)\,\frac{g\,\lambda^2}{2} \right] \frac{1}{\nu\,\lambda}, \qquad 6.$$

worin n Felderzahl, λ Feldlänge, g das gleichmäßig verteilt angenommene Eigengewicht der Konſtruktion pro Längeneinheit, $\mathfrak{B}_m$ die Beanſpruchung der Vertikale durch letzteres, welche wie für Fig. 5 bleibt (ſ. Schwedler-Träger), und $\nu = \frac{h}{h_m - h_{m-1}}$, unter h_m die Länge der fraglichen Vertikale verſtanden. Ableitung [2], § 51, Beiſpiele [3], B 59—61.

Andre Fälle. Die für Schwedler-Träger gegebene Regel gilt auch für andre Träger mit Diagonalen der Stellung in Fig. 5 und einem eingeſchalteten Parallelträgerſtück, innerhalb deſſen allein ſich Gegendiagonalen befinden. Fig. 6 zeigt einen ſolchen Fall. Ueber Gegendiagonalen bei einfachen Balkenfachwerken mit beliebigen Gurtungsformen ſ. [2], § 52, Beiſpiele hierzu [3], B 68–74; Gegendiagonalen bei beliebigen, insbeſondere durchlaufenden Balkenfachwerken [2], § 56, Beiſpiele hierzu [3], B 80—83. Beiſpiele für Halbparabelträger [3], B 68—70, Ellipſenträger [3], B 71, Parabelträger [3], B 72, Pauliſche Segment- und Linſenträger [3], B 73, 74, durchlaufende Gelenkträger [3], B 80—83, durchlaufende Bogenträger [3], B 101, 102. Wird die Berechnung von Fachwerken mehrfachen Syſtems (ſ. d.) auf Grund der Zerlegung in einfache Syſteme durchgeführt, ſo ergibt ſich nach den Regeln für die einfachen Syſteme ohne weiteres, wie weit die Gegendiagonalen im mehrfachen Syſteme reichen [3], B 107, bei andrer Berechnung hat man bisher Gegendiagonalen nicht ausgeführt. Ueber Träger mit Zugdiagonalen ohne Gegendiagonalen ſ. Dreiecksträger, Schwedler-Träger.

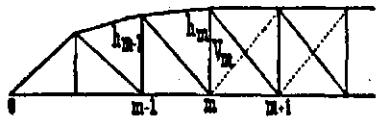


Fig. 5

Fig. 6.

Fachwerke mit Gegendiagonalen kamen in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in Amerika auf und fanden raſch auch in Europa Eingang, nachdem ſie durch Culmann und Schwedler theoretiſch behandelt worden waren [5] S. 71, 104. Ob die Gegendiagonalen annähernd ſo wirken, wie die Theorie annimmt, wird weſentlich von der Ausführung abhängen, doch bietet die Montierung keine außergewöhnliche Schwierigkeit [1]. In neuerer Zeit hat man auf Zug und Druck widerſtandsfähige Diagonalen mitunter ſchon deshalb vorgezogen, weil die flachen Diagonalen ſich bei wechſelnder Belaſtung durch Klappern bemerklich machten.

Literatur: [1] Scharowsky, Gegendiagonalen oder nicht Gegendiagonalen, Deutſche Bauztg. 1876, S. 246. — [2] Weyrauch, Theorie der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887, IV. Abſchn. (auch S. 45, 81, 107). — [3] Derſ., Beiſpiele und Aufgaben zur Berechnung der ſtatiſch beſtimmten Träger, Leipzig 1888, IV. Abſchn. (auch B 41—48, 59—61, 80—83, 101, 102). — [4] Ritter W., Anwendungen der graphiſchen Statik, II, Das Fachwerk, Zürich 1890, S. 31. — [5] Lang, Die Entwicklungsgeſchichte der Spannwerke des Bauweſens, Riga 1890, S. 101. — [6] Hanſen, Die Maximalſpannungen in den Vertikalen bei einem Fachwerkbalken mit einfeldrigen Haupt- und Gegendiagonalen, Deutſche Bauztg. 1892, S. 290. — [7] Foeppl, Das Fachwerk im Raume, Leipzig 1892, S. 37. — [8] Zſchetzſche, Das Fachwerk mit künſtlich geſpannten Gliedern, Civilingenieur 1895, S. 425. — [9] Vorſchriften betreffend die Berechnung und Einziehung von Gegendiagonalen, Zentralblatt der Bauverwaltung 1899, S. 359, 472, 613. — [10] Ramiſch, Ueber die Ermittlung der Spannkräfte in den Gegendiagonalen eines einfachen Fachwerkträgers, Zeitſchr. für Architektur und Ingenieurweſen 1900, S. 66. — [11] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, I, Leipzig 1901, S. 273, 291. — [12] Wieghardt, Ueber die Statik ebener Fachwerke mit ſchlaffen Diagonalen, Göttinger Diſſertation, 1903. — [13] Derſ., Zur Statik der Fachwerke mit ſchlaffen Diagonalen, Zentralblatt der Bauverwaltung 1904 S. 390, 656. — [14] Oſtenfeld, Techniſche Statik, Leipzig 1904, S. 146, 186.

Weyrauch.

Gegendiagonalen, bei einem Fachwerkträger, deſſen Ausfachung aus lotrechten und ſchrägen Stäben beſteht, die zweite Lage der Schrägſtäbe, durch deren Anbringung ein Wechſel von Zug und Druck in den Hauptdiagonalen oder ein Schlaffwerden der letzteren bei einſeitiger Belaſtung hintangehalten wird.

Solche Gegendiagonalen werden bei flachen Zugbändern (Flacheiſen oder Rundeiſen) notwendig, wenn die beiden Grenzſpannungen dieſer Ausfachungsſtäbe entgegengeſetztes Vorzeichen erhalten, d. i. alſo in dem mittleren, je nach der Trägerform ſich über eine größere oder kleinere Länge erſtreckenden Teil der Balkenfachwerkträger. Sie ſind aber auch dort angewendet, wo eine künſtliche Anſpannung in der Ausfachung erzielt werden ſoll (ältere amerikaniſche Syſteme); hierher gehören auch die Gegenſtreben der Howeſchen Träger. Alle derartigen Ausfachungsſyſteme mit drei Stablagen ſind ſtatiſch unbeſtimmt, wenn nicht bei gewiſſen Belaſtungen die eine Stablage (Haupt- oder Gegendiagonalen) durch Schlaffwerden außer Spannung kommt. Es haften denſelben aber eine Reihe von Uebelſtänden an, die teils bei der Montierung, teils unter dem Verkehre zutage treten [1]. Jedenfalls ſind, wie auch eine Verordnung des Miniſters der öffentlichen Arbeiten in Preußen (Juli 1899) vorſchreibt, die Gegendiagonalen erſt einzuziehen, nachdem die im übrigen fertig zuſammengebaute Brücke ausgerüſtet iſt, alſo die Hauptdiagonalen durch die Eigengewichtslaſt Spannung erhalten haben. Erſt dann ſind auch die Löcher für den einen Endanſchluß der Gegendiagonalen und zwar ſo zu bohren, daß ein ſcharfes Verdornen erforderlich wird, um die Niete einziehen zu können, damit die Gegendiagonalen eine gewiſſe Anfangsſpannung erhalten. Gegenwärtig ziehen es aber wohl die meiſten Brückenkonſtrukteure vor, die Gegendiagonalen überhaupt wegzulaſſen oder nur der Symmetrie wegen auf das Mittelfeld zu beſchränken und dafür die einfachen Schrägſtäbe in jenen Feldern, wo in denſelben bei einſeitiger ungünſtiger Belaſtung Druck auftreten könnte, und auch noch darüber hinaus ſteif auszubilden.

Literatur: [1] Haberkalt, Fachwerkträger mit Gegendiagonalen, Oeſterr. Monatſchrift für den öffentlichen Baudienſt 1900. *Melan.*

Gegenfritter, Wellenanzeiger für drahtloſe Telegraphie; ſ. Telegraphie (ohne Draht).

Gegengewichte dienen zur Ausgleichung einer beſtändigen oder veränderlichen Kraft, durch ihre Schwere oder Fliehkraft.

Sie wirken im erſteren Fall, ſooft ſie bewegt werden, nicht nur durch ihr Gewicht, ſondern auch durch den Beſchleunigungsdruck. Man benutzt am billigſten gußeiſerne Kugeln, Scheiben, Platten, bei beſchränktem Raum Bleiſtücke oder Bleiausguß in Eiſen, an Lokomotivtreibrädern Schmiedeeiſenſektoren, an hydrauliſchen Akkumulatoren Blechkeſſel mit Roheiſenbarren und Kies, an Drehkranen auch Kaſten mit Stein- oder Sandfüllung. Hydrauliſches Gegengewicht nennt man die Wirkung von Preßwaſſer auf einen Kolben, der dem Hauptpreßkolben beſtändig entgegenwirkt. *Lindner.*

Gegenhalter (Vorhalter), hammer- oder keulenartiges Werkzeug, das beim Nieten gegen den Setzkopf gedrückt wird, um beim Herſtellen des Schließkopfes den Niet durch Hammerſchläge nicht aus dem Loch herauszutreiben.

Da der Gegenhalter kräftig ausgebildet ſein muß, um die Stoßwirkung beim Nieten aufzufangen, wird er häufig an einer Kette aufgehängt oder durch einen in Höhenrichtung verſtellbaren Bock unterſtützt. Zum beſſeren Anſchluß des Gegenhalters an den Setzkopf iſt der Gegenhalter mit einer Vertiefung verſehen, die beim Nieten den Setzkopf umſchließt. *Dolchow.*

Gegenkrümmungen, einander ſehr nahe tretende Krümmungen der Bahnlinie nach entgegengeſetzten Seiten; ſ. Krümmung, Krümmungsverhältniſſe.

Gegenkurbeln, ſ. Zwillingskurbelgetriebe.

Gegenmuttern (Doppelmuttern), ſ. Schraubenſicherung.

Gegenort, ſ. Durchſchlag (im Bergbau).

Gegenpaar, ſ. Kräftepaar.

Gegenprobe, die zweite Probe zur Ermittlung der Zuſammenſetzung von Erzen, Legierungen oder Gekrätz. Die Probe wird von dem Bergwardein (Probierer) für den Erzverkäufer (die Grube) vorgenommen; die Gegenprobe für den Käufer (die Hütte) macht ein beſonderer Hüttenwardein. Weichen die Ergebniſſe beider mehr als zuläſſig voneinander ab, ſo wird von einem dritten, dem Schiedswardein, die maßgebende Schiedsprobe ausgeführt. *Bochert.*

Gegenpunzen, ſ. Gravieren, Punzen.

Gegenſehnenſatz. Haben drei Kegelſchnitte eine Sehne gemein, ſo gehen die drei Gegenſehnen, d. h. die Verbindungslinien der Punkte, welche je zwei derſelben außerdem noch gemein haben, durch einen Punkt.

Literatur: Seeger, Die Fundamentaltheorien der neueren Geometrie, Braunſchweig 1880.

Gegenſeitigkeit der Verrückungen. Begriff der Ingenieurmechanik und Elaſtizitätslehre. Im Jahre 1864 hat Maxwell [1] für die elaſtiſchen Formänderungen von Fachwerkträgern (ſ. Fachwerk) den Satz abgeleitet (Fig. 1): Durch eine an dem beliebigen Knotenpunkte *A* in beliebiger

Richtung AB wirkende Kraft 1 erleidet ein beliebiger Knotenpunkt a in beliebiger Richtung ab die gleiche Verrückung, welche eine am Knotenpunkte a in der Richtung ab wirkende Kraft 1 für den Knotenpunkt A in der Richtung AB zur Folge hat.

Dieſer Satz von der Gegenſeitigkeit der Verrückungen ergibt ſich aus der Bd. 3, S. 554, erhaltenen Gleichung 9. unter der Vorausſetzung $a=0$ mit der zuvor gegebenen Gleichung 4., welche weiter liefern (Fig. 2): Durch zwei an den Knotenpunkten A, B in deren Verbindungsgeraden einander entgegenwirkende Kräfte 1 erleiden zwei Knotenpunkte a, b die gleiche Entfernungsänderung, welche zwei an den Knotenpunkten a, b in deren Verbindungsgeraden einander entgegenwirkende Kräfte 1 für die Entfernungsänderung der Knotenpunkte A, B zur Folge haben. Wie im letzteren Falle auf Grund jener Gleichung 4. die elaſtiſchen Formänderungen durch je zwei einander entgegengeſetzte Kräfte in Beziehung zueinander geſetzt wurden, ſo laſſen ſich auf Grund der Bd. 3, S. 552, gegebenen allgemeinen Gleichung 3. Beziehungen für die elaſtiſchen Formänderungen durch andre Kräftegruppen ableiten [7], [10], [11], insbeſondere auch die Gegenſeitigkeit der Verdrehungen nachweiſen. Die Sätze gelten unter den üblichen Vorausſetzungen bezüglich reibungsloſer Auflager, Knotengelenke u. ſ. w. nicht nur für die Knotenpunkte von Fachwerken, ſondern auch für die Achspunkte gebogener ſtabförmiger Träger und ſelbſt für die Punkte beliebiger iſotroper feſter Körper. Sie können gute Dienſte bei Ermittlung der Formänderungen von Trägern und der Beanſpruchung ſtatiſch unbeſtimmter Träger leiſten, worüber die untenangeführte Literatur Aufſchluß gibt. Beiſpielsweiſe iſt die Einſenkung (ſ. d.) von A durch eine Laſt 1 in a ebenſo groß wie die Einſenkung von a durch eine Laſt 1 in A und damit die elaſtiſche Linie (ſ. d.) durch eine Laſt 1 in A zugleich die Einflußlinie (ſ. d.) für die Einſenkung von A.

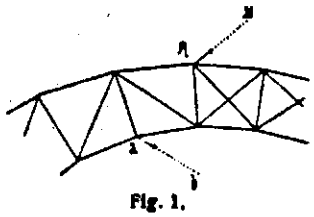


Fig. 1.

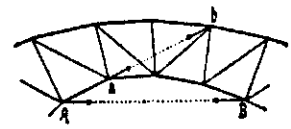


Fig. 2.

Literatur: [1] Maxwell, On the calculation of the equilibrium and stiffness of frames, Philosophical Magazine 1864, XXVII, S. 294. — [2] Mohr, Beitrag zur Theorie des Fachwerks, Zeitſchr. des Arch.- und Ingen.-Ver. zu Hannover 1874, S. 509, und 1875, S. 17; Civilingen. 1885, S. 209. — [3] Caſtigliano, Intorno ad una proprietà dei sistemi elastici, Atti della R. Accademia delle science di Torino, 1882, XVII, S. 705. — [4] Swain, On the application of virtual velocities to the determination of the deflection and stresses of frames, Journal of the Franklin Institute 1883, S. 101, 194, 250. — [5] Krohn, Der Satz von der Gegenſeitigkeit der Verſchiebungen und Anwendung desſelben zur Berechnung ſtatiſch unbeſtimmter Fachwerkträger, Zeitſchr. des Arch.- und Ingen.-Vereins zu Hannover 1884, S. 269. — [6] Forchheimer, Die Gegenſeitigkeit der Verſchiebungen, Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- und Arch.-Vereins 1886, S. 109. — [7] Land, Die Gegenſeitigkeit elaſtiſcher Formänderungen als Grundlage einer allgemeinen Darſtellung der Einflußlinien aller Trägerarten ſowie einer allgemeinen Theorie der Träger überhaupt, Wochenblatt für Baukunde 1887, S. 14, 24, 33. — [8] de Fonviolant, Mémoire sur les déformations élaſtiques des pièces et des systemes des pièces à fibres moyennes planes ou gauches, Mémoires de la société des ingénieurs civils 1888, II, S. 291. — [9] Steiner, Die Grundgeſetze der Formänderung elaſtiſcher Körper, Wochenſchr. des öſterr. Ingen.- und Arch.-Vereins 1889, S. 177. — [10] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, II, Leipzig 1903, S. 30, 46. — [11] Müller-Breslau, Die neueren Methoden der Feſtigkeitslehre, Leipzig 1904, S. 58, 181, 241. — [12] Oſtenfeld, Techniſche Statik, Leipzig 1904, S. 256, 295. *Weyrauch.*

Gegenſpant, ſ. Gekehrtſpant.

Gegenſprechen, gleichzeitige Beförderung von zwei Telegrammen auf derſelben Leitung in entgegengeſetzter Richtung; ſ. Telegraphie.

Gegenſtrom, ſ. Telegraphie.

Gegenſtromkeſſel. Bei dieſem iſt der Weg, den das Waſſer von ſeinem Eintritt in den Keſſel bis zur Verdampfungsoberfläche bezw. ſeinem Austritt zurücklegt, dem Weg der Heizgaſe entgegen gerichtet, um eine beſſere Ausnutzung der in den Heizgaſen enthaltenen Wärme zu erzielen (ſ. a. Gliederkeſſel). *G. Schwarz.*

Gegenſtromrolle, auch Graduator oder Induktanzrolle genannt; ein Elektromagnet mit nahezu geſchloſſenem magnetiſchen Kreis aus gut unterteiltem Eiſen und einer Bewicklung aus feinem iſolierten Kupferdrahte.

Sie findet im Telegraphenbetrieb auf längeren unterirdiſchen Leitungen zur Aufhebung der in dieſen beſonders ſtark auftretenden Entladungsſtröme Verwendung. Im Fernſprechbetriebe werden Gegenſtromrollen hauptſächlich in die Kontrolliſtromkreiſe eingeſchaltet, wo ſie vermöge ihrer hohen Selbſtinduktion die Sprechſtröme nur in ſolcher Stärke auf den Kontrollhörer wirken laſſen, wie gerade zur Betätigung desſelben erforderlich iſt; ſ. Telegraphie und Telephonie. *O. Feußner.*

Gegenwinde, ſ. v. w. Differentialwinde (ſ. d.).

Gegenwinkel, in einem Dreieck der Winkel, welcher einer Seite gegenüber liegt. Im Parallelogramm diejenigen Winkel, welche keine gemeinſchaftlichen

Schenkel beſitzen. Bei Parallelen, welche von einer Geraden geſchnitten werden, bezeichnet man dasjenige Winkelpaar an verſchiedenen Scheiteln als Gegenwinkel, von denen der eine innerhalb, der andre außerhalb der Parallelen, beide jedoch auf einer Seite der Schneidenden liegen.

Gegenzug, ſ. Markſcheidekunde.

Gehänge, in der Weberei die Schnuren nebſt Rollen und Wippen, an denen die Schäfte des Webſtuhles hängen.

Gehänge oder „Hängebauten" ſind eine beſondere Art bei der Regulierung von geſchiebe- und ſchlickführenden Flüſſen verwendeter „durchläſſiger" Quer- und Längsbauten, deren im fließenden Waſſer aufgehängte ſchwebende Teile die Strömung hemmen und infolge der ſo verminderten Geſchwindigkeit und Stoßkraft des Waſſers die durch die Lücken der Gehänge hindurchgeriſſenen Sinkſtoffe hinter jenen zur Ablagerung veranlaſſen, alſo zur Auflandung bezw. Verkieſung des hinter ihnen liegenden Gebietes oder aber zum Schutze ſchon vorhandener eventuell ungleichmäßiger Kiesablagerungen dienen bezw. dieſe ſelbſt vervollſtändigen ſollen.

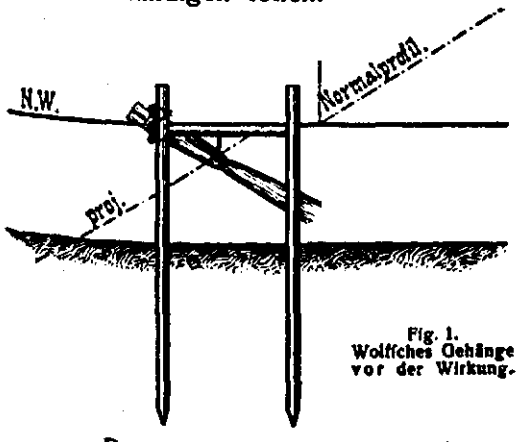


Fig. 1. Wolffches Gehänge vor der Wirkung.

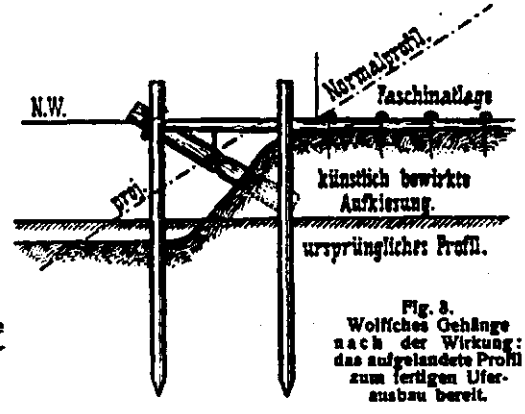


Fig. 3. Wolffches Gehänge nach der Wirkung: das aufgelandete Profil zum fertigen Uferausbau bereit.

Da, wo bis zu der vollen Wirkſamkeit der Gehänge eine Unterſpülung der feſten Teile der Gehänge bezw. ein Kolk an der Sohle zu befürchten iſt, muß unter denſelben ein entſprechender proviſoriſcher Sohlenſchutz (Senkfaſchinen, Sinkmatten u. a.) angebracht werden. Die Gehänge beſtehen aus ein bis mehreren Pfahlrechen bezw. Pfahlgerüſten, an denen von ungefähr auf Waſſerſpiegelhöhe befeſtigten Längszangen (Rundholzſtangen) ſchwebende Körper, wie u. a. Strauchwerk, belaubte junge Bäume, tafelförmig aneinander gereihte Faſchinen oder Wippen, unter Ausſparung zahlreicher Lücken aufgehängt ſind. Solche, insbeſondere bei der Regulierung bayriſcher Gebirgsflüſſe (Iſar u. a.) von Wolf verwendeten (daher auch „Wolfſchen") Gehänge (auch „ſchwebende Bauanlagen" genannt) ſind in Fig. 1—3 dargeſtellt.

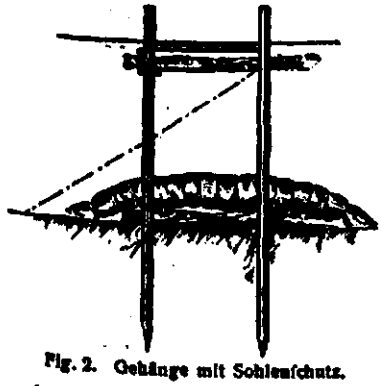


Fig. 2. Gehänge mit Sohlenſchutz.

Mittels Wolffcher Gehängebauten ſind an vielen geſchiebe- und ſinkſtoffreichen Flüſſen (namentlich in Bayern, aber auch in Oeſterreich und der Schweiz u. ſ. w.) mit leicht beweglichem Boden und nicht zu geringer Waſſertiefe und bei richtiger Anwendung mit ſehr geringen Koſten überraſchende Erfolge erzielt worden. Anfänglich werden nur einzelne Lücken zwiſchen den Pfählen „verhängt". Je nach Bedürfnis ſind dieſe gegen die hinteren Hilfspfähle abgeſtützt durch horizontale Verbindungshölzer (Querzangen auf Waſſerſpiegelhöhe). Nach geſchehener Auflandung hinter den Gehängen wird das neue Ufer auf die definitive Höhe gebracht, ausgebaut und bezw. mit Faſchinat oder Steinrollung u. ſ. w. abgedeckt (Fig. 4). Zu den Gehängen bezw. Hängebauten gehört, ſtreng genommen, auch die in Fig. 14 im Art. Flußregulierung dargeſtellte Pfahlbuhne, die auch in etwas abgeänderter Form zur Anwendung gelangt, indem die Faſchinen — bei der Bauweiſe Serrazanetti an Stelle jener, die mit dünnen ſteingefüllten Drahtnetzröhren — vollkommen vertikal von den Zangen aufgehängt und zugleich auf den Sohlenſchutz feſt abgeſtützt ſind; vgl. a. Flußregulierung und Gebirgsflußregulierung.

Fig. 4.

Literatur: [1] Wolf, Korrektion geſchiebereicher Flüſſe durch ſchwebende Bauten, München

1893. — [2] Faber, Wolffſche Bauweiſe zur Regelung geſchiebeführender Flüſſe, Reiſebericht, Deutſche Bauztg. 1895. — [3] Roloff, Mitteilungen über das nordamerikaniſche Waſſerbauweſen, Berlin 1895. — [4] Normaliſierung großer Ströme, Wochenſchrift des öſterreichiſchen Ing.- und Arch.-Vereins. *Hilgard.*

Gehäuſe, die feſtſtehenden Umhüllungen beweglicher Mechanismen, teils zum Schutze der letzteren gegen äußere Einwirkungen (z. B. Uhrengehäuſe u. ſ. w.), teils zum Zuſammenhalten flüſſiger Betriebsmittel (Rad-, Pumpen-, Ventilgehäuſe u. ſ. w.).

Gehege (Paddok), ſ. Geſtütanlagen.

Gehöfteanlagen. In Deutſchland unterſcheidet man zwei Grundformen von Bauerngehöften: das ſächſiſche und das fränkiſche. Das ſächſiſche Gehöft beſteht aus einem einzelnen Gebäude, das die verſchiedenen Wirtſchaftsbedürfniſſe unter einem Dach vereinigt (ſ. Bauernhäuſer). Das fränkiſche Gehöft umſchließt mit einer Anzahl von Einzelgebäuden einen Hof. Das ſächſiſche Bauernhaus verſchwindet immer mehr, obgleich in neuerer Zeit der Verſuch gemacht worden iſt, in den Tiefbauten den ihm zugrunde liegenden Gedanken neu zu beleben. Die Grundform des heutigen landwirtſchaftlichen Gehöftes iſt fränkiſchen Urſprunges.

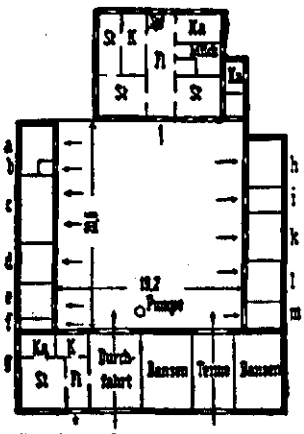


Fig. 1. *a* Schweine. *b* Hühner. *c* Schafe. *d* Gänſe. *e* Taglöhner. *f* Stall. *g* Wohnung der Taglöhner. *h* Pferde. *i* Füllen. *k* Kühe. *l* Kälber. *m* Häckſel.

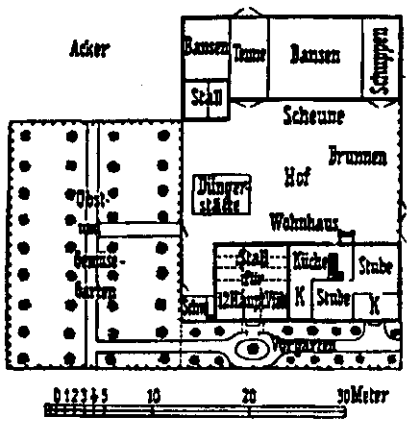


Fig. 2.

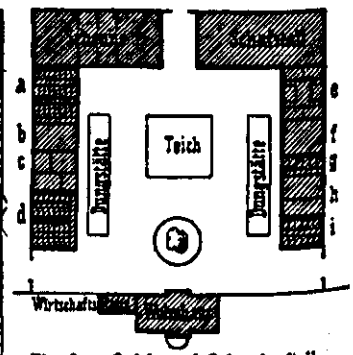


Fig. 3. *a* Ochſen-, *b* Schweineſtall. *c* Jungvieh und Futterkammer. *d* Kuhſtall. *e* Arbeitspferde. *f* Geräteſchuppen. *g* Fremdenſtall. *h* Wagenſchuppen. *i* Kutſchpferdeſtall.

Als Beiſpiel eines fränkiſchen Bauerngehöftes in Pommern diene Fig. 1. Das Wohnhaus des Beſitzers lag urſprünglich der Straße abgewendet. Die Straßenſeite nimmt die Scheune ein. Von der Straße führt eine Durchfahrt durch die Scheune auf den Hof, die beiden Seiten werden von Stallungen eingenommen. Hieraus haben ſich in den verſchiedenen Gegenden Deutſchlands verſchiedene untereinander nahe verwandte Typen entwickelt; ſo wird in dem holſteiniſchen Gehöfte die Scheune an die Seite gerückt, ihr gegenüber liegen die Ställe, das Wohnhaus im Hintergrunde, die Straßenſeite bleibt offen; das Gehöft des Oderbruches iſt eine Umkehrung des in Fig. 1 dargeſtellten Gehöftes, ſo daß das Wohnhaus an der Straße liegt; das ſchleſiſche Gehöft verlegt das Wohnhaus in eine Ecke des rechteckigen Gehöftes, von den gegenüberliegenden Seiten wird eine durch die Scheune, die andre durch Stallungen geſchloſſen u. ſ. w.

Neue Gehöfte ſind nach folgenden Grundſätzen zu entwerfen: 1. Die Lage iſt möglichſt im Schwerpunkt des Wirtſchaftsgeländes, bequem, d. h. auf nicht zu ſteilen Wegen zugänglich, geſund, alſo auf mäßiger Höhe, möglichſt auf ſüdlicher Abdachung des Geländes zu wählen; es iſt ferner auf tragfähigen Baugrund, trockenen Untergrund, brauchbares Trinkwaſſer zu achten. 2. Das Gehöft muß überſichtlich angelegt werden, ſo daß von der Wohnung des Wirtſchaftsleiters die Türen der einzelnen Gebäude, namentlich aber ſämtliche Zugänge zum Gehöft überſehen werden können. Die Stellung von größeren Gebäuden mitten in den Hof, welche die Ueberſicht erſchwert, iſt zu vermeiden. Kleinere Gebäude, wie Federviehſtälle, Geräteſchuppen u. dergl., fallen unter dieſen Geſichtspunkt nicht. 3. Jedes Gebäude ſoll die ſeiner Beſtimmung angemeſſene Lage erhalten. Das Wohnhaus legt man gern an die Südſeite im Anſchluß an den Garten. Dem Wohnhaus zunächſt liegt einerſeits, dem weiblichen Hausgeſinde leicht erreichbar, der Kuhſtall und der Jungviehſtall, anderſeits, für den Hausherrn bequem gelegen, der Kutſch- und Reitpferdeſtall; daran ſchließen ſich die Stallungen für das Arbeitsvieh ſowie Scheune und Schafſtall.

Kleinere Gehöfte hat die Kommiſſion zur Beförderung deutſcher Anſiedlungen in Weſtpreußen und Poſen entworfen, die mehrfach ausgeführt ſind. Der Zuſammenbau von Wohnhaus und Ställen iſt dort auf Beſitzungen von 8—25 ha Größe beibehalten (Fig. 2). In größeren Gehöften wurden die Ställe getrennt vom Wohnhauſe erbaut. Der Zuſammenbau der Hofgebäude aneinander iſt noch bei ziemlich großen Grundſtücken gebräuchlich. Fig. 3 zeigt, wie gegebenenfalls die Aufgabe nach obigen Grundſätzen gelöſt werden kann. In größeren Gehöften wird man die Auflöſung in einzelne Gebäude und Stallungen für jede Viehgattung geſondert bevor-

zugen (Fig. 4). Hier wird der engere Ring des Hofes von einer zweiten Umzäunung umgeben, die einige zum Gehöft gehörige größere Flächen, wie Pferdekoppel, Obst- und Gemüsegarten und einen besonderen Hof für die Schweine, umschließt.

Wird das Gehöft so groß, daß die Gebäude nicht mehr an einem gut übersichtlichen Hof unterzubringen sind, so wird die Bewirtschaftung der Besitzung von einem Mittelpunkte aus zu teuer, weil damit die Wege der Ernte- und Düngerfuhren zu weit werden. Man schreitet dann zur Anlage von einzelnen Vorwerken, deren Verwaltung je einem Wirtschaftsbeamten anvertraut wird. Auf solche Vorwerke wird je nach Lage der Verhältnisse die Schäferei, das Milchvieh, in der Regel aber ein Teil des Arbeitsviehes und der Scheunen verlegt. Letztere erbaut man auch wohl vereinzelt auf dem Felde (s. Feldscheunen) oder man setzt einzelne Diemen (s. d.) auf den abzuerntenden Schlägen.

Wo der Diemenbau allgemein eingeführt ist, übt er auch einen Einfluß auf die Gestalt des Gehöftes aus. Die Scheune wird dann auf einen kleinen Raum zum Ausdreschen der Garben, häufig mit dem Kornspeicher verbunden, beschränkt. Ihre Stelle nimmt ein größerer Diemenhof ein. In Deutschland hat diese Art der Gehöfte, namentlich auch wegen der feuergefährlichen Nachbarschaft einer größeren Zahl offener Diemen für das ganze Gehöft und des Widerstandes der Versicherungsgesellschaften, wenig Eingang gefunden.

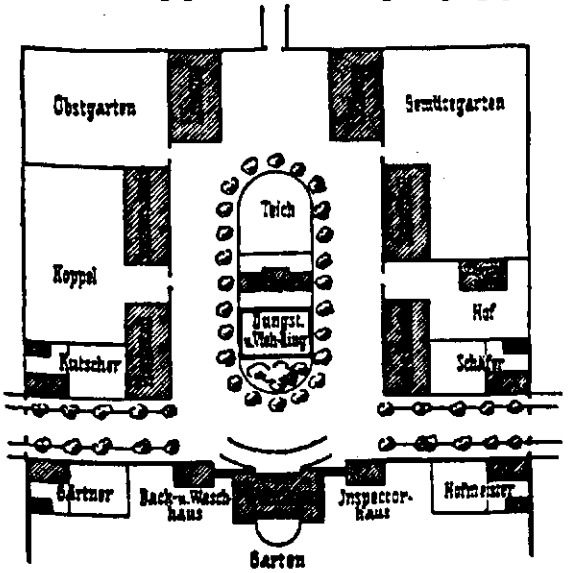


Fig. 4.

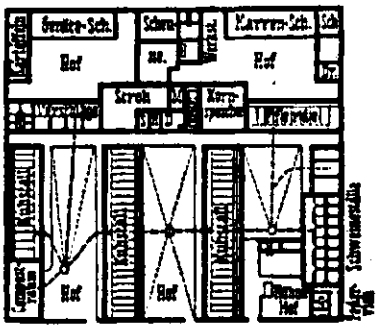


Fig. 5. *K* Kälberstall. *S* Siederaum. *D* Dämpfraum. *Dr* Drillhaus. *Sch* Schlachthaus. *B* Butterraum. *H* Hühnerstall. *G* Gänse, Enten, Puten. *M* Maschine.

Ein völlig andres Gepräge erhalten die Gehöfte, wenn nach englischem Muster die Hofarbeit von einer feststehenden Dampfmaschine geleistet wird. Die vorteilhafte Ausnutzung der Dampfkraft erfordert eine gedrängte Anlage des Gehöftes, in dessen Mittelpunkt die Dampfmaschine steht, die zum Dreschen und Schroten des Kornes, zum Waschen und Zerkleinern der Wurzelfrüchte, zum Wasserpumpen, Holzsägen benutzt wird und sogar mittels Druckpumpe den flüssigen Dünger durch Rohrleitungen auf das Feld befördert.

Fig. 5 stellt die Farm Liscard in England dar; sie zeigt, daß die zusammengedrängte Gruppierung der Gebäude zur Anlage zahlreicher kleinerer Höfe nötigt. In Deutschland ist die Anwendung der stehenden Dampfmaschine im Sinne der englischen Farm wenig eingebürgert; man bevorzugt hier die bewegliche Lokomobile, welche die Beibehaltung der großen übersichtlichen Gehöfte gestattet und auch Arbeiten leistet, zu denen die stehende Maschine sich nicht eignet, namentlich die Ackerwirtschaft mit Dampfkraft.

Wo die Kraftübertragung auf größere Entfernung stattfinden soll, kann mit Vorteil nur die Elektrizität verwendet werden. Hochgespannte Ströme übertragen die Kraft ohne erheblichen Energieverlust auf Entfernungen von 5 km und darüber; es wird dadurch möglich, entfernte Wasserkräfte auf dem Gehöft nutzbar zu machen oder von einer Zentrale auf dem Gehöft aus Arbeiten auf entfernten Vorwerken oder Feldarbeiten zu verrichten.

Elektrischer Betrieb läßt sich auf jedem vorhandenen Gehöft ohne bauliche Veränderungen einführen. Bleibt der Betrieb auf die Hofwirtschaft beschränkt, so wird man mit Strömen von 500 Volt auskommen und stärkere Ströme auch gern vermeiden, weil sie tödlich wirken und zur Vermeidung von Unglücksfällen umfassende Sicherungen erfordern. Die Zentrale wird man verhältnismäßig billig herstellen, wenn zum Betriebe eines landwirtschaftlichen Gewerbes (Brennerei) eine Dampfmaschine schon vorhanden ist. Die Kraft der Dampfmaschine wird durch die Dynamomaschine in Elektrizität umgesetzt, der Strom durch Kupferdrähte nach den Motoren an den verschiedenen Arbeitsstellen geleitet und dort zum Antrieb der Arbeitsmaschinen verwendet. Zum Betriebe der elektrischen Beleuchtung im Hause, Ställen und Scheunen werden vorteilhaft Akkumulatorenbatterien und Wechselstrommaschinen verwendet. Auch das Innere der Scheunen kann man ohne Feuersgefahr mit armierten Lampen erleuchten und an kurzen Wintertagen die Arbeitszeit ausdehnen. Es genügt dazu eine Lampe im Taß und eine an der Maschine. Starke Arbeitsmaschinen betreibt man mit Drehstrom.

Der Betrieb der Feldwirtschaft [4], namentlich das Pflügen mit Elektrizität, erfordert starke Maschinen nicht unter 50 PS. und Ströme nicht unter 1500 Volt. Er ist nur da mit Vorteil

anwendbar, wo eine Ausnutzung der koſtſpieligen Maſchinen auch in ſolchen Zeiten möglich iſt, in denen keine Feldarbeiten ausgeführt werden.

Literatur: [1] Lutſch, H., Wanderungen durch Oſtdeutſchland zur Erforſchung volkstümlicher Bauweiſen, Zentralblatt der Bauverwaltung, Berlin 1887. — [2] Jaspers, C., Der Bauernhof, Anleitung zur praktiſchen Anlage und Einrichtung ſeiner Baulichkeiten, Berlin 1890. — [3] Tiedemann, L. v., Das landwirtſchaftliche Bauweſen, Halle a. S. 1898. — [4] Unterſuchung elektriſcher Pfluganlagen. Bericht im Auftrage der Deutſchen Landwirtſchaftsgeſellſchaft erſtattet von Ingen. W. Schiller, Berlin 1903 (Arb. d. D. L.-G., Heft 85). *v. Tiedemann.*

Gehreiſen, f. Stemm- und Stechzeug.

Gehrlade, Werkzeug des Schreiners zur genauen Ausarbeitung der Gehren oder Gehrungen (ſpitzen Zwickel) am Zuſammenſtoße zweier Brettenden, z. B. an Wandfrieſen, Türverkleidungen u. ſ. w.

Die Gehrfuge bildet jeweils die Halbierung des Winkels, unter dem die zwei Teile zuſammentreffen. Die Gehrlade oder Gehrungsſtoßlade (ſ. d.) beſteht im Falle eines rechten Winkels aus einem Boden mit zwei genau parallelen Seitenwänden, in dem Schnitte unter halbem rechten Winkel angebracht ſind. In neuerer Zeit ſind eiſerne Laden in Gebrauch mit einem beweglichen Teil, der durch eine Schraube auf den entſprechenden Gehrungswinkel feſt eingeſtellt werden kann. *Weinbrenner.*

Gehrmaß, ſ. Meßwerkzeuge.

Gehrung, ſ. Gehrlade.

Gehrungsſchneidemaſchinen, mechaniſche Vorrichtungen, welche die Abſchrägung der Holzſtabenden genau und raſch bewirken, indem ein Meſſer in entſprechender Richtung gegen das gut eingeſpannte Holzſtück verſchoben wird. Das Holz (z. B. ein Bilderrahmenteil) wird zu dem Zweck wagerecht gelegt, während das Meſſer längs ſeiner unter 45° geneigten Bahn kräftig nach unten bewegt wird [1]; oder man ſchiebt ein paar Meſſer, deren Schneiden einen rechten Winkel einſchließen, bezw. ein geißfußartiges Werkzeug winkelrecht gegen den Stab, ſo mit einem Schnitt beide entſtehenden Holzenden mit Gehrung verſehend [2].

Literatur: [1] Dinglers Polyt. Journ. 1871, Bd. 200, S. 181. — [2] Desgl. 1878, Bd. 228, S. 19; 1880, Bd. 236, S. 19; 1882, Bd. 244, S. 185, Bd. 246, S. 496; 1891, Bd. 281, S. 247. *Ernſt Müller.*

Gehrungsſtoßlade. Unter Lade verſteht man hierbei ein Holzſtück mit beſtimmt geſtalteten Hervorragungen, gegen das die mit dem Hobel zu beſtoßenden Holzſtücke angelegt werden. Wird hierbei das Holz rechtwinklig beſtoßen, ſo heißt die Lade Winkelſtoßlade; wird das Holz unter dem Gehrungswinkel von 45° beſtoßen, Gehrungsſtoßlade. Bringt man dagegen in der Lade eine querlaufende Rinne an, die um 45° gegen die Kanten geneigt iſt, ſo eignet ſich die Stoßlade zum Abhobeln zweier Gehrungsflächen an einem Holzſtücke, die parallel laufen und bei Kröpfungen von Geſimswerk oft vorkommen, weshalb dieſe Lade Kropflade oder Verkröpfungslade genannt wird. — Als Gehrungslade oder Gehrungsſchneidlade [1] bezeichnet man wohl auch eine Einrichtung, um Holzſtäbe unter einem beſtimmten Winkel abzuſchneiden, bei der ein Fuchsſchwanz in Führungen gelegt iſt, die der zur Aufnahme des Werkſtückes dienenden Lade gegenüber genau einzuſtellen ſind.

Literatur: [1] Dingl. Polyt. Journ. 1878, Bd. 227, S. 28; 1891, Bd. 281, S. 248. *Ernſt Müller.*

Gehrungszinke, Eckverbindung, beſtehend in einer Abblattung, die unter die Gehrung eingreift.

Geie, Geitau, ein Tau, mit deſſen Hilfe das Schothorn eines Segels aufgeholt wird, ſ. Takelage.

Geiſer, heiße Springquellen, die dadurch zuſtande kommen, daß das in der Tiefe über den Siedepunkt erhitzte Waſſer durch Spannung der Waſſerdämpfe auf Spalten und Kanälen gewaltſam periodiſch oder immerwährend als mächtige Waſſerſäule emporgetrieben wird.

Solche Geiſer ſind in vulkaniſchen Gebieten Neuſeelands, Islands und des Yellowſtoneparks (Nordamerika) eine häufige Erſcheinung. Das emporgeſchleuderte Waſſer verliert bald durch Verdunſtung und Abkühlung die von ihm gelöſten Mineralſtoffe (Kieſelſäure z. B.) und dieſe bauen ſich am Fuß des Geiſers in Kaskaden und Terraſſen auf. *Leppla.*

Geislerſcher Ventilator, ſ. Schleudergebläſe.

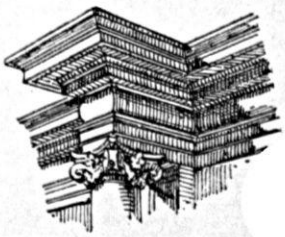
Geißfuß, ſ. Stemm- und Stechzeug (vgl. a. Beitel).

Geißlerſche Röhren, geſchloſſene Glasröhren mit eingeſchmolzenen, außen mit Oeſen verſehenen Drähten aus Aluminium; ſie enthalten ſtark verdünnte Gaſe und dienen zum Studium der elektriſchen Entladungserſcheinungen in ſolchen Gaſen.

Demſelben Zweck dient der ältere Apparat, das elektriſche Ei, bei dem die die Elektroden tragenden Meſſingſtäbe durch Stopfbüchſen geführt ſind. Der unſichere Verſchluß dieſer erfordert ein ſtets erneuertes Evakuieren mittels der Luftpumpe, während die Geißlerſchen Röhren (zuerſt hergeſtellt nach Plückers Angaben von dem Glaskünſtler Geißler in Bonn) ihrem Verſchluſſe entſprechend ſehr lange ihre Verdünnung des Gaſes bewahren, beſonders wenn der äußere, mit dem Glas verſchmolzene Teil der Zuleitung aus Platin beſteht, das einen mit dem des Glaſes ſehr nahe gleichen Ausdehnungskoeffizienten beſitzt, während zu Elektroden das Aluminium am beſten ſich eignet, weil es bei den elektriſchen Entladungen nicht zerſtäubt. Das elektriſche Ei bietet indeſſen den beſonderen Vorteil, die ſtufenweiſe Aenderung der Entladungserſcheinungen mit zunehmender Verdünnung zu zeigen. Die hervorſtechendſte Tatſache bei den Verſuchen iſt die mit zunehmender Verdünnung zunehmende Schlagweite der Funken, entſprechend einer mit der Verdünnung wachſenden Leitungsfähigkeit des Glaſes; erſt bei der höchſten durch unſre Luftpumpen erreichbaren Verdünnung hört die Leitungsfähigkeit faſt plötzlich auf. In den Geißlerſchen Röhren beträgt der Druck meiſt etwa 2 mm. Bei dieſem Verdünnungsgrad erzeugen die durch das Gas erfolgenden Entladungen eines Funkeninduktors oder einer Influenzmaſchine charakteriſtiſche Lichterſcheinungen, die je nach der Entladungsrichtung, je nach der Natur des Gaſes, je nach der Subſtanz des Glaſes und je nach deſſen Geſtalt verſchieden ſind. Uebereinſtimmend bleibt in der nächſten Umgebung des negativen Pols, der Kathode, ein bläuliches Licht, das ſogenannte Glimmlicht, das ſich mit wachſender Verdünnung mehr und mehr in der Röhre ausbreitet und ein von der poſitiven Elektrode, der Anode, ausſtrömendes rötliches Lichtbüſchel, das ſich bis in die Nähe des Glimmlichtes erſtreckt, von dieſem aber durch eine dunkle Hülle getrennt bleibt. Dieſe faſt die ganze Röhre gewöhnlich anfüllende poſitive Lichtgarbe zeigt ſich oft in zur Röhre ſenkrechter Richtung in bewegliche Schichten geteilt, beſonders bei Gegenwart gewiſſer kohlenſtoffhaltiger Dämpfe. Die wogende Bewegung der Schichtung verwandelt ſich in ſtehende Schichtung, wenn ſtatt der Entladungsfunken ein ſtärker geſpannter elektriſcher Strom ſich durch die Röhre entladet. Der poſitive Lichtſtrom iſt der Einwirkung eines der Röhre von außen genäherten Magnets ausgeſetzt, er wird in ähnlicher Weiſe durch den Magnet abgelenkt wie ein ſtromleitender Draht. Das Gas in der Röhre leuchtet in dem ſeiner chemiſchen Beſchaffenheit entſprechenden Lichte mit den charakteriſtiſchen Spektrallinien. Das Glas wird fluoreszierend, beſonders ſtark das Uranglas. Ueber die Erſcheinungen bei höherer Verdünnung ſ. Hittorfſche Röhren, Kathodenlicht, Röntgenſtrahlen. *Aug. Schmidt.*

Gekehrtſpant heißt im Eiſenſchiffbau der zur Verſtärkung des Spantwinkels mit demſelben oder an der Innenkante der Bodenwrange vernietete Winkel; er dient zugleich zur Befeſtigung der Wegerung (ſ. Schiffbau). *T. Schwarz.*

Gekrätz oder Gekchur, metallhaltige Abfälle aus metallurgiſchen Schmelzapparaten und Arbeitsräumen, meiſt mit Schlacken, Ofenbauſtoffen und ſonſtigem Kehricht vermiſcht. *Beckert.*



Gekröpft (verkröpft), im Winkel gebogen; daher gekröpftes Geſims, Geſims, das bei Vorſprüngen an Mauern nicht gerade abgeſchnitten, ſondern um die Ecke des Vorſprunges mit der gleichen Ausladung, die dieſer hat, herumgeführt iſt (ſ. die Figur). *Weinbrenner.*

Gekröpfte Welle (Krummachſe), ſ. Kurbelwelle.

Gekröſeſtein wird ein dichter Anhydrit (ſ. d.) genannt, der darmähnliche Windungen und Figuren zeigt.

Gekuppelt, Bezeichnung für zwei gleichartige Bau-, Maſchinenteile u. ſ. w., welche zu einem einheitlichen Ganzen durch ein beiden gemeinſames Glied verbunden ſind; daher gekuppelte Träger, an den Stützpunkten miteinander verbundene Träger. *Weinbrenner.*

Geländer, bei Brücken, ſind dort, wo nicht die Träger ſelbſt ſchützende Wände zu beiden Seiten der Bahn bilden, zur Sicherheit der auf der Brücke verkehrenden Perſonen gegen das Hinabfallen notwendig und werden daher bei Straßenbrücken ausnahmslos und in der Regel auch bei Eiſenbahnbrücken angebracht.

Je nachdem der Brückenüberbau aus Eiſen, Holz oder Stein iſt, wird auch das Geländer aus demſelben Material hergeſtellt; nur die Steinbrücken erhalten zuweilen anſtatt eines ſteinernen Parapetes ein eiſernes Geländer, wodurch hauptſächlich wegen der verringerten Brückenbreite eine Erſparnis, allerdings auf Koſten der monumentalen Wirkung des Bauwerks, erzielt wird. Die Hauptteile eines eiſernen Geländers ſind folgende: 1. die Ständer oder Pfoſten, aus lotrechten, mit den Haupt- oder Querträgern der Brücke verſchraubten oder vernieteten Stäben oder Pfoſten beſtehend; 2. die Handleiſte oder Bruſtlehne, die den oberen Abſchluß bildet, und 3. die Geländerfüllung. Die Höhe des Geländers wird am paſſendſten mit ungefähr 1,0 m gewählt.

Die Ständer der eiſernen Geländer werden entweder aus Gußeiſen mit ⊢-förmigem, kreuz- oder röhrenförmigem Querſchnitt oder aus Schmiedeeiſen ausgeführt; in letzterem Falle bildet man ſie aus 3—4 cm ſtarkem Quadrateiſen, aus einem oder zwei Winkeleiſen, aus ⊥-Eiſen,

I-Eifen oder [-Eifen. Wichtig iſt ihre ſichere Befeſtigung an dem Tragwerk der Brücke, und man wird die Geländer von Straßenbrücken ſo feſt machen, daß ſie einer in der Höhe der Bruſtlehne angreifenden Horizontalkraft von mindeſtens 40 [1] bis 70 kg [3] für einen Längenmeter des Geländers zu widerſtehen vermögen. Gußeiſerne Ständer erhalten zur Befeſtigung auf dem Eiſen- oder Mauerwerke eine Platte angegoſſen, durch die Schraubenbolzen oder Steinſchrauben gezogen werden. Schmiedeeiſerne Ständer können an die unterſtützenden Träger (Fußwegkonſolen) mittels Knotenblechen angeſchloſſen werden oder ſie erhalten eine erbreiterte Baſis durch Umbiegen oder Winkeleiſenanſätze. Zuweilen werden zur Erhöhung der Stabilität auch noch außen Fußſtreben angebracht.

Fig. 1.

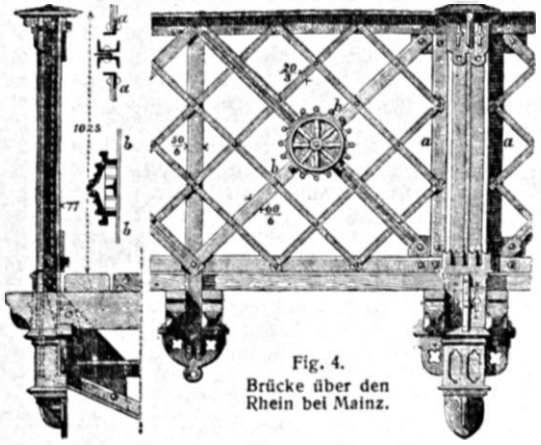


Fig. 4.
Brücke über den Rhein bei Mainz.

Die Handleiſte wird entweder aus Rundeiſen, Röhreneiſen (Gasröhren), aus Flacheiſen, dann in der Regel mit Ueberdeckung aus Holz, aus Winkel- oder aus Geländereifen (Fig. 1) gebildet. Aus Gußeiſen wird die Handleiſte in der Regel nur gewählt, wenn ſie mit der Füllung im ganzen gegoſſen wird. Die Verbindung mit den Ständern erfolgt durch Vernietung oder Verſchraubung, allenfalls unter Einſchaltung kleiner Winkeleiſenſtücke. Rund- oder Röhreneiſen werden durch zylindriſche Löcher in den Ständern durchgeſteckt.

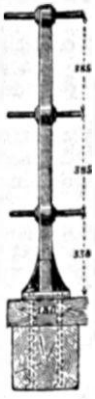


Fig. 2.

Die Geländerfüllung wird aus Schmiede- oder Gußeiſen hergeſtellt, und je nach den Anforderungen, die an die äußere Erſcheinung der Brücke geſtellt werden, genügt entweder eine ganz einfache Konſtruktion oder es wird eine reichere Ausſchmückung, oft unter Zuhilfenahme der Kunſtſchmiedearbeit und des Kunſtguſſes, erforderlich. Die einfachſte Konſtruktion eines ſchmiedeeiſernen Geländers beſteht aus der Anordnung von einem bis drei horizontalen Stäben, meiſt Rund- oder Röhreneiſen, auch Winkel- oder ⊥-Eiſen (Fig. 2). Schöner und dichter, daher auch für Straßenbrücken empfehlenswerter ſind die Stabfüllungen mit vertikalen oder gebogenen Stäben aus Rund- oder Flacheiſen, die an zwei oder mehrere wagerechte, mit den Ständern verbundene Stäbe angeſchloſſen ſind (Fig. 3). Größere Mannigfaltigkeit bieten dann die Netzfüllungen mit gekreuzten Stäben, oft in Verbindung mit ringförmigen Stäben, Roſetten u. ſ. w. (Fig. 4 und 5).

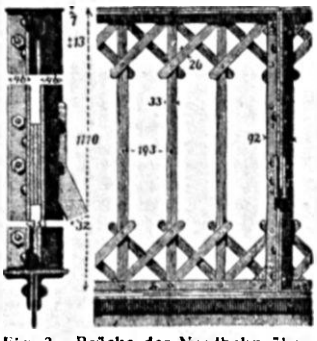


Fig. 3. Brücke der Nordbahn über die Donau bei Wien.

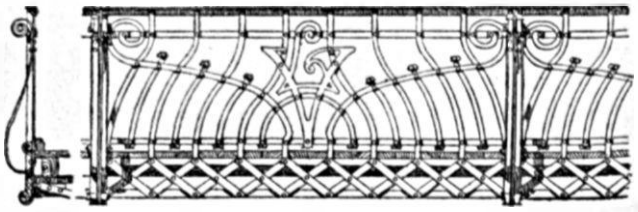


Fig. 5. Ludwig-Viktor-Brücke in Salzburg.

Literatur: [1] Winkler, E., Die Querkonſtruktionen der eiſernen Brücken, Wien 1884. — [2] Häſeler, Der Brückenbau, Die eiſernen Brücken, 2. Lief., Braunſchweig 1893. — [3] Handb. d. Ingenieurwiſſ., Der Brückenbau, 2. Abt., 8. Kap., bearb. von F. Steiner, Leipzig 1890. *Melan.*

Geländer, ſ. Treppen.

Geläufflächen ſind die die Maueröffnungen ſeitlich begrenzenden Mauerflächen, die ſich entweder tangential an die Laibungsfläche der Mauerbögen anſchließen oder ſich mit der letzteren in den Kämpferlinien ſchneiden; ſ. Mauerbögen. *L. v. Willmann.*

Gelaß, ſ. v. w. kleiner Raum, Nebenraum im Hauſe.

Gelatine, feiner, glasheller, farbloſer oder gelblicher, geſchmack- und geruchloſer Leim aus Knorpel, Knochen oder Hautabfällen, findet in der Firnis- und Kittfabrikation, ferner in den Konditoreien und der feinen Küche Verwendung, bisweilen auch in der Appretur (ſ. Appretmittel, Bd. 1, S. 251). — Rote Gelatine iſt mit Pulverfuchſin (auf 1 kg Gelatine 0,2 g) oder mit Bordeauxrot extra (0,5 g) gefärbt. — Braune Gelatine (Weinſchöne) dient zur Klärung trüber Weine.

Man bereitet ſie, indem man Vergolderleim 48 Stunden in einem Leinenbeutel in mit 0,25 % Salzſäure verſetztes Waſſer hängt, das mehreremal gewechſelt wird. Hierauf behandelt man den Beutel noch 6 Stunden mit reinem Waſſer, läßt ihn an der Luft trocknen, ſchmilzt den Inhalt dann in einem emaillierten Gefäß und kocht ihn ſo weit ein, bis eine auf Blech gegoſſene Probe zu einer harten Maſſe erſtarrt. Man pflegt ihn hierauf in Blechformen zu gießen und nach dem Erſtarren in Tafeln zu ſchneiden, die man ſchließlich bei gelinder Wärme völlig austrocknet. *T. F. Hanauſek.*

Gelatinedynamit, ſ. Sprengſtoffe.

Gelatineemulſionen, photographiſche (ſ. a. Bromſilbergelatine). Löſt man Bromkalium in einer wäſſerigen, ziemlich konzentrierten Gelatinelöſung auf und fügt Silbernitrat hinzu, ſo bildet ſich das entſtehende Bromſilber zuerſt in kolloidaler Form. Beim längeren Erwärmen bildet ſich zuerſt feinpulveriges, ſpäter feinkörniges Bromſilber, wobei gleichzeitig die Empfindlichkeit gegen Licht (bei Anwendung des photographiſchen Entwicklungsverfahrens) weſentlich ſteigt. Gelatineemulſionsplatten ſind die empfindlichſten Präparate, die man kennt. Sie geben ſchon nach Einwirkung einer minimalen Lichtmenge von ca. 0,1, ja ſogar 0,02 Meterkerzenſekunden mit photographiſchen Entwicklern einen entwicklungsfähigen Lichteindruck.

Literatur: Eder, Ausführl. Handbuch der Photographie, 5. Aufl., Bd. 3, Halle a. S. 1903; Miethe, Lehrbuch der praktiſchen Photographie, 2. Aufl., Halle a. S. 1902; Vogel, Handbuch der Photographie, 4. Aufl., Bd. 3, Berlin 1894; Abney, Treatise on Photography, 10. Aufl., London 1901; Schaum, Struktur der Negative, Marburg a. L. 1900. *J. M. Eder.*

Gelatinieren, eine in der Buntpapierfabrikation, übrigens auch in andern Gewerbezweigen angewendete Arbeit, mittels welcher Buntpapier u. ſ. w. mit einem aus Gelatine (ſ. d.) beſtehenden Ueberzug verſehen wird, der demſelben ein porzellanartiges Ausſehen verleiht; ſ. Buntpapierfabrikation. *Kraft.*

Gelatinographie, im allgemeinen die Herſtellung von gemuſterten Druckplatten für die Buchdruckpreſſe mittels einer Gelatinekompoſition, wofür ſich am beſten die zum Guß von Buchdruckwalzen verwendete Maſſe (ſ. Walzenmaſſe) eignet.

Man verwendet ſolche Platten hier und da zum Druck von Untergründen und erzeugt ſie, indem man geprägtes Papier oder dergl. auf eine glatte Fläche ſpannt, es leicht einölt, dann mit einem feſten Rahmen umgibt und hierauf die geſchmolzene Gelatine- oder Walzenmaſſe in die ſo gebildete Form bis zur Stärke von ca. 16 mm gießt. Die erkaltete Maſſenplatte wird auf einen Holzblock geleimt und kann eine ſehr beträchtliche Druckauflage aushalten. Waſchen mit Waſſer oder Lauge iſt natürlich unzuläſſig.

Gelatinographie wird im beſonderen ein von Baron Schwarz-Senborn erfundenes Verfahren zur Herſtellung von Druckplatten genannt, bei dem man aus mit etwas ſchwefelſaurem Baryt und Alaun vermiſchtem Gips einen dünnen Brei bildet, den man mit einem breiten Haarpinſel auf eine polierte Zink- oder Glastafel, die ſchwarz lackiert werden können, um die radierten Stellen deutlich hervortreten zu laſſen, gleichmäßig 1 mm dick aufträgt und trocknen läßt. Mittels einer ſcharfen Nadel radiert man die Zeichnung in die Gipsſchicht. Größere Stellen, die im Druck weiß bleiben ſollen, überhöht man durch nochmaligen Gipsanſtrich, und verfährt im übrigen beim Einguß der Walzenmaſſe wie oben angegeben. Die Druckplatte kann, um ihr größere Haltbarkeit zu geben, vor dem Druck mit gerbenden Löſungen gehärtet werden (vgl. Glasdruck).

Ein ganz ähnliches Radierverfahren hat man Gipſographie genannt; es unterſcheidet ſich von der Gelatinographie dadurch, daß man den Abguß nicht aus Walzenmaſſe, ſondern aus Schriftmetall im Stereotypierinſtrument (ſ. Stereotypie) herſtellt. Beide Verfahren, die Gelatinowie die Gipſographie, ſind zur Herſtellung feiner Illuſtrationen nicht geeignet. *A. W. Unger.*

Gelb, amerikaniſches, ſ. Chromfarben (Chromgelb).

Gelbbleierz, Wulfenit, ein Mineral, molybdänſaures Blei $PbMoO_4$ (61,4 % PbO, 38,6 % Mo_3), kriſtalliſiert tetragonal, meiſt tafelartig oder kurz ſäulenförmig, auch derb und körnig. Farblos oder gelb, fett- bis diamantglänzend, durchſichtig. Spröd bis mild. Härte 3, ſpez. Gew. 6,3—6,9. Leicht ſchmelzbar und von Säuren angreifbar. Nicht häufig und daher techniſch unwichtig. *Loppla.*

Gelbbrennen, Blankmachen von Meſſing-, Tombak- oder Bronzegegenſtänden mittels Säuren.

Das Metall wird wenige Sekunden der Einwirkung ſtarker Salpeterſäure oder einer Miſchung von 2 Teilen Salpeterſäure und 1 Teil engliſcher Schwefelſäure ausgeſetzt. Ein andres Verfahren beſteht darin, daß die vorgebeizten Gegenſtände erſt in verdünnter Salpeterſäure, ſodann wenige Minuten in ſtarker Salpeterſäure gebeizt werden. Hat die anfangs auftretende Gasentwicklung faſt aufgehört, ſo werden die Gegenſtände einen Augenblick der Einwirkung ſtarker Salpeterſäure unterworfen und darauf in reinem Waſſer geſpült und weiter bearbeitet. *Dalchow.*

Gelberde (Ambergergelb, gelber Ton, Tünchgelb), Ockerart, an manchen Orten in Geſtalt derber Maſſen, ſeltener in dickſchieferigen Ablagerungen vorkommend; von hellgelber Farbe, feinerdigem, meiſt glanzloſem Bruch, ent-

hält Kieſelſäure, Eiſenoxyd und Waſſer, iſt mit einer bedeutenden Menge von Quarzſand verunreinigt, dient zum Tünchen der Häuſer und als Leimfarbe, ſeltener als Oelfarbe. *Andés.*

Gelbes Ultramarin, ſ. Zinkgelb.

Gelbguß, ſ. Meſſing.

Gelbholz, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, 8., und Nutzhölzer.

Gelbkompoſition, aus Zinnchlorür und ſchwefelſaurem Zinnoxydul beſtehende Beize zum Gelbfärben mit Quercitron. *Andés.*

Gelbkupfer, ſ. Meſſing.

Gelbſchoten, chineſiſche, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, 19.

Gelbſieden der Goldwaren, ſ. Goldarbeiten.

Gelbwurz (Gilbwurz), ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, 2.

Geldſchränke, die beweglichen Möbel, die zur Aufbewahrung von Wertgegenſtänden dienen und ſowohl gegen Einbruch als auch gegen Feuersgefahr eine gewiſſe Sicherheit bieten ſollen.

Die im 16.—18. Jahrhundert beſonders in Deutſchland viel gebauten Truhen ſind als Vorläufer derſelben anzuſehen; ſie waren mit einem um eine horizontale Achſe drehbaren Deckel, in dem ſich auch das Schloß befand, verſehen und entweder aus Holz mit Eiſen beſchlagen oder ganz aus Eiſen gefertigt (Fig. 1). Die erſte feuerſichere Kaſſe in modernem Sinne hat 1834 William Marr in London [1] nach dem Prinzipe gebaut, daß zwei verſchieden große Kaſten ineinander gefetzt wurden, ſo daß ein Zwiſchenraum blieb, der mit irgendeinem ſchlechten Wärmeleiter ausgefüllt worden iſt; auch die Tür wurde mit einem ſolchen Kaſten verſehen. 1840 erhielt Thomas Millner darauf ein Patent, daß er zum Füllen des Zwiſchenraums, ſtatt wie bisher geſtoßenen Marmor, Porzellan, Ton u. ſ. w., alkaliſche Salze (z. B. Alaun in trockenem Zuſtande) verwendete, die im Falle des Erhitzens

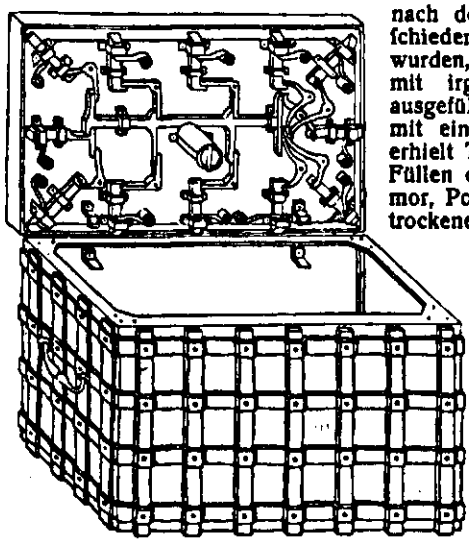


Fig. 1.

Fig. 2.

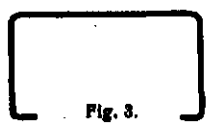


Fig. 3.

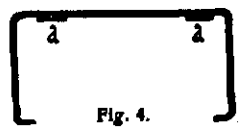


Fig. 4.

Waſſerdämpfe entwickelten. Von England aus verbreitete ſich der Geldſchrankbau auf den Kontinent, wo 1852 Franz Wertheim in Wien die erſte Fabrik feuerfeſter Geldſchränke in Oeſterreich errichtete.

Jeder gute Geldſchrank muß einbruchſicher, feuerſicher und falliſicher ſein, welche Eigenſchaften abhängig ſind von der Güte und Stärke des Materials, von der Konſtruktion, von der Art des Füllungsmaterials und von dem Schloſſe. Früher wurde der Mantel der Geldſchränke faſt ausſchließlich durch Vermittlung von Winkeleiſen gebildet, welche die fünf Seitenplatten zuſammenhielten. In neuerer Zeit iſt man bemüht, mehrere Seitenwände, bezw. den ganzen Geldſchrank mit Ausnahme der Tür aus einem Stück Blech herzuſtellen und die Teile ſtatt zu nieten zu ſchweißen.

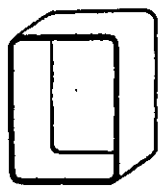


Fig. 5.

Um den Mantel auch bei der Verwendung von Winkeleiſen glatt und ohne Vorſprünge zu erhalten (vgl. Fig. 11 und 13), wird dem Winkeleiſen eine eigentümliche Form (Fig. 2) gegeben. Die über die Ecken gebogenen Mäntel der Geldſchränke (Fig. 3) werden meiſtens einſchließlich der Nietlöcher in den Handel gebracht [4], während bei ſehr großen Schränken die Trennungsfuge der drei Seitenwände nicht wie früher in die Ecken, ſondern nahe an den Rand der Hinterwand verlegt werden und eine Verbindung durch ſtarke Laſchen *a* (Fig. 4) bewirkt wird. Statt dieſer drei Seitenflächen kann man auch die beiden Seitenwände, Boden und Decke des Geldſchrankes aus einem Stück langen Bleches biegen (Fig. 5) und die Verbindung durch Schweißen bewirken. Werden ſtatt der Nieten Schrauben verwendet, ſo darf deren Kopf nie außen liegen oder muß nach dem Gebrauche abgehauen und abgefeilt werden. Mit der Blechſtärke ſollte man nie unter 5 mm herabgehen. Bei größeren Schränken empfiehlt es ſich, neben dem Stahlpanzer Bleche von 8—10 mm Stärke zu verwenden. Um den Mantel eines Geldſchrankes auch gegen Bohrwerkzeuge widerſtandsfähig zu machen, verwendet man Stahl- oder Panzerplatten, die meiſtens aus aufeinander gewalzten Schichten aus Eiſen und Stahl hergeſtellt werden, um dadurch die dem Stahle eigentümliche Sprödigkeit zu mindern. Außer dieſen glatten Stahlpanzern hat man auch beſondere Konſtruktionen erſonnen, um den Inhalt eines Schrankes wirkſam zu ſchützen, ſo z. B. die Rippenpanzer von S. Chatwood in

Bolton, die Stabpanzer von C. Hartbrich in Berlin, die Wellblechpanzer von E. de Simon in Düſſeldorf, die Doppelrippenpanzer von G. Fuhrmann in Berlin, die Scheibenpanzer von R. Neumann in Königsberg, die Rollenpanzer von J. G. König in Berlin u. ſ. w. [2]. Auch der innere Mantel, wie überhaupt der ganze Geldſchrank muß ſolid und genau gearbeitet ſein, wenn er ſeinen Zweck erfüllen ſoll. Der innere Mantel, häufig aus einem Stück über die Ecken gebogen, wird bei großen und ſtarken Schränken noch durch einen zweiten Panzer geſchützt, der dann natürlich auf der der Füllung zugekehrten äußeren Seite liegt. Für die Lieferung von Stahlpanzern kommen außer einigen Spezialwerken für große Fabriken hauptſächlich die beiden Firmen **Eickens & Cie.** in Hagen und F. B. Knittel in Sheffield in Frage.

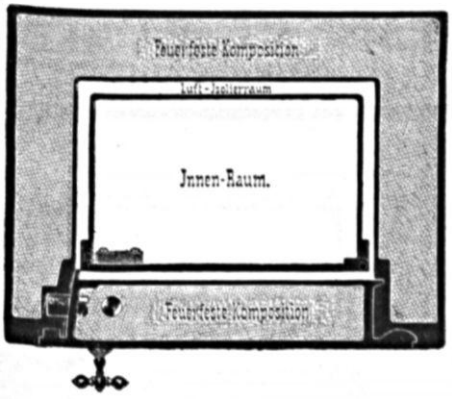


Fig. 6.

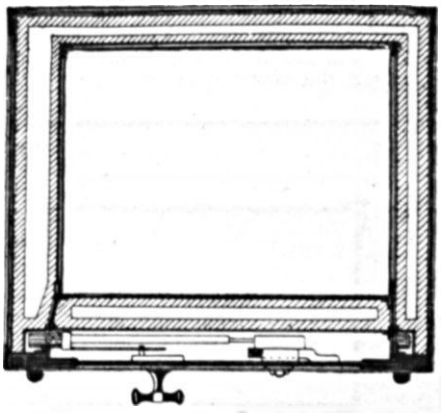


Fig. 7.

Für die Feuerſicherheit von größter Bedeutung iſt das Füllungsmaterial, das ein ſchlechter Wärmeleiter ſein muß: Kreide, Holzkohlenaſche, Infuſorienerde, Schlackenwolle u. ſ. w. Soll die Füllung ihren Zweck erfüllen, ſo muß ſie mindeſtens 70—80 mm, bei größeren Schränken nicht unter 100 mm ſtark ſein. Vor dem Einbringen der Füllung müſſen die Seiten des Mantels, die mit dem Füllungsmaterial in Berührung kommen, durch einen kräftigen Mennigeanſtrich geſchützt werden, beſonders wenn alkaliſche Salze, die Waſſer abgeben, benutzt werden. Um die Feuerſicherheit zu erhöhen, werden ſogenannte Brandkaſten angewendet (Fig. 6 und 12), die mit dem inneren Schrankmantel möglichſt wenig in Berührung kommen, wodurch eine trennende Luftſchicht geſchaffen wird. St. Sommermeyer in Aachen verlegt dieſe Luftſchicht in den eigentlichen Füllungsraum (Fig. 7), indem derſelbe ein plattenförmiges, feſtes Iſoliermittel (D.R.G.M. Nr. 14309) verwendet, wodurch die Möglichkeit geboten wird, außerdem noch einen Brandkaſten zu benutzen, deſſen Tür bei dem Buldoggſyſtem (D.R.P. Nr. 29916) mittels Federn an einen vorſpringenden Rand des innerſten Kaſtens gepreßt wird. R. Tanczos-Wien IX verwendet ſtatt der Aſchenfüllung 2—3 cm ſtarke feuerſicher imprägnierte Holzwände, die im Innern der Kaſſe die Verſchalung bilden, ſo daß dadurch eine Gewichtsverminderung und ein Raumgewinn bewirkt wird.

Fig. 8.

Für den ſchwächſten Teil eines jeden Geldſchrankes, die Tür, gibt es, abgeſehen von andern Konſtruktionen [1], [3], [4], hauptſächlich drei Formen: die Säulenkonſtruktion, die vertieft liegenden Türen und die glatten Türen. Bei jedem guten Geldſchrank hat die Angel oder das Türgehänge nur die Bewegung der Tür zu vermitteln. Zum Verſchluß werden außer den nach allen vier Seiten wirkenden Riegeln noch ſogenannte ‚Hunde' verwendet, das ſind Bolzen mit oder ohne Köpfe, die ſich in den Türrahmen einſchieben. Zur Herſtellung des Tür- und Bruſtrahmens verwendet man beſondere Rahmeneiſen (Fig. 2 und 8). Der Feuerfalz, beſtimmt, einen dichten Schluß der Türe zu bewirken, muß ſtets blank gehalten werden; derſelbe kann ein zwei- oder dreifacher ſein. Bei guter Konſtruktion muß die vordere Kante des Türumſchweifes und auch die entſprechende Kante des Bruſtrahmens nach einem Kreisbogen gekrümmt ſein, deſſen Mittelpunkt in der Drehachſe der Tür liegt.

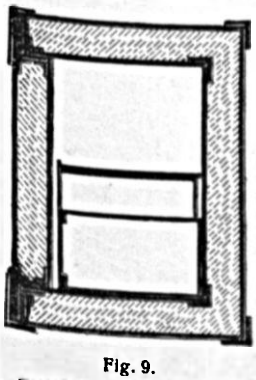


Fig. 9.

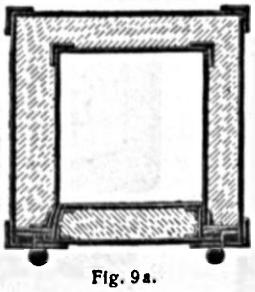


Fig. 9a.

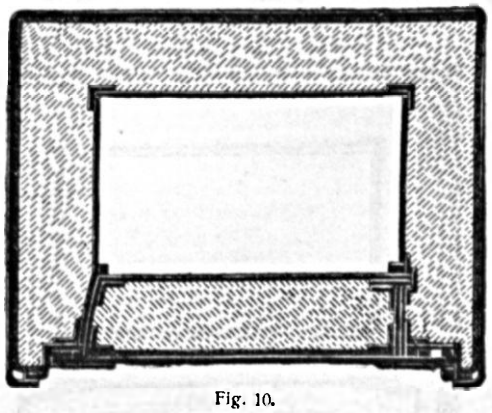


Fig. 10.

Bei der Säulenkonſtruktion (Fig. 9 und 9a) liegt die Drehachſe der Tür außerhalb der Vorderfläche derſelben, weshalb leicht eine Drehung der Tür um 180° bewirkt werden kann, d. h. die Tür geht ganz herum. Die Geldſchränke mit vertieft liegenden Türen (zuerſt von C. Ade in Berlin eingeführt) erfreuten ſich früher einer ſehr großen Beliebtheit. Zur Konſtruktion der Tür (Fig. 10), deren Drehungsachſe tiefer liegt als die Vorderfläche derſelben, werden beſondere Rahmeneiſen (Fig. 8) verwendet. Zu den ganz glatten Geldſchränken werden auch jene gerechnet, die an der oberen und unteren Türkante je eine kleine halbzylindriſche Erhöhung tragen (Fig. 11), die zur Aufnahme des Türzapfens dienen; auch hier werden teilweiſe beſondere Rahmeneiſen verwendet. In neuerer Zeit gibt es Geldſchränke, deren Türen gar keine Erhöhungen tragen, bei denen die Drehungsachſe in den Schrank hinein verlegt wurde, die Trennungsfuge zwiſchen Tür und Schrank jedoch ſich an der Seitenfläche des Schrankes befindet. Um ein Herausreißen der Tür unmöglich zu machen, verſieht man dieſe an der Seite der Angel mit einem oder mehreren Vorſprüngen, die in den Türrahmen eingreifen, wodurch

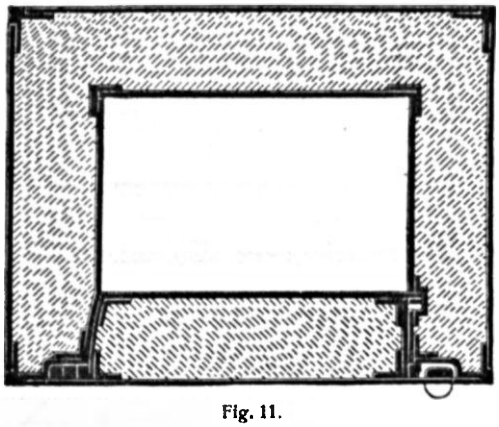


Fig. 11.

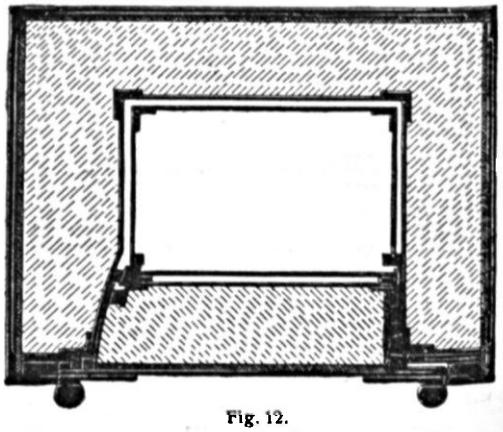


Fig. 12.

die ſogenannten Hinterfaſſungen gebildet werden, wie z. B. bei den Schränken von Franz Leicher in München (Fig. 12); hier ſind auch die Winkeleiſen mit Unterſchneidungen benutzt, wodurch nicht nur eine Maskierung der Ecken bewirkt wird, ſondern der Geldſchrank auch glatte Wände erhält. Um ein Hineintreiben von Stemmeiſen in die Fuge zwiſchen Tür und Rahmen unwirkſam zu machen, werden die Rahmeneiſen treppenförmig geſtaltet, wie z. B. bei der Konſtruktion „Ideal“ (Fig. 13) der Panzer-Aktiengeſellſchaft für Geldſchranktreforbau in Berlin N. 20 und bei dem Klauenſtufenfalz (Fig 14) von S. J. Arnheim in Berlin N. 20. Bemerkenswert ſind auch die von C. Götz & Cie. in Stuttgart (Fig. 15) eingeführten Schraubenriegel, bei denen durch Drehung des Griffes durch Vermittlung eines Kegelgetriebes ſtarke Riegel mit Schraubengewinde ſich in den Türrahmen hineinſchrauben. — Ganz ſchwere Geldſchränke für Banken und öffentliche Kaſſen erhalten für die Tür Doppelgelenkbänder mi Exzenterhebelvorrichtung (Fig. 16), um die Tür vollkommen luftdicht einpreſſen zu können; zun bequemen Ein- und Ausſchieben in das Panzergewölbe wird de Schrank mit Rädern verſehen.

Fig. 13.

Fig. 14.

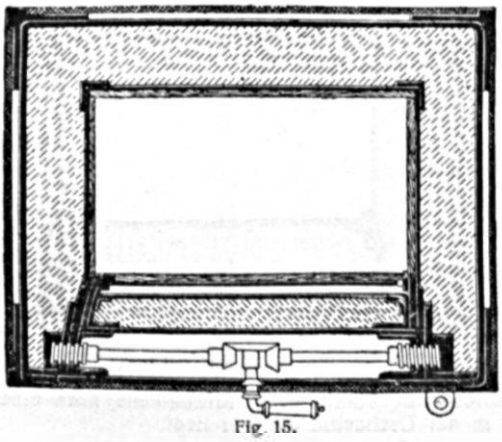


Fig. 15.

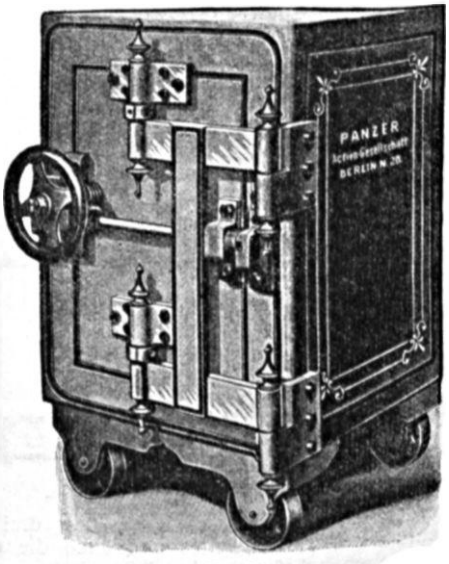


Fig. 16.

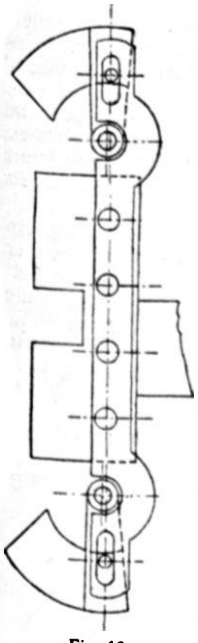


Fig. 18.

Das Schloß eines Geldſchrankes muß möglichſt ſtark gebaut ſein, ſoll aber nur einen kleinen Schlüſſel haben; dieſer wird meiſtens nur zum Einſtellen der Zuhaltungen (ſ. Schloß) benutzt und die Bewegung der Riegel durch einen beſonderen Drehgriff bewirkt. Für Geldſchränke werden nur ſogenannte Sicherheitsſchlöſſer [2], die in die Gruppe der Chubb-, Brahma- und Stechſchlöſſer gehören, verwendet. Große Geldſchränke, beſonders bei öffentlichen Banken, erhalten zumeiſt zwei, manchmal auch mehr Schlöſſer, ſo daß nur dann ein Oeffnen möglich wird, wenn ſämtliche Schlüſſelinhaber gleichzeitig anweſend ſind. Um das ſtets gefährliche Schlüſſelloch ganz zu vermeiden, werden auch ſogenannte Vexier- oder Kombinationsſchlöſſer (ſ. Schloß) gebaut, die trotz ihrer mancherlei Nachteile immer mehr Verbreitung gewinnen. Aehnliche Geſichtspunkte führten zu der Konſtruktion der ſogenannten Zeitſchlöſſer, bei denen ein Oeffnen des Schrankes nur dann ſtattfinden kann, wenn eine beſtimmte, vorher feſtgeſetzte Zeit eingetroffen iſt (Fig. 17). Außer dem möglichſt ſtarken Riegelwerk eines jeden Geldſchrankſchloſſes (in England verwendet man auch ſogenannte Diagonalriegel, die ſich unter einem Winkel von 45° bewegen) werden auch Hakenriegel (Fig. 18) verwendet, die einen beſonders feſten Verſchluß bewirken. Jedes Geldſchrankſchloß hat außerdem eine ſogenannte Tagesfalle, die beſtimmt iſt, einen vorübergehenden Verſchluß zu bewirken.

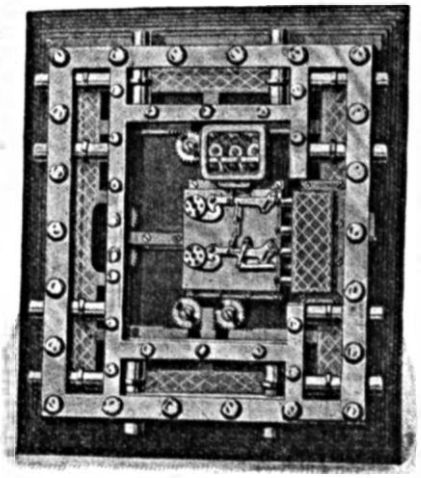


Fig. 17

Die äußere Form der Geldſchränke iſt faſt ausſchließlich die parallelepipediſche; je nach der Größe erhält der Schrank einen entſprechenden Unterſatz, der unter Umſtänden auch als Schrank ausgebildet wird und zweckmäßiger aus Eiſen ſtatt aus Holz hergeſtellt wird. Kleine und mittlere Geldſchränke erhalten eine Tür, große jedoch Flügeltüren, die manchmal auch noch der Höhe nach geteilt werden. In neuerer Zeit werden vielfach für Privatperſonen beſtimmte Geldſchränke in Möbelform hergeſtellt, wobei jedoch darauf zu achten iſt, daß der eigentliche Schrank nicht mit zuviel Holz als feuergefährlichem Material umgeben wird. Die innere Einrichtung eines Geldſchrankes iſt je nach dem beſonderen Zwecke eine ſehr verſchiedene; doch werden in der Regel meiſtens zwei Abteilungen angeordnet, von denen die eine durch eine beſondere Tür verſchloſſen werden kann. Zweckmäßig iſt die Anbringung eines herunterklappbaren oder hineinzuſchiebenden Zahlbrettes; dagegen iſt die Anordnung eines beſonderen Geheimfaches nicht zu empfehlen. — Zu den Geldſchränken gehören auch die Geldkaſſetten

Fig. 19.

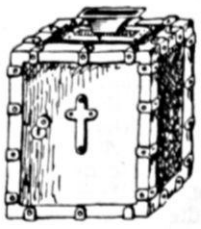


Fig. 21.

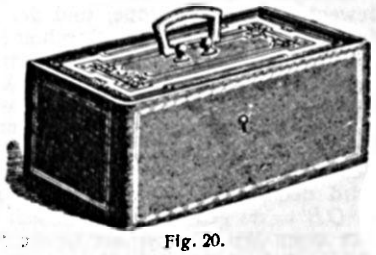


Fig. 20.

und Opferſtöcke. Die Geldkaſſetten ſind kleine, aus 1½—3 mm ſtarkem Eiſenblech gefertigte Truhen, deren Deckel ſich um eine horizontale Achſe dreht; der Deckel ſteht entweder an allen Seiten über den Mantel vor (Fig. 19) oder derſelbe liegt vertieft (Fig. 20). Die Opferſtöcke (Fig. 21) ſind den Geldſchränken ähnlich gebaut, brauchen jedoch meiſtens keine ſo ſtarke Füllung; dagegen muß wegen der Einbruchsgefahr für beſonders ſtarke Wände geſorgt werden.

Literatur: [1] Buch der Erfindungen, 9. Aufl., Bd. 6, Leipzig 1900. — [2] Hoch, J., Der Geldſchrankbau, Dresden 1896. — [3] Derſ., Die neueren Sicherheitsſchlöſſer, Berlin 1891. — [4] Derſ., Technologie der Schlofferei, Bd. 1, Leipzig 1899. — [5] Derſ., Der praktiſche Schloſſer, 2. Aufl., Leipzig 1906. — S. a. Treſor.

Jul. Hoch.

Geldſorten, ſ. unter den Einzelartikeln (Dollar, Dukaten, Frank u. ſ. w.).

Gelenk. Zwei Körper, die beweglich, insbeſondere drehbar, miteinander verbunden ſind, bilden ein Gelenk. Die beiden Körper heißen die Glieder des Gelenkes.

Sind die beiden Glieder S, Σ in Fig. 1 derart verbunden, daß ſich ein Vollzylinder des Gliedes S in dem entſprechenden Hohlzylinder des Gliedes Σ dreht, oder werden dieſe

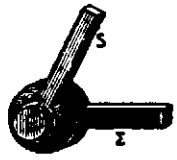


Fig. 1.

Fig. 2.

Zylinderflächen allgemeiner durch koaxiale Rotationsflächen erſetzt, dann bilden dieſe beiden Glieder ein Achſengelenk. Sind in Fig. 2 die beiden Glieder S, Σ derart verbunden, daß eine Kugel des Gliedes S in zwei entſprechenden kleinen konzentriſchen Kugelhauben oder in einer dieſe Kugel genügend umfaſſenden Kugelhaube das Glied Σ berührt, dann bilden die beiden Glieder ein Kugelgelenk. Im weiteren Sinne kann auch ein Gelenk durch drei Körper gebildet werden, von denen zwei derſelben durch den dritten beweglich verbunden ſind, wie z. B. bei dem

Cardaniſchen Gelenk. In Fig. 3 iſt in der am meiſten vorkommenden Geſtaltung ein Cardaniſches Gelenk dargeſtellt. An einem Ring R ſind in rechtwinkligen Durchmeſſern die vier Zapfen $AA'BB'$ befeſtigt, ſo daß AA' und BB' zwei rechtwinklige Achſen bilden. Die Achſe AA' iſt in dem Bügel a gelagert, der ſich mit der im feſten Lager $\mathfrak{A}$ befindlichen Welle dreht; die Achſe BB' iſt in dem Bügel b gelagert, der ſich mit der im feſten Lager $\mathfrak{B}$ befindlichen Welle dreht, und die Wellenachſen a, b ſchneiden ſich in dem Mittelpunkt O des Ringes R. Wenn die eine Welle gleichförmig gedreht wird, ſo dreht ſich durch dieſe gelenkige Verbindung auch die andre Welle, aber nicht gleichförmig, und es wird demnach durch das Cardaniſche Gelenk bei zwei ſich ſchneidenden Wellenachſen eine Drehung von einer Welle auf eine andre übertragen. Werden die Achſen AA', BB' in der Kreuzform $AA'BB'$ als Zwiſchenglied hergeſtellt, ſo wird durch dieſes Glied der Ring R erſetzt und kann weggelaſſen werden. In theoretiſcher Hinſicht geſtaltet ſich das Cardaniſche Gelenk einfacher, wenn wir das kreuzförmige Glied durch ein winkelförmiges Glied AOB oder durch das Viertelſtück AB des Ringes R erſetzen und von jedem Bügel nur den einen Arm verwenden, in dem bezw. die Achſen AO, OB gelagert ſind.

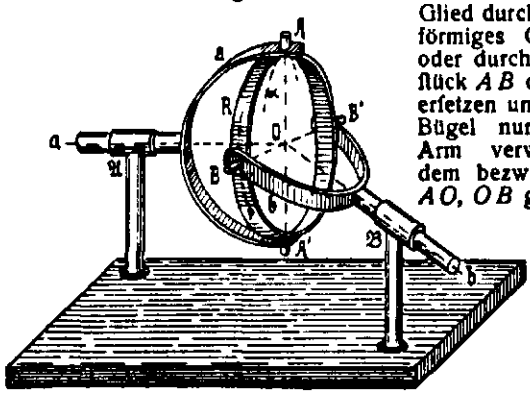


Fig. 3.

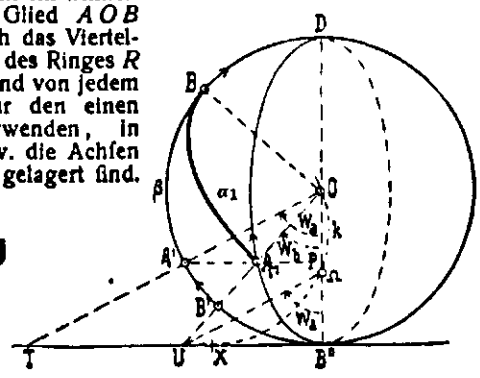


Fig. 4.

Um den Drehungsvorgang der Wellen zu veranſchaulichen, denken wir uns um den Punkt O als Mittelpunkt eine Kugelfläche, welche die Achſen OA, OB in den Punkten A, B ſchneidet; dann bewegen ſich die durch den Viertelbogen AB eines größten Kugelkreiſes verbundenen Punkte A, B bezw. auf den größten Kugelkreiſen α, β, deren Ebenen bezw. auf den Wellenachſen a, b ſenkrecht ſind. Iſt in Fig. 4 der größte Kugelkreis β, auf dem ſich der Punkt B bewegt, in wahrer Größe, und der größte Kugelkreis α, auf dem ſich der Punkt A bewegt, durch eine Ellipſe α_1 in ſenkrechter Projektion dargeſtellt, dann wird die im Kugelmittelpunkt O auf OB ſenkrechte Ebene durch eine Gerade OU dargeſtellt, die einerſeits die Ellipſe α_1 im Punkt A_1 und den Kreis β im Punkt B' ſchneidet; und dieſer Punkt B' bewegt ſich auf dem Kreiſe β ebenſo wie der Punkt B, weil der Bogen AB oder der Winkel $A_1OB = 90^0$ konſtant iſt. Denken wir uns den Kreis α um den Durchmeſſer B^0D gedreht, ſo daß derſelbe mit dem Kreiſe β zuſammenfällt, und ziehen wir A_1A' ſenkrecht zu B^0D, dann gelangt der Punkt A, deſſen Projektion A_1 iſt, nach A'. Rotiert alſo der Punkt B' von B^0 ausgehend auf dem Kreiſe β, wird demnach die Welle b, die auf der Ebene des Kreiſes β ſenkrecht iſt, um den Winkel $B^0OB' = w_b$ gedreht, ſo dreht ſich die Welle a, die auf der Ebene des Kreiſes α ſenkrecht iſt, um einen Winkel von der Größe $B^0OA' = w_a$. Bezeichnet c den Winkel, den die Wellenachſen einſchließen, oder den gleichen Winkel, den die Kreisebene α mit der Kreisebene β bildet, und iſt P der Fußpunkt der auf B^0D Senkrechten $A'A_1$, ſo ergibt ſich: $\cos c = A_1P : A'P$. Bezeichnen T, U die Schnittpunkte, welche die Geraden OA', OB' mit der auf B^0D Senkrechten B^0T bilden; ziehen wir zu TO die Parallele $U\Omega$, bis an B^0D, dann iſt der Winkel $B^0\Omega U = w_a$, und

$$\frac{\Omega B^0}{OB^0} = \frac{UB^0}{TB^0} = \frac{A_1P}{A'P} = \cos c.$$

Wird auf OB^0 der Punkt Ω ſo beſtimmt, daß $\Omega B^0 : OB^0 = \cos c$ iſt, dann entſpricht einem Drehungswinkel $B^0\Omega U = w_a$ der Welle a der Drehungswinkel $B^0OU = w_b$ der Welle b, und umgekehrt. Konſtruieren wir den Kreis k, der durch die Punkte $O\Omega$ geht und die Gerade B^0T in einem Punkt X berührt, dann ergeben ſich durch OX, ΩX die Drehungswinkel B^0OX, $B^0\Omega X$, bei denen die Winkeldifferenz $w_a - w_b$ am größten iſt; und der Symmetrie entſprechend treten vier ſolche Lagen während einer Umdrehung der Wellen auf. Durch dieſe graphiſche Beziehung wird der Drehungsvorgang der beiden Wellen am einfachſten veranſchaulicht. Ferner ergibt ſich, weil $\operatorname{tg} w_a = \frac{B^0U}{\Omega B^0}$, $\operatorname{tg} w_b = \frac{B^0U}{OB^0}$, $\cos c = \frac{\Omega B^0}{OB^0}$ iſt, die Gleichung $\frac{\operatorname{tg} w_b}{\operatorname{tg} w_a} = \cos c$.

Wenn die eine Welle ſich gleichförmig dreht, ſo vergrößert ſich hiernach die Ungleich-

förmigkeit der Drehung der andern Welle mit der Vergrößerung des konſtanten Winkels c bis 90°, und beide Drehungen ſind nur dann gleich, wenn $c = o$, die Wellenachſen alſo in einer Geraden liegen. Die Vergrößerung des Winkels c iſt aber durch die praktiſche Ausführung und Verwendung beſchränkt und kann in der Regel 30° nicht überſchreiten. — Um das veränderliche Verhältnis der Drehgeſchwindigkeiten v_a, v_b der beiden Wellen a, b zu erhalten, differenzieren wir jene Gleichung, und es ergibt ſich

$$\frac{d w_b}{\cos^2 w_b} = \cos c \frac{d w_a}{\cos^2 w_a}.$$ Demnach iſt $$\frac{v_b}{v_a} = \frac{d w_b}{d w_a} = \frac{\cos c \cdot \cos^2 w_b}{\cos^2 w_a} = \frac{\cos c}{1 - \sin^2 c \cdot \sin^2 w_a}.$$

Dieſes Verhältnis erreicht für $\sin w_a = \pm 1$ ſeinen größten Wert $1 : \cos c$ und für $w_a = o$ ſeinen kleinſten Wert $\cos c$ [1].

Betrachten wir in Fig. 3 das Bügelglied $b\,b$ als feſt, das Bügelglied $a\,a$ aus dem Lager $\mathfrak{A}$ genommen und als frei herabhängend, dann erhalten wir die ſogenannte Cardaniſche Aufhängung (vgl. Aufhängung, Bd. 1, S. 352), der man dieſen Namen mit Unrecht gegeben hat, denn Cardano [2] ſelbſt erwähnt dieſe Aufhängung als eine alte bekannte Vorrichtung. Dieſe Aufhängung befindet ſich in dem Album von Villard de Honnecourt [3] aus dem 13. Jahrhundert; und Berthelot [4] erwähnt das Vorkommen derſelben in einer Handſchrift „Mappae clavicula“ aus dem 12. Jahrhundert. Nach der Cardaniſchen Aufhängung iſt das Cardaniſche Gelenk benannt, das auch Cardaniſche Kupplung heißt. Ferner ſind hierfür auch die Benennungen Univerſalgelenk, Hookſches Gelenk und Hookſcher Schlüſſel gebräuchlich.

Literatur: [1] Weisbach-Herrmann, Ingenieur- und Maſchinenmechanik, Braunſchweig 1876, 3. Teil, Abt. 1, S. 146; Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, Bd. 2, S. 157, Leipzig 1883. — [2] Cardanus, De subtilitate, Lugduni 1554; Lib. XVII, De artibus artificiosisque rebus, S. 611. — [3] Laſſus, J. B. A., Album de Villard de Honnecourt, Paris 1858, S. 10, Blatt 16. — [4] Comptes rendus de l'Académie, Paris 1890, Heft 11, S. 940.

Burmeſter.

Gelenkauflager durchgehender Träger. Wird über einer Stütze eines durchgehenden Trägers ein Gelenkviereck angeordnet, ſo iſt dadurch eine ſtatiſche Bedingung gegeben, welche die Zahl der unbekannten Auflagerkräfte um eine vermindert. Es laſſen ſich hiernach auch vollkommen ſtatiſch beſtimmte Anordnungen durchgehender Balken- und Bogenträger aufſtellen, wofür die beiſtehenden Figuren Beiſpiele geben.

Jedem aufgelagerten Gelenkvierecke entſprechen zwei imaginäre Gelenke $0_1\,0_2$ bezw. $0_3\,0_4$ in den angrenzenden Trägerteilen, deren Lage ſich durch den Schnitt der Auflagerkräfte mit der Richtungslinie des Gelenkdruckes beſtimmt. Jeder Trägerteil verhält ſich für ſeine eigne Belaſtung ſo, wie wenn die Stützpunkte in dieſe imaginären Gelenke verlegt wären. Fig. 1 und 2 zeigen einen ſtatiſch beſtimmten kontinuierlichen Balkenträger mit zwei bezw. drei Oeffnungen; Fig. 3 einen Dreigelenkbogen mit ſeitlich ausgekragten und aufgelagerten Armen. In den Figuren iſt die Konſtruktion der Einflußlinien der Auflagerkräfte angegeben.

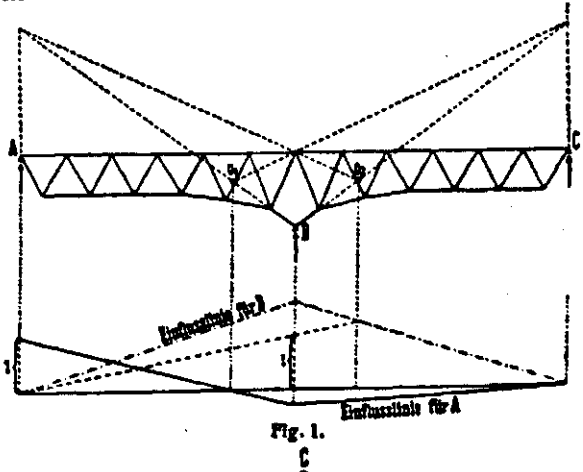


Fig. 1.

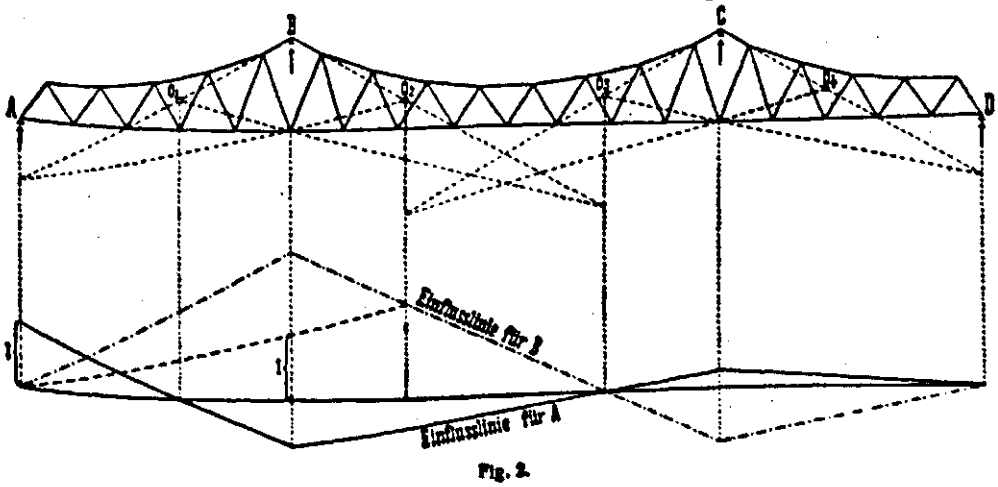


Fig. 2.

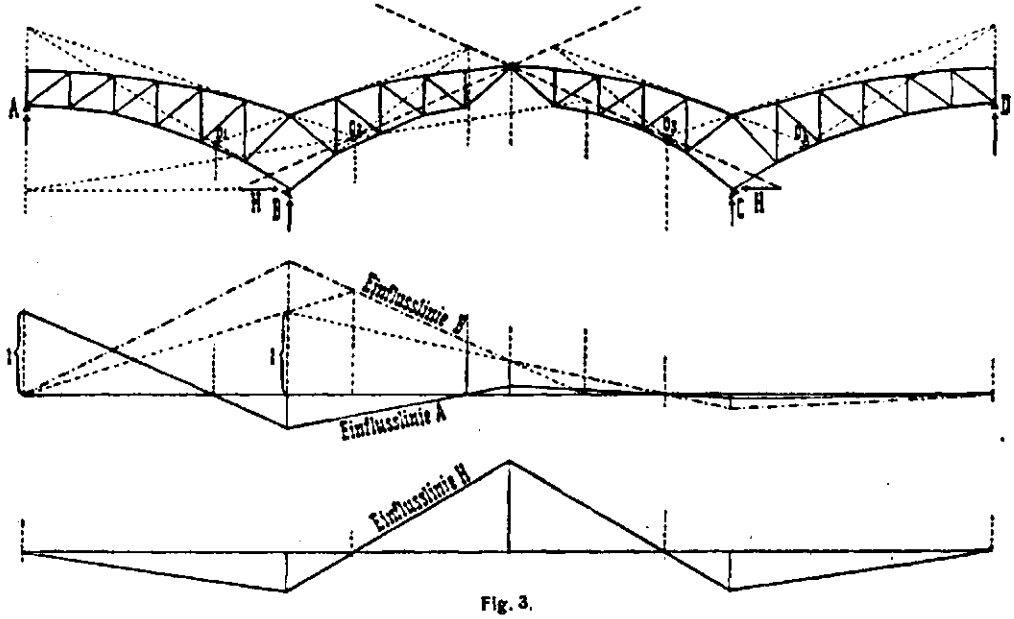


Fig. 3.

Literatur: Zdenek Bazant, Statiſch beſtimmte durchgehende Fachwerksträger, Bulletin international de l'Académie des Sciences de Bohême, Prag 1905. *Melan.*

Gelenke bei Ingenieurkonſtruktionen werden aus verſchiedenen Gründen verwendet; meiſt kommt jedoch in Betracht, daß die auf das Gelenk übertragene Kraft im Falle des Gleichgewichts und abgeſehen von der Reibung durch die Gelenkachſe bezw. durch den Gelenkmittelpunkt geht, weil ſonſt infolge des auftretenden Kraftmoments eine Drehung angrenzender Konſtruktionsteile um das Gelenk eintreten müßte. Die durch die Reibung bedingten Abweichungen ſind ſelbſtverſtändlich im Auge zu behalten. Ueber die Berechnung der gebräuchlichen Gelenke vgl. Auflager, Bd. 1, S. 354, andre Anordnungen ſ. Gelenkkonſtruktion, Gelenkverbindung und [12].

In erſter Linie werden Gelenke angewendet, um den Angriffspunkt der Stützenreaktionen oder der Reaktionen verſchiedener Trägerſtücke (Scheiben) gegeneinander möglichſt wenig wechſeln zu laſſen. Dies kann ſchon mit Rückſicht auf die Tragfähigkeit und zuverläſſigere Berechnung der Stützen geboten ſein, von beſonderer Wichtigkeit aber erwies ſich die Anordnung von Gelenken, wenn es ſich darum handelte, Trägerarten, deren Stützenreaktionen durch Beziehungen der reinen Statik allein nicht beſtimmbar waren, in ſtatiſch beſtimmte Trägerarten oder in ſolche von geringerer ſtatiſcher Unbeſtimmtheit zu verwandeln (vgl. Träger). Hierdurch konnte die Berechnung der betreffenden Träger einfacher und zuverläſſiger geſtaltet, der Einfluß gewiſſer Temperaturänderungen und kleiner Stützenbewegungen verringert oder ausgeſchloſſen (letzteres bei ſtatiſch beſtimmten Trägerarten) und im Zuſammenhang damit auch eine Materialerſparnis erreicht werden.

Aus dieſen allgemeinen Geſichtspunkten, welche von Beginn der ſechziger Jahre an beſonders von Köpcke und nach ihm von Ritter vertreten wurden [1], [2], [11], [12], [21], haben ſeither Endgelenke und Zwiſchengelenke bei Balken, Bogen und Hängebrücken in wachſendem Maße Verwendung gefunden (ſ. Gelenkträger, Bogen, einfache und durchlaufende, Hängebrücken, feſte, u. ſ. w.). Vereinzelte Mißerfolge, wie mit den Dreigelenkbogen der früheren Moltkebrücke in Berlin [6] und der Maximilianbrücke in München [30] gaben Veranlaſſung, der Anwendbarkeit, Anordnung und Einbringung der Gelenke unter verſchiedenen Verhältniſſen mehr Aufmerkſamkeit zuzuwenden. Wie groß bei eiſernen Brücken der Einfluß gewiſſer Gelenke unter Umſtänden werden kann, geht z. B. daraus hervor, daß die gegenwärtigen Querſchnitte der älteren Coblenzer Brücke, der erſten Fachwerkbogen mit Endgelenken, bei feſtgeſpannten Enden nicht einmal gegenüber den Temperaturänderungen allein ohne Ueberſchreitung der zugelaſſenen Beanſpruchungen genügen würden [24], S. 121. 1880 wurde durch Köpcke das erſte Gewölbe mit Gelenken ausgeführt [11], und zwar bei einer Eiſenbahnbrücke. Die Gelenkwirkung war hierbei in der Weiſe angenommen, daß der letzte Gewölbequader eine etwas ſtärkere Krümmung nach außen als der anſchließende Kämpfer nach innen erhielt, wie dies ſpäter mehrfach, ſelbſt in Beton (Deutſche Bauzeitung 1896, S. 155, 310, und [31], 1. Abt., S. 299) zur Ausführung kam. Bei den in Württemberg durch Präſident v. Leibbrand bis zu 50 m Spannweite ausgeführten Gewölben mit drei Gelenken ſind letztere entweder durch Bleiplatten in den Mitten der Scheitelfugen und Kämpferfugen [10] oder durch mit gleichem Radius aufeinander gearbeitete Stahlſchienen gebildet [17]. Alle dieſe Gelenke wurden mit Zementmörtel vergoſſen, nachdem das Gewölbe unter der Einwirkung des Eigengewichts zur Ruhe gekommen war. Dies ſollte Gewähr dafür bieten, daß die Gelenke unverſehrt blieben, nachdem ſie dem über-

wiegenden Einfluſſe des Eigengewichts gegenüber ihre Dienſte geleiſtet hatten. Daran anſchließend wurde durch Landesbaurat Leibbrand in Sigmaringen das erſte Gewölbe mit offenen Metallgelenken ausgeführt [18] (Donaubrücke bei Inzigkofen, 43 m Spannweite, Gelenke aus Gußeiſen). Das bedeutendſte hierhergehörige Bauwerk bildet die neueſtens dem Verkehr übergebene Wallſtraßenbrücke über die Donau in Ulm (Lichtweite 65,45 m, Spannweite zwiſchen den vorgekragten Gelenken aus Martinſtahl 57 m [32]). S. a. Brücken, ſteinerne, Bd. 2, S. 346.

Neben den bis jetzt erwähnten Gelenken kommen ſolche in den Knotenpunkten von Fachwerken vor. Dieſelben wurden früher in Amerika allgemein angewandt (vgl. [3], [15], [16]), wobei in erſter Linie die leichtere Aufſtellung der Bolzenbrücken angeſichts der oft bedeutenden Entfernung von der Brückenbauanſtalt in Betracht kam. In Deutſchland ſind Knotengelenke von Fachwerken in den ſiebziger Jahren durch Gerber eingeführt und ausgebildet worden [7], wobei aber beſonders die möglichſte Vermeidung von Biegungsſpannungen maßgebend war. Derartige Nebenſpannungen (ſ. d.) entſtehen, wenn die reſultierenden Stabkräfte nicht wie bei reibungsloſen Gelenken in den Stabachſen wirken. Dem Einwande, daß auch bei reibenden Gelenken nicht unbedeutende Nebenſpannungen auftreten können, wurde entgegengehalten, die Reibung werde wohl durch Stöße und Erſchütterungen nach und nach ſo weit überwunden, daß bei der Belaſtung durch das Eigengewicht allein nahezu axiale Stabkräfte wirken, womit die Nebenſpannnungen nur noch der Verkehrslaſt entſprächen. Auch Gerber bemerkte, „daß die Fachwerkträger mit Gelenkknotenverbindungen nach der Montierung nicht ſofort die normale Lage annahmen, ſondern erſt nachdem eine verhältnismäßige Laſt, welche Erſchütterung in dem Träger bewirkt, über denſelben geführt wurde“. Einige Verſuche über die Knotengelenke wurden bei der Probebelaſtung der Eiſenbahnbrücke bei Waltenhofen in Bayern angeſtellt [8], ohne zu einem abſchließenden Reſultate zu führen. Bei gedrückten Stäben könnte übrigens eine Vergrößerung der fraglichen Nebenſpannungen ſchon durch die größere Knickfeſtigkeit (ſ. d.) infolge der Einſpannung aufgewogen werden.

Gerber hat auch bereits 1878 gelenkartige Anſchlüſſe der ſekundären Längsträger an die Querträger angewandt, um den ungünſtigen Einfluß der Vernietungen auf die letzteren zu vermeiden [7], S. 544. Dem gleichen Streben nach Vermeidung von Nebenſpannungen in den anſchließenden Trägern ſind die gelenkartigen Auflager der Querträger und die von den Hauptträgern unabhängige Längsverſchiebbarkeit der Fahrbahn entſprungen [13], [14], [19], [23]. Nach Beobachtungen bei Belaſtungsproben mit größeren Brücken der Sibiriſchen Bahn, deren Querträger auf Stahlbolzen lagen [20], waren Biegungsſpannungen in den Vertikalſtändern der Hauptträger nicht nachweisbar, während Verſuche an einer Petersburger Brücke mit Nietanſchlüſſen der Querträger ſolche Biegungsſpannungen ergeben hatten. Selbſtverſtändlich hat man in allen dieſen Fällen genügender Steifigkeit der Brücke beſondere Aufmerkſamkeit zuzuwenden.

Literatur: [1] Köpcke, Ueber die Konſtruktion einer ſteifen Hängebrücke, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1860, S. 346 (auch 1861, S. 231, und 1888, S. 30). — [2] Ritter, A., Elementare Theorie und Berechnung eiſerner Dach- und Brückenkonſtruktionen, Hannover 1863, S. 93, 136, 146, 170, 187. — [3] Gleim, Der amerikaniſche Brückenbau der Neuzeit, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1876, S. 73, 255, 395. — [4] Winkler, Lage der Stützlinie im Gewölbe, Deutſche Bauztg. 1880, S. 58, 184, 210, 243 (ſ. S. 59). — [5] Winkler, Zur Beurteilung der Gelenkknotenverbindungen eiſerner Brücken, Deutſche Bauztg. 1880, S. 350, 533. — [6] Moltkebrücke über die Unterſpree in Berlin, Deutſche Bauztg. 1881, S. 351, 484; 1885, S. 525. — [7] Gerber, Notizen über Eiſenkonſtruktionen mit Gelenkverbindungen, Zeitſchr. f. Baukunde 1882, S. 542. — [8] Manderla, Ueber die Wirkungsweiſe gelenkartiger Knotenverbindungen, Allgem. Bauztg. 1886, S. 9, 20, 32, 37. — [9] Backhaus, Allgemeine Betrachtungen über die Gelenkkonſtruktionen eiſerner Bogenbrücken, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingenieure 1886, S. 741. — [10] Leibbrand, v., Steinbrücken mit gelenkartigen Einlagen, Zeitſchr. f. Bauweſen 1888, S. 237 (ſ. a. 1893, S. 439). — [11] Köpcke, Ueber die Verwendung von drei Gelenken in Steingewölben, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1888, S. 373. — [12] Köpcke, Ueber Gelenkbildungen für Brückenkonſtruktionen, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1889, S. 167. — [13] Rieppel, Eisenbahnbrücke über die Donau bei Steinbach, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingenieure 1890, S. 193. — [14] Bridge over the river Belaja (Samara-Ufa-Railway, Russia), Engineering 1890, L, S. 95. — [15] Steiner, Reiſebericht, betreffend eine Studienfahrt in den Vereinigten Staaten, Techniſche Blätter 1893—94. — [16] Ritter, W., Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas, Bern 1894 (Auszug Schweiz. Bauztg. 1894, XXIV, S. 165). — [17] Leibbrand, v., Betonbrücke über die Donau bei Munderkingen, Zeitſchr. f. Bauweſen 1894, S. 541. — [18] Leibbrand, Donaubrücke bei Inzigkofen in Hohenzollern, Zeitſchr. f. Bauweſen 1895, S. 279. — [19] Talanſier, Le pont de la rue de Tolbiac, Le Génie civil 1895, XXVI, S. 305. — [20] Die Brücken der Sibiriſchen Eiſenbahn, Zentralblatt der Bauverwaltung 1896, S. 434. — [21] Köpcke, Gewölbte Brücken mit drei Gelenken, Zeitſchr. f. Architektur und Ingenieurweſen 1896, S. 257. — [22] Reihling, Stein- und Betonbrücken mit gelenkartigen Einlagen, Zeitſchr. f. Architektur und Ingenieurweſen 1896, S. 49. — [23] Häfeler, Der Brückenbau, I. Teil, 3. Lief., Braunſchweig 1897, S. 254, 311; 4. Lief., 1900, S. 516. — [24] Weyrauch, Die elaſtiſchen Bogenträger, ihre Theorie und Berechnung entſprechend den Bedürfniſſen der Praxis, München 1897, S. 50, 58, 77, 121 u. f. w. — [25] Gaedertz, Betonbrücke mit Granitgelenken über die Eyach bei Imnau, Zeitſchr. f. Bauweſen 1898, S. 187. — [26] Probſt, Einiges über Gelenke maſſiver Bogenbrücken, Zeitſchr. f. Architektur und Ingenieurweſen, Wochenausg., 1899, S. 546. — [27] Mörſch, Nebenſpannungen in Brückengewölben mit drei Gelenken, Zeitſchr. f. Architektur und Ingenieurweſen 1900, S. 193. — [28] Föppl, Reibung in Brückengelenken (Einfluß von Schmiermitteln), Zentralblatt der Bauverwaltung 1901, S. 197. — [29] Leibbrand, Die Neckarbrücke bei Neckarhauſen, Zeitſchr. f. Bauweſen 1903, S. 455. — [30] Dietz, Der Bauunfall der äußeren Maximilianbrücke in München, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1904, S. 1407. — [31] Handbuch der Ingenieur-

wiſſenſchaften, 2. Teil, Der Brückenbau, 1. Abt., Leipzig 1904, S. 88, 218; 5. Abt., 1906, S. 1, 382 u. f. w. — [32] Wallſtraßenbrücke in Ulm, Bauzeitung für Württemberg u. f. w. 1906, S. 58, 139. *Weyrauch.*

Gelenke, imaginäre, ſ. Gelenkverbindung, Gelenkviereck, Träger.

Gelenkhähne für Waſſerleitungszwecke kommen vielfach bei Waſchtoiletten vor und ſind meiſtens ſo eingerichtet, daß ſie doppelten Abſchluß haben: einen Ventilhahn und ein durch Drehung abſchließbares Gelenk (Konushahn) mit dem Auslaufrohr.

Fig. 1.

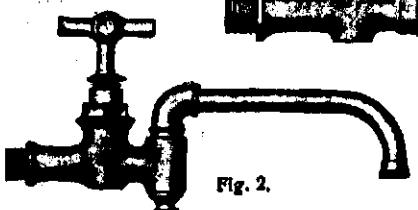


Fig. 2.

Bei einfachen Waſchtiſchen (mit einer Schüſſel) iſt der Gelenkhahn ſo beſchaffen, daß er in der Auslaufſtellung über dem Mittelpunkt der Schüſſel offen iſt und abſchließt, wenn man den Auslauf nach rechts oder links dreht; bei Doppelwaſchtiſchen kann man den Gelenkhahn zwiſchen die Schüſſeln ſetzen; dann erhält derſelbe zwei offene Stellungen je über dem Mittelpunkt jeder Schüſſel, während er in der Mittel- und Seitenſtellung abſchließt. Beiſpiele ſolcher Gelenkhähne ſind Fig. 1 und 2. *Blecken.*

Gelenkketten, ſ. Ketten.

Gelenkkonſtruktion bei Brückenträgern, insbeſondere bei kontinuierlichen Gelenkträgern oder Gerberſchen Trägern, dann bei Hänge- und Bogenträgern. Die konſtruktive Durchbildung ſolcher Gelenke kann eine verſchiedene ſein und wird in dem hier in Betracht kommenden Sinne unter Gelenk jede Anordnung verſtanden, durch die Träger oder Trägerteile ſo in Verbindung gebracht werden, daß eine Uebertragung von Biegungsmomenten in der Trägerebene nur bis zu der praktiſch gleich Null zu ſetzenden Größe des Momentes der Bewegungswiderſtände im Gelenke ſtattfinden kann. Dabei muß aber die Verbindung eine derartige ſein, daß die angreifenden Kräfte, und zwar entweder bloß Vertikalkräfte, wie bei den kontinuierlichen Gelenkträgern, oder auch Horizontalkräfte, wie bei den Bogen- und Hängeträgern, im Gelenke zur Uebertragung kommen können.

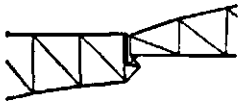


Fig. 1.

Fig. 2.

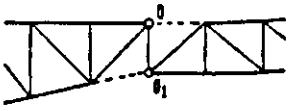


Fig. 3.

Für das Syſtem der kontinuierlichen Gelenkträger, d. i. für die Auflagerung der frei ſchwebenden Träger auf die Kragarme der Auslegerträger, ſind folgende Konſtruktionen anwendbar:

1. Gewöhnliche Auflagerung mittels Kipplagers, und zwar an dem einen Trägerende mittels feſten, an den andern mittels beweglichen Lagers. Dieſe ſind entweder auf eine ſchnabelartige Auskragung der Auslegerarme aufgeſetzt (Fig. 1) oder in die hohlen Endſtänder der Kragarme in der neutralen Achſe der Träger eingebaut (Fig. 2) (Moldauviadukt bei Cervena u. a.).

2. Anhängung mittels eines um die Bolzengelenke oo_1 (Fig. 3) drehbaren Zuggliedes, vorwiegend bei den amerikaniſchen Auslegerbrücken angewendet.

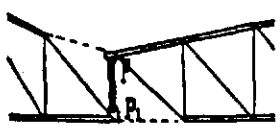


Fig. 4

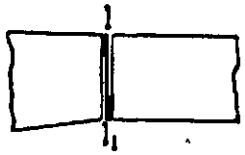


Fig. 5.

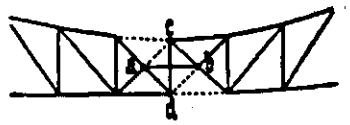


Fig. 6.

3. Stützung mittels einer an den beiden Enden (bei pp_1, Fig. 4) mit ſphäriſchen (halbzylindriſchen oder kugelförmigen) Stützflächen verſehenen Pendelſäule (Firth-of-Forth-Brücke).

4. Aufhängung mittels ſogenannter Federgelenke (nach Köpcke), das ſind quer zur Trägerebene geſtellte Platten ll_1 (Fig. 5), die an ihren Enden mit den beiden zu verbindenden Trägerteilen vernietet ſind und einer gegenſeitigen Verdrehung dieſer Teile nur ihren geringen Biegungswiderſtand entgegenſetzen.

Bei Bogen- und Hängeträgern kommen im Gelenk (Scheitelgelenk) vornehmlich Horizontalkräfte, und zwar bei den erſteren drückend, bei den letzteren ziehend, zur Uebertragung, worauf bei der konſtruktiven Anordnung des Gelenkes natürlich Rückſicht zu nehmen iſt. Dasſelbe beſteht bei Bogenträgern gewöhnlich aus einem Zapfen, gegen den ſich die beiden Bogenhälften mittels halbzylindriſcher Lagerbacken ſtützen; letztere ſind bei genügender Verbindung mit den Trägern imſtande, auch die lotrechten Kräfte, die bei einſeitiger Belaſtung im Scheitelgelenk auftreten, aufzunehmen. Man hat aber auch die beiden Bogenhälften bloß mit abgerundeten Druckflächen ſich gegeneinander ſtemmen laſſen und zur Aufnahme der Vertikalkräfte Federplatten angeordnet, letztere am beſten als doppelte Federgelenke aus zwei nebeneinander quer zur Trägerebene geſtellten Platten beſtehend, die an ihren Enden abwechſelnd mit den beiden Bogenträgerhälften verbunden ſind. Bei den Hängeträgern iſt ein eigentliches Bolzengelenk, d. i. die Verbindung der ineinander greifenden Gurtungsplatten der beiden Trägerhälften durch einen zylindriſchen Bolzen, anzuordnen (ſ. Hängebrücken); man kann hier aber auch wieder das Gelenk durch zwei Pendelſtäbe, einen wagerechten Stab *a b* und einen lotrechten *c d* (Fig. 6) erſetzen. Dieſe entſprechen in ihrer Wirkung einem in ihrem Kreuzungspunkte gelegenen Gelenke. Auf die mögliche Verdrehung der Stäbe iſt durch einen gelenkigen Anſchluß ihrer Enden oder durch entſprechende, die Biegungsbeanſpruchung möglichſt herabſetzende Querſchnittsgeſtaltung Rückſicht zu nehmen. Unter Umſtänden kann man ſich auch mit einem unvollkommenen Gelenk begnügen, indem die Gurtung kontinuierlich, aber mit einem Querſchnitt von möglichſt geringem vertikalem Trägheitsmomente durchgeführt wird und zur Aufnahme der vertikalen Scherkräfte wieder Federgelenke angeordnet werden. In dieſer Art läßt ſich auch das Scheitelgelenk von Bogenträgern ausführen; nur iſt hier wie bei den Hängeträgern zu beachten, daß die durch die Scheitelbewegung in dem durchgehenden Gurt hervorgerufenen Nebenſpannungen nicht zu groß werden. *Melan.*

Gelenklafette, ſ. Lafettierung.

Gelenkmechanismen, ſ. Mechanismen.

Gelenkquarz, Itakolumit, iſt ein biegſamer Sandſtein, der beſonders am Berg Itacolumi bei Villa rica (Minas Geraës, Braſilien) vorkommt und wahrſcheinlich unterſiluriſchen Alters iſt.

Das Geſtein beherbergt die braſilianiſchen Diamanten und enthält außerdem eine Reihe von Erzen (Eiſen, Gold). Manche Lagen ſind bis zu einem gewiſſen Grade biegſam (aber nicht elaſtiſch), wahrſcheinlich dadurch, daß die Quarzkörner des Geſteins ineinander verzapft und gelenkig miteinander verwachſen ſind. Die Enden eines Kornes ſchmiegen ſich denjenigen des Nachbarkornes ziemlich genau an, es bleibt aber ein kleiner Zwiſchenraum, der die Bewegung der Körner gegeneinander und in der Geſamtheit die Biegſamkeit geſtattet. Wahrſcheinlich war an Stelle des kleinen Zwiſchenraumes zwiſchen den ineinander verzapften Quarzkörnern urſprünglich ein andres Mineral (vielleicht Feldſpat, Glimmer) noch vorhanden, deſſen Fortführung die Zwiſchenräume ſchuf. *Leppla.*

Gelenkträger, durchlaufender (Gerberſcher Träger, Kragträger). Während die Stützenreaktionen eines Balkenträgers (ſ. Balken, Bd. 1, S. 503) auf zwei Stützen mit frei drehbaren Enden (Fig. 1) aus Beziehungen der reinen

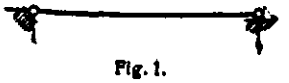


Fig. 1.

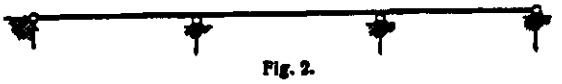


Fig. 2.

Statik beſtimmt werden können (ſ. Balken, einfache, Bd. 1, S. 519), fehlen bei mehr als zwei Stützen (Fig. 2) zur ſtatiſchen Beſtimmtheit der Stützenreaktionen ebenſoviel Gleichungen, als Zwiſchenſtützen vorhanden ſind (ſ. Balken, durch-

Fig. 3.

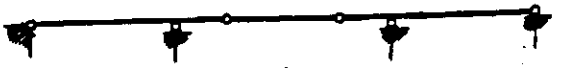


Fig. 4.

laufende, Bd. 1, S. 507). Hierdurch wird nicht nur die Berechnung umſtändlicher und weniger zuverläſſig, ſondern es erlangen auch unbeabſichtigte Höhenänderungen der Stützpunkte und gewiſſe Temperaturänderungen Einfluß auf die Beanſpruchungen (Bd. 1, S. 512, 513). Um aus ſolchen durchlaufenden Trägern eine ſtatiſch beſtimmte Trägerart (ſ. Träger) herzuſtellen, hat man bei *n* Zwiſchenſtützen *n* Zwiſchengelenke eingeſchaltet, womit der durchlaufende (kontinuierliche) Gelenkträger entſtanden iſt. Da das Moment der äußeren Kräfte (ſ. d.) auf einer Seite jedes Gelenks gleich Null ſein muß, weil die Reſultante dieſer Kräfte

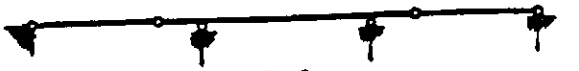


Fig. 5.

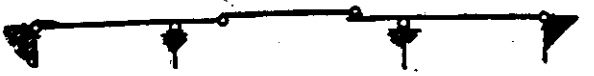


Fig. 6.

bei der üblichen Vernachläſſigung der Reibung durch den Gelenkmittelpunkt geht (vgl. Gelenke), ſo erhalten wir eine der Anzahl der Zwiſchenſtützen entſprechende Anzahl neuer Gleichungen, wonach alle Stützenreaktionen ohne außerſtatiſche Hilfsmittel (Elaſtizitätslehre) beſtimmt werden können. Vorausgeſetzt iſt hierbei, daß die Gelenke in geeigneter Weiſe auf die einzelnen Oeffnungen

Fig. 7.

verteilt werden (ſ. Träger); Fig. 3—9 zeigen richtige Anordnungen von zwei bis fünf Oeffnungen. Doch kann das bei einer Endſtütze angedeutete, horizontal frei verſchiebbare Gelenkauflager (vgl. Auflager) ſtets auch innerhalb einer Oeffnung angeordnet werden, ſo daß z. B. bei drei Oeffnungen neben den Anordnungen Fig. 4 und 5 auch die Anordnung Fig. 6 mit ſtatiſcher Beſtimmtheit und Stabilität der Trägerart verträglich iſt.

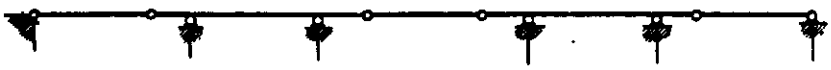


Fig. 8.

Fig. 9.

Obwohl es Balkenanordnungen, welche man jetzt mit durchlaufenden Gelenkträgern in Verbindung bringen kann, wohl von jeher gegeben hat, iſt doch die bewußte Einſchaltung von Gelenken auf die obenangedeuteten theoretiſchen Erwägungen zurückzuführen. In England haben ſich ſchon in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts Clark und Fowler [16], [17], in Deutſchland anfangs der ſechziger Jahre zuerſt Köpcke und A. Ritter [1] mit denſelben beſchäftigt (vgl. Gelenke). Gerber iſt ſelbſtändig wieder darauf gekommen [2] und ihm hat man die Einführung der durchlaufenden Gelenkträger in die Praxis zu verdanken. Erſte Ausführungen: Straßenbrücke über die Regnitz bei Bamberg nach der Anordnung Fig. 4 mit Oeffnungen von 28,8 m, 45,1 m, 28,8 m, Obergurten horizontal, Untergurten ſchwach nach oben gekrümmt, vollendet im März 1867; Straßenbrücke über den Main bei Haßfurt, ebenfalls Fig. 4 entſprechend, Oeffnungen 23,9 m, 37,9 m, 23,9 m, Gurten ſymmetriſch zu einer Horizontalen, bei den Trägerenden und Zwiſchengelenken zuſammentreffend, vollendet im Mai 1867; Straßenbrücke über die Donau bei Vilshofen, Anordnung nach Fig. 8, Oeffnungen 51,6 m, 51,6 m, 65,4 m, 51,6 m, 51,6 m, Parallelträger (ſ. d.), vollendet 1872, u. ſ. w. Seitdem ſind durchlaufende Gelenkträger häufig zur Verwendung gekommen, für Eiſenbahnbrücken erſtmals bei der Luhebrücke [3] der Wittenberg-Buchholzer Bahn, Anordnung Fig. 4, Oeffnungen 13,653 m, 14,124 m, 13,653 m, Blechträger, vollendet 1873. Es folgten: Warthebrücke bei Poſen [4], Anordnung Fig. 8, Oeffnungen 38 m, 36 m, 45 m, 36 m, 38 m, in der zweiten und vierten Oeffnung Parallelgurten mit anſchließenden Konſolen, auf welchen Pauliſche Träger (ſ. d.) mit horizontalem Untergurt ruhen, vollendet 1875; Kentuckybrücke der Cincinnati-Southern-Bahn, Anordnung Fig. 5 mit Oeffnungen von je 114,3 m, vollendet 1877. Die Träger der Luhebrücke ſcheinen die kleinſten ausgeführten Gelenkträger im Brückenbau und zugleich die einzigen Blechträger geblieben zu ſein, doch wurden für möglichſt billige Brücken noch kleinere vollwandige Gelenkträger vorgeſchlagen [9], und ſelbſt bei Decken hat der kontinuierliche Gelenkträger Verwendung gefunden [6], [7]. Zu den bedeutendſten neueren Ausführungen durchlaufender Gelenkträger gehört die 1895 dem Verkehr übergebene Donaubrücke bei Cernawoda in Rumänien [20], nach der Anordnung Fig. 8, Oeffnungen 140 m, 140 m, 190 m, 140 m, 140 m, Form ſ. Bd. 2, S. 338, weitere Fälle ſ. [13], [27], [28]. Projekt einer Brücke über den Kanal [14].

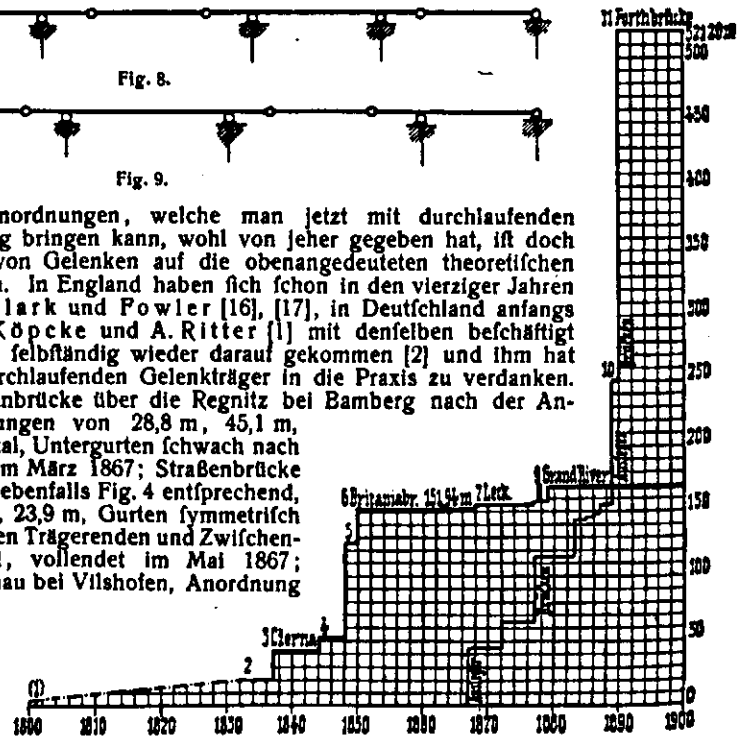


Fig. 10. Spannweiten eiſerner Balkenbrücken, 1800—1900.

(1) Deckenträger in Salford b. Mancheſter, England.
2 Chukabrücke bei Lugos, Ungarn.
3 Czernabrücke bei Mehadia, Ungarn.
4 Brücke über die Ouſe, England.
5 Brücke über die Conwaybucht, Engl.
6 Britanniabrücke, England.
7 Leckbrücke bei Kuilenburg, Holland.
8 Ohiobrücke bei Cincinnati, Ver. Staat.
9 Grand-River-Brücke bei Galt, Canada.

Auslegerbrücken.

Regnitzbrücke b. Bamberg, Deutſchl.
Donaubrücke b. Vilshofen, Deutſchl.
Kentuckybrücke, ſüdl. v. Cincinnati, Vereinigte Staaten.
Niagarabrücke, Vereinigte Staaten.
10 Indusbrücke bei Sukkur, Oſtindien.
11 Forthbrücke bei Queensferry, Schottl.
St. John-River-Brücke bei St. John, Canada.
Kentucky- und Indiania-Brücke, Vereinigte Staaten.
Jubileebrücke bei Hooghly, Oſtindien.
(12) St. Lorenzſtrom-Brücke bei Quebec, Canada, 548,9 m (im Bau).

Den Einfluß der Kragträgerbrücken oder Auslegerbrücken auf die Brückenfpannweiten läßt die in Fig. 10 dargeſtellte Zunahme der Spannweiten eiſerner Balkenbrücken im 19. Jahrhundert [25] erkennen (vgl. Spannweite). Während die Spannweiten gewöhnlicher Balkenbrücken nicht über diejenige der Grand-River-Brücke bei Galt hinausgingen (167,6 m), ſtiegen

Fig. 11.

die Spannweiten der Auslegerbrücken auf mehr als das Dreifache (Forthbrücke 521,2, Lorenzſtrombrücke 548,9 m), womit ſie ſelbſt die zur Bewältigung großer Spannweiten beſonders geeigneten Hängebrücken überholten (Brooklynbrücke und Williamsburgbrücke über den Eaſt-River in New York 486,3 m und 487,7 m). Die größte Spannweite durchlaufender Gelenkträger und

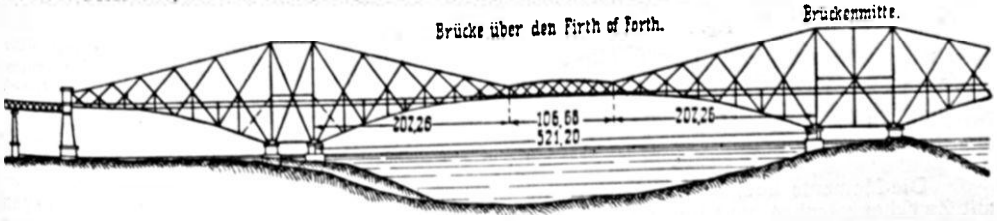


Fig. 12.

aller Brücken überhaupt wird die im Baue begriffene Brücke über den St. Lorenz-Strom bei Quebec in Amerika [29] mit 548,9 m beſitzen (Fig. 11).

Wird bei Balken die Anzahl der Zwiſchengelenke geringer als die Anzahl der Zwiſchenſtützen gewählt oder kommt ein Horizontalſchub hinzu, ſo entſteht ein durchlaufender Gelenkträger von ſtatiſch unbeſtimmter Art [22], [23], [26], [30], für welchen zur Beſtimmung der Stützenreaktionen die Elaſtizitätslehre herangezogen werden muß, wenn letztere nicht durch vereinfachende Annahmen umgangen wird. Um z. B. die Träger der Forthbrücke [12], [15], [16] mit den größten Spannweiten aller gegenwärtig vollendeten Brücken (Fig. 12, 13), deren Wirkungsweiſe man durch Fig. 14 zu veranſchaulichen ſuchte, als durchlaufende Gelenkträger von ſtatiſch beſtimmter Art anſehen zu können, muß das mittlere Pfeilerfeld von 79,246 m als eine Oeffnung für ſich betrachtet werden, entſprechend der ſchon 1863 von A. Ritter gewählten Behandlung der Pfeilerfelder (Fig. 15), während die 44,195 m langen äußeren Pfeilerfelder auf die anſchließenden Oeffnungen zu verteilen ſind (bei vier Zwiſchengelenken vier Zwiſchenſtützen). Faßt man dagegen auch die beiden äußeren Pfeilerfelder als beſondere Oeffnungen auf, ſo tritt ſtatiſche Unbeſtimmtheit der Trägerart ein (bei vier Zwiſchengelenken ſechs Zwiſchenſtützen). Um dieſe bei der Niagarabrücke ([8], Fig. 16) zu heben, hat man die Pfeilerfelder ohne Diagonalen hergeſtellt, alſo imaginäre Gelenke (ſ. Gelenkverbindung und Träger) daſelbſt angeordnet, womit aber eine andre Trägerart als die oben betrachtete entſtanden iſt.

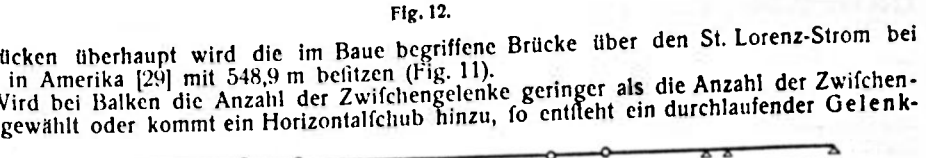


Fig. 13.

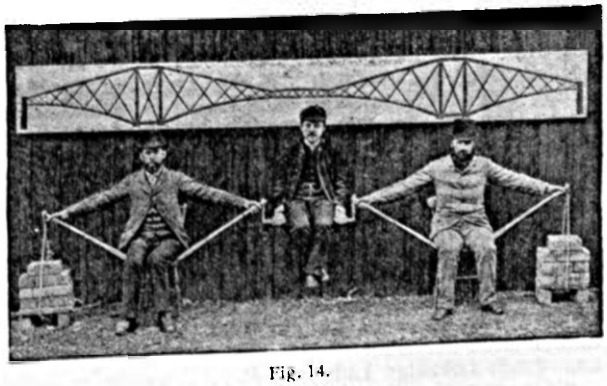


Fig. 14.

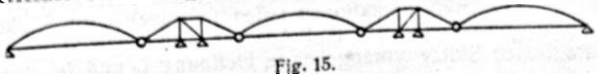


Fig. 15.

Was die Berechnung der durchlaufenden Gelenkträger obiger Art betrifft, ſo iſt zunächſt zu beachten, daß jede Oeffnung, welche ein Zwiſchengelenk enthält, noch ein zweites Zwiſchengelenk oder ein Endgelenk aufweiſt (Trägerende, Fig. 3—9). Die horizontalen Entfernungen dieſer Gelenke von den vorausgehenden Stützpunkten ihrer Oeffnungen ſeien durch r, t bezeichnet (Fig. 17). Das Trägerſtück zwiſchen beiden Gelenken wirkt ganz wie ein einfacher Balken-

träger der Spannweite $t-r$, es ist als vollwandiger Träger nach den Formeln unter Balken, einfache, Biegung, Blechträger, als Fachwerk einfachen Systems mit Vertikalen (Ständerfachwerk) nach den unter Balkenfachwerke und eventuell nach den unter Parallelträger, Parabelträger, Paulischer Träger, Schwedler-Träger, Dreieckträger gegebenen

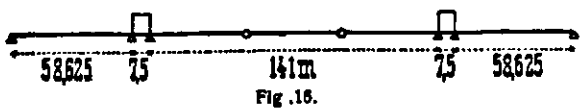


Fig. 16.

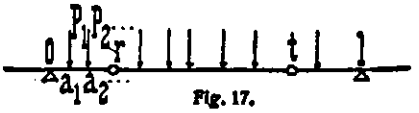


Fig. 17.

spezielleu Formeln zu berechnen. Im übrigen können selbstverständlich für alle Trägeröffnungen bei voller Wand die unter Balken, Biegung, Blechträger, bei Fachwerken die unter Fachwerke, statisch bestimmte, mehrfachen Systems, statisch unbestimmte, angeführten Formeln und Methoden zur Verwendung kommen und nach dem unter Grenzwerte, Einflußlinien Gesagten auch die Grenzwerte der Beanspruchungen und Stützenreaktionen ermittelt werden, sobald letztere oder die Momente M, M' über den Stützen der einzelnen Oeffnungen für beliebige Belastung bekannt sind. Diese sollen deshalb zunächst ausgedrückt werden. Dabei wird vorausgesetzt, daß in den Vertikallinien durch die Stützpunkte und Gelenke Knotenpunkte mit Uebertragung der Fahrbahnlast liegen, falls letztere nicht direkt auf die Hauptträger wirkt.

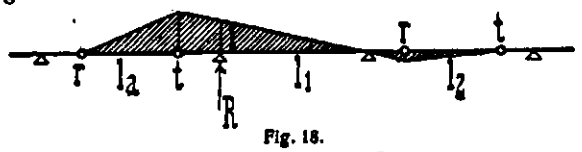


Fig. 18.

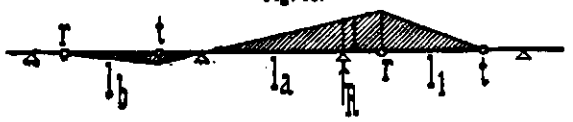


Fig. 19.

Die Momente über den Zwischenstützen ergeben sich aus den Verhältnissen der Oeffnungen mit Zwischengelenken und sind nur von deren Belastung abhängig. M, M' seien die Momente über den Stützen, welche einer beliebigen Oeffnung l mit Zwischengelenken anliegen. Dann entstehen durch eine auf die Oeffnung gleichmäßig verteilte Last von g pro Längeneinheit:

$$M = -r\,t\,\frac{g}{2}, \qquad M' = -(l-r)(l-t)\,\frac{g}{2}, \tag{1.}$$

und durch beliebige Lasten $P_1, P_2 \ldots$, welche bei beliebigen Abszissen $a_1, a_2 \ldots$ (Horizontalabstände vom unmittelbar vorausgehenden Stützpunkte, Fig. 16) auf den Träger oder die Fahrbahn kommen:

$$M' = -\sum_{0}^{r} P a - \frac{r}{t-r} \sum_{r}^{t} P(t-a), \tag{2.}$$

$$M' = -\sum_{t}^{l} P(l-a) - \frac{l-t}{l-r} \sum_{r}^{t} P(a-r). \tag{3.}$$

Die Summen Σ sind auf alle Lasten zwischen den beigesetzten Grenzen zu erstrecken. Lasten außerhalb der Strecke von 0 bis t sind auf M, Lasten außerhalb der Strecke von r bis l sind auf M' ohne Einfluß. Für eine Anfangsöffnung mit Zwischengelenk hat man $r=0$, $M=0$, für eine Endöffnung mit Zwischengelenk $t=l$, $M'=0$. Mit 1.—3. werden z. B. die unter Balken, Balkenfachwerke, Bd. 1, S. 503, 526, gegebenen Formeln verwendbar. Ableitung vorstehender und der folgenden Formeln s. [10], § 57.

In Fig. 18, 19 sind die Einflußlinien der Reaktion R einer beliebigen Stütze für die beiden möglichen Fälle dargestellt, daß die Oeffnung vor bezw. nach der Stütze Zwischengelenke enthält (Oeffnungen mit und ohne Zwischengelenke alternieren miteinander, Fig. 3—9). Diese Einflußlinien ergeben sich, nachdem über der fraglichen Stütze die Ordinate 1 angetragen ist, in der aus Fig. 18, 19 ersichtlichen Weise. Ordinaten und Flächenteile oberhalb der Abszissenachse sind als positiv, solche unterhalb derselben als negativ anzusehen, Lasten außerhalb der durch die Einflußlinie eingenommenen Strecken sind ohne Einfluß auf die betreffende Stützenreaktion. Für eine Anfangsstütze fallen die in Fig. 18, 19 vor der Stütze liegenden Flächenteile selbstverständlich weg, für eine Endstütze gilt das gleiche für die Flächenteile nach der Stütze, ohne daß hierdurch an der Allgemeinheit der Darstellung etwas geändert wird. Man erhält nun die Reaktion einer beliebigen Stütze durch eine auf die ganze Länge der beitragenden Strecken gleichmäßig verteilte Last von g pro Längeneinheit (über verschiedene gleichmäßig verteilte Lasten in den einzelnen Oeffnungen s. [10], S. 192), wenn F den algebraischen Gesamtinhalt der Einflußfläche bezeichnet:

$$R = g\,F, \tag{4.}$$

und durch beliebige Lasten $P_1, P_2 \ldots$, welche in beliebigen Knotenpunkten oder Fahrbahnpunkten angreifen, wenn $b_1, b_2 \ldots$ die positiven oder negativen Ordinaten der Einflußfläche daselbst bedeuten:

$$R = \Sigma P b, \tag{5.}$$

wobei die Summation auf alle beitragenden Lasten P zu erstrecken ist. Die F, b können aus der Figur abgegriffen oder nach derselben berechnet werden.

Die Stützenreaktionen lassen sich auch ohne Rücksicht auf die Einflußlinien ausdrücken. Es mögen sich Größen und Ausdrücke mit den Indices a und b auf die erste und zweite der fraglichen Stütze vorangehende Oeffnung l_a und l_b, solche mit den Indices 1 und 2 auf die erste und zweite ihr nachfolgende Oeffnung l_1 und l_2 beziehen (Fig. 18, 19). Dann hat man durch eine gleichmäßig verteilte Last von g pro Längeneinheit auf allen beitragenden Strecken (über verschiedene gleichmäßig verteilte Lasten in den einzelnen Oeffnungen s. [10], S. 192) für l_1 mit oder l_a ohne Zwischengelenk:

$$R = [(l_a + r_1)(l_a + t_1) - (l_b - r_b)(l_b - t_b)]\,\frac{g}{2\,l_a}, \tag{6.}$$

$$R = [(l_1 + l_a - r_a)(l_1 + l_a - t_a) - r_2\, t_2]\,\frac{g}{2\,l_1}. \qquad 7.$$

Durch beliebige Einzellaſten $P_1, P_2 \ldots$, welche in den einzelnen Oeffnungen bei Abſziſſen a_1, $a_2 \ldots$ (Abſtände von den zunächſt vorausgehenden Stützpunkten) am Träger oder auf der Fahrbahn angreifen, ergeben ſich für l_1 mit oder l_a ohne Zwiſchengelenk:

$$R = \frac{1}{l_a}\left[\sum_0^r P(l_a + a) + \frac{l_a + r}{t - r}\sum_r^t P(t - a)\right]_1 + \frac{1}{l_a}\left[\sum_0^t P a\right]_a$$
$$- \frac{1}{l_a}\left[\frac{l - t}{t - r}\sum_r^t P(a - r) + \sum_t^l P(l - a)\right]_b, \qquad 8.$$

für l_1 ohne oder l_a mit Zwiſchengelenk:

$$R = \frac{1}{l_1}\left[\frac{l_1 + l - t}{t - r}\sum_r^t P(a - r) + \sum_t^l P(l_1 + l - a)\right]_a + \frac{1}{l_1}\left[\sum_0^l P(l - a)\right]_1$$
$$- \frac{1}{l_1}\left[\sum_0^r P a + \frac{r}{t - r}\sum_r^t P(t - a)\right]_2. \qquad 9.$$

Die Indices der Klammerausdrücke in 8., 9. deuten an, auf welche Oeffnungen ſich die nicht durch beſondere Indices gekennzeichneten Größen in den Klammern beziehen.

Im vorſtehenden iſt angedeutet, wie durchlaufende Gelenkträger nach Methoden und Formeln zu berechnen ſind, welche auch für andre Träger zur Verwendung kommen. Indeſſen laſſen ſich für durchlaufende Gelenkträger der beſprochenen ſtatiſch beſtimmten Art und einfachen Fachwerkſyſtems (ſ. Fachwerke) auch Ausdrücke für die Stabkräfte bei beliebiger Belaſtung und für die Grenzwerte der Stabkräfte bei gleichmäßig verteilter bewegter Laſt und bewegten Radlaſtzügen ableiten, nach welchen dieſe Stabkräfte und Grenzwerte bei bekannten Laſten ohne weiteres berechnet werden können. Man findet ſolche Formeln für Fachwerke einfachen Syſtems mit Vertikalen (Ständerfachwerke) und beliebigen Gurtungsformen in [10], §§ 59—61, Beiſpiele hierzu [11], 75, 78, 79, 82, 83 (Dachbinder B. 75), für Parallelträger einfachen Syſtems mit Vertikalen in [10], §§ 63, 64, 65, Beiſpiele hierzu [11], B. 76, 77, 80, 81. Bei einfachem Syſtem ohne oder mit Vertikalen ſind die Stabkräfte nach der Bd. 3, S. 549, angeführten Momentenmethode proportional den Schnittmomenten M_s, und ihre Grenzwerte proportional den Grenzwerten von M_s. Die Werte von M_s für beliebige Belaſtung, ihre Einflußlinien und die Grenzwerte von M_s für gleichmäßig verteilte bewegte Laſt und bewegte Radlaſtzüge ſind in [10], §§ 57—59, gegeben. Bei vertikalen Schnitten $s = x$ und Momentendrehpunkten $u = x$ gelten dieſe Formeln auch für vollwandige Träger.

Literatur: [1] Ritter, A., Elementare Theorie und Berechnung eiſerner Dach- und Brückenkonſtruktionen, Hannover 1863, S. 187 (3. Aufl., Hannover 1873, S. 214). — [2] Beſchreibung des am 6. Dezember 1866 dem Ingenieur Gerber verliehenen Patentes auf Balkenträger mit freiliegenden Stützpunkten, Zeitſchr. des bayr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1870, S. 75. — [3] Reymann, Brücke nach Gerbers Syſtem, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1875, S. 167. — [4] Meyer und Hinrich, Der eiſerne Ueberbau der Warthebrücke bei Poſen, Zeitſchr. f. Bauweſen 1877, S. 41. — [5] Winkler, Theorie der Brücken, II, Theorie der gegliederten Balkenträger, Wien 1881, S. 221. — [6] Der Gerberſche Träger mit freiſchwebenden Stützpunkten im Hochbau, Zeitſchr. f. Baukunde 1882, S. 543. — [7] Heyn, Der Gelenkträger im Hochbau, Deutſche Bauztg. 1882, S. 203. — [8] Schneider, Die neue Niagarabrücke, Zeitſchr. d. Vereines deutſcher Ingen. 1884, S. 385. — [9] Poſt, Ein Vorſchlag zum Bau billiger Brücken, Zentralblatt der Bauverwaltung 1886, S. 57, 231. — [10] Weyrauch, Theorie der ſtatiſch-beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887, S. 186. — [11] Derſ., Beiſpiele und Aufgaben dazu, Leipzig 1888, S. 322. — [12] Barkhauſen, Die Forth-Brücke, Zeitſchr. d. Vereines deutſcher Ingen. 1888, S. 912. — [13] Derſ., Der Bau eiſerner Brücken in den letzten Jahren und ſeine Ergebniſſe, Zeitſchr. d. Vereines deutſcher Ingen. 1889, S. 909, 938, 995, 1037, 1094. — [14] Mehrtens, Ueber den Plan einer Eiſenbahnbrücke zwiſchen England und Frankreich, Zentralblatt der Bauverwaltung 1889, S. 458, 471, 479 (nach Pont sur la Manche, Avant-Projets de MMr. Schneider, Usines du Creusot, et Hersent, entrepreneur des travaux publics, Paris et Londres 1889). — [15] Struckel, Die Forth-Brücke bei Queensferry, Allgem. Bauztg. 1890, S. 65, 73, 84. — [16] Weſthofen, The Forth Bridge, Engineering 1890, I, S. 213—283, 303 (Hiſtoriſches über Gelenkträger S. 217, auch Engineering 1881, II, S. 475). — [17] Lang, Die Entwicklungsgeſchichte der Spannwerke des Bauweſens, Riga 1890, S. 153. — [18] Klett, Die Kragträgerbrücken in Deutſchland, Zeitſchr. d. Vereines deutſcher Ingen. 1891, S. 85. — [19] Hübner, Durchgehende Träger mit Querkraftnullfeldern, Zeitſchr. f. Bauweſen 1891, S. 552. — [20] Gärtner, Der Donauübergang Feteſti-Cernavoda, Allgem. Bauztg. 1896, S. 25. — [21] Gandard, Application du Système Cantilever aux halles métalliques; halle des machines de l'Expoſition suisse en 1896, Paris, Imprimerie Chaix, 1897. — [22] Müller-Breslau, Ueber die Berechnung ſtatiſch unbeſtimmter Auslegerbrücken, Zentralblatt der Bauverwaltung 1897, S. 503. — [23] Müller-Breslau, Der Kaiſerſteg über die Spree bei Oberſchönweide, Zeitſchr. f. Bauweſen 1900, S. 65, 291. — [24] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, I, Leipzig 1901, S. 330, 427; I, 1903, S. 167, 294. — [25] Weyrauch, Ueber die Zunahme der Brückenſpannweiten im 19. Jahrhundert, Zeitſchr. f. Bauw. 1901, S. 465, 617. — [26] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2, Der Brückenbau, 2. Abt., Leipzig 1901, S. 334; 5. Abt., Leipzig 1906, S. 114 (ausgekragte Bogenträger). — [27] Melan und Swoboda, Der Bau der Erzherzog-Ludwig-Viktor-Brücke über die Salzach in Salzburg, Allgem. Bauztg. 1904, S. 1. — [28] Degener, Der Wettbewerb für eine Straßenbrücke über den Rhein zwiſchen Ruhrort und Homberg, Zentralblatt der Bauverwaltung 1904, S. 270, 347, 372, 395, 425, 492, 622. — [29] Horowitz, Die größte Auslegerbrücke der Welt, Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1905, S. 711. — [30] Müller-Breslau, Ueber die Berechnung von Schiffbrücken mit Gelenken, Zeitſchr. f. Bauweſen 1906, S. 151.

Weyrauch.

Gelenkträger (graphiſche Berechnung). Der Mittelteil GG' des in Fig. 1 dargeſtellten Gelenkträgers iſt in ſtatiſcher Beziehung ein einfaches Fachwerk und nach den für gewöhnliche Fachwerksbalken üblichen Methoden zu berechnen. (Vgl. Parallelträger und Halbparabelträger.) Liegen die Gelenke in den Außenöffnungen, ſo gilt dasſelbe von den beiden Endteilen des Trägers. Es handelt ſich daher im folgenden nur um die Berechnung der Träger mit überſtehenden Enden ABG und $A'B'G'$.

Ueber die Belaſtungsverhältniſſe des Gelenkträgers geben die Einflußlinien (ſ. d.) für die Stabkräfte den deutlichſten Aufſchluß; ſie bilden das bequemſte, wenn auch nicht immer das raſcheſte Mittel zur Berechnung der Stabkräfte und ſind in gewiſſen Fällen kaum zu entbehren. Ueber die Form und die Art des Verlaufs der Einflußlinien orientiert man ſich leicht mit Hilfe der kinematiſchen Fachwerkstheorie. Denkt man ſich nämlich den zu berechnenden Stab allein elaſtiſch und eine Verlängerung Δs ausführend, die übrigen Stäbe ſtarr, ſo liefert das Geſetz der virtuellen Verſchiebungen $S \cdot \Delta s = P \cdot m$, wobei nur eine einzige Laſt P angenommen iſt, die infolge der Stabverlängerung Δs die Senkung m erfährt. Mit $\Delta s = 1$ und $P = 1$ ergibt ſich $S = m$, d. h. die Biegungslinie des Fachwerks infolge der Stabverlängerung gleich eins iſt die Einflußlinie der betreffenden Stabkraft. (Vgl. a. Einflußlinien.) Dieſe Biegungslinie kann man ſich leicht vorſtellen und es folgen ohne weiteres die in Fig. 1 und 2 gezeichneten Formen der Einflußlinien für die Gurtungs- und Strebenkräfte im Teil AB und im Kragarm BG des Trägers. Verlängert ſich z. B. der Obergurtſtab O_5 um ein kleines Stück, ſo entſteht im Träger ein nach oben gerichteter Knick am rechten Endpunkt des gegenüberliegenden Untergurtſtabs. Zwiſchen a und b beſteht alſo die Einflußfläche aus einem Dreieck, deſſen rechte Seite über b hinaus bis zum Schnitt mit der Senkrechten durch das Gelenk G zu verlängern iſt, von wo an die Linie nach g' ſenkrecht unter dem zweiten Gelenk G' zu ziehen iſt. Denn der Fachwerksteil U_5 bis G führt bei der gedachten Stabverlängerung eine Drehung um das Auflager B aus, wobei der Gelenkpunkt G ſich ſenkt und der angehängte Träger eine geneigte Lage annimmt, indem ſein linker Endpunkt G dieſer Senkung zu folgen hat, während der rechte Endpunkt G' in Ruhe bleibt.

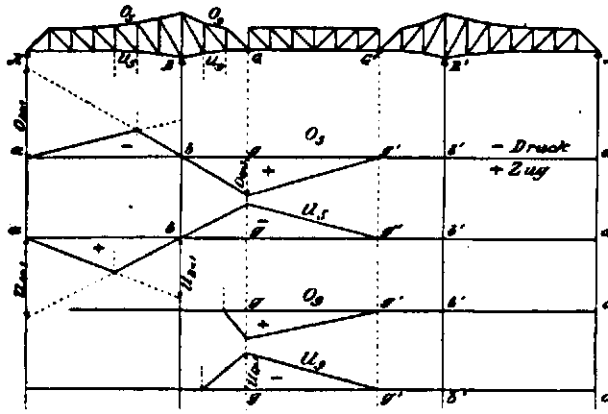


Fig. 1.

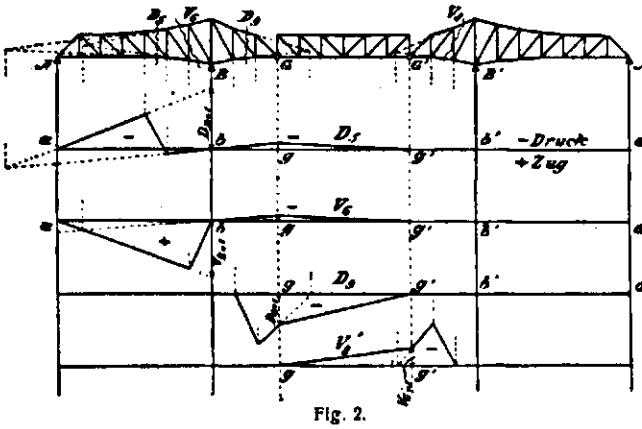


Fig. 2.

In ganz ähnlicher Weiſe ergibt ſich die Form der in Fig. 1 gezeichneten Einflußlinie der Stabkraft U_5. Durch eine kleine Verlängerung dieſes Stabes entſteht im linken Endpunkt von O_5 ein nach unten gerichteter Knick und analog dem vorigen der weitere Verlauf der Einflußlinie (als der Biegungslinie) zwiſchen b und g'. Es iſt klar, daß die Einflußlinien zwiſchen A und B von den auskragenden Enden unabhängig, d. h. ebenſo zu konſtruieren ſind wie für einen einfachen Fachwerksträger von der Spannweite AB. Die beiden Einflußgeraden zwiſchen a und b ſchneiden alſo auf den Auflagerſenkrechten durch A und B Strecken ab, die gleich den betreffenden Stabkräften im Belaſtungszuſtand $A = 1$ bezw. $B = 1$ ſind (vgl. Einflußlinien). In Fig. 1 ſind dieſe Kräfte mit $O_A = 1$, $U_A = 1$, $U_B = 1$ bezeichnet. Die negativen Einflußordinaten, die Druck bedeuten, ſind nach oben, die poſitiven, Zugkräfte vorſtellenden, nach unten abgetragen. Die Stabkräfte für die Belaſtungszuſtände $A = 1$ bezw. $B = 1$ können auf verſchiedene Weiſe ermittelt werden, entweder durch Rechnung nach der Ritterſchen Momentmethode oder nach dem Culmannſchen Schnittverfahren, oder auch mittels eines Cremonaſchen Kräfteplans (ſ. d.) für jeden der beiden Belaſtungszuſtände.

Verlängert ſich Obergurtſtab O_5 im Kragarm, ſo entſteht ein Knick im Gelenk G und eine Drehung um den rechten Endpunkt von U_5 und die Biegungslinie und Einflußlinie von O_5 erſtreckt ſich nur von dem letzteren Punkt bis g'. In ähnlicher Weiſe ergibt ſich der Verlauf der Einflußlinie für die Stabkraft U_5. Die Höhe dieſer Einflußdreiecke oder die Ordinate ſenkrecht unter dem Gelenk G wird erhalten als Stabkraft für eine in G wirkende Laſt $P = 1$, wobei die Ermittlung nach einer der vorhin angegebenen Methoden erfolgen kann.

In Fig. 2 ſind die Einflußlinien der Füllungsglieder dargeſtellt. Bei einer Verlängerung des Diagonalſtabs D_6 drehen ſich die beiden Fachwerksteile der Oeffnung AB gegeneinander

um den Schnittpunkt der beiden Gurtſtäbe des betreffenden Feldes. Innerhalb des durchſchnittenen Feldes verläuft die Einflußlinie geradlinig, hat alſo die in Fig. 2 gezeichnete Form, wobei ſich die von A und B ausgehenden Geraden ſenkrecht unter dem Schnittpunkt der beiden Gurtſtäbe ſchneiden. Ganz ähnlich ergibt ſich der Verlauf der Einflußlinien für V_6. Wenn ſich D_9 um ein kleines Stück verlängert, ſo bleibt der Schnittpunkt der beiden Gurtſtäbe in Ruhe und der links vom Feld liegende Teil dreht ſich um dieſen Punkt (Momentanzentrum des Gelenkvierecks); von g bis g' muß aber die Einflußlinie gerade verlaufen, und mit dieſer Bedingung ergibt ſich die in Fig. 2 gezeichnete Form. Aehnlich ergibt ſich die Einflußlinie V_8', wobei untenliegende Fahrbahn ebenſo wie bei V_6 vorausgeſetzt iſt.

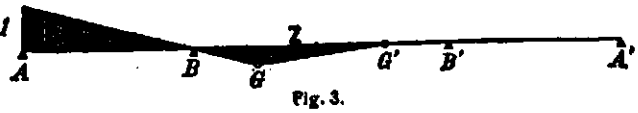


Fig. 3.

Fig. 4.

Bei den Einflußlinien D_9 und V_6 ſind die Abſchnitte der von b und a ausgehenden Geraden auf den Auflagerſenkrechten durch A und B nichts andres als die entſprechenden Stabkräfte bei den Belaſtungszuſtänden $A = 1$ bezw. $B = 1$, und für die Stabkräfte D_9 und V_8 werden die Einflußordinaten unter den Gelenken als die Stabkräfte für Einzelbelaſtung $P = 1$ in den Gelenken G bezw. G' zu berechnen ſein.

Selbſtverſtändlich könnte man die Stabkräfte auch aus den Einflußlinien der zugehörigen Schnittmomente beſtimmen. Dieſelben haben einen ähnlichen Verlauf, und die daraus gefundenen Grenzwerte wären jeweils durch den Hebelarm der Stabkräfte in bezug auf ihren Momentendrehpunkt zu dividieren. — Will man den Auflagerdruck A (bezw. die Druckkraft im Endpfoſten) berechnen, ſo denkt man ſich das Auflager A lotrecht um die Strecke 1 gehoben und zeichnet die daraus entſpringende Biegungslinie (Fig. 3). Nach der nämlichen Regel findet man die Einflußlinie für den Auflagerdruck B (Fig. 4).

Die Berechnung der Gelenkträger mittels Einflußlinien beſitzt den Vorteil großer Ueberſichtlichkeit; legt man mehr Gewicht auf raſche Arbeit, ſo iſt folgender Weg vorzuziehen: Man beſtimmt zunächſt für das Eigengewicht des Trägers mittels einfacher Rechnungen die Knotenpunktsgewichte und die Auflagerdrücke und zeichnet, darauf geſtützt, einen Cremonaſchen Kräfteplan (ſ. d.). In der Fig. 5 iſt dieſer Plan gezeichnet; er beſchränkt ſich wiederum auf den Seitenteil des Trägers, da der Mittelteil wie ein gewöhnliches Fachwerk berechnet wird. Der Einfachheit zulieb ſind nur die unteren Knotenpunkte als belaſtet angenommen worden. Die Gurtungskräfte ſind an ihrem linken Endpunkt mit der Nummer ihres zugehörigen Momentendrehpunkts bezeichnet. Der Kräfteplan kann für die ſtändige Belaſtung auch dann angewendet werden, wenn man die Stabkräfte, die von den Verkehrslaſten erzeugt werden, mit Hilfe von Einflußlinien beſtimmt. Bei der Beſtimmung des Einfluſſes der zufälligen Laſt hat man Straßen- und Bahnbrücken zu unterſcheiden.

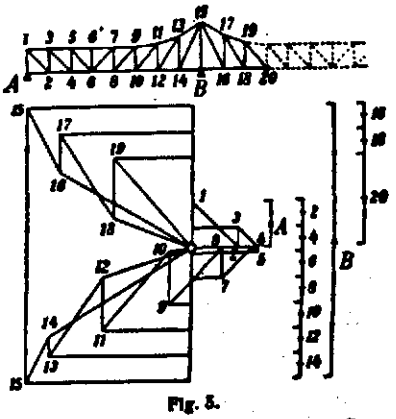


Fig. 5.

Straßenbrücken: Wie die Einflußlinien der Fig. 1 zeigen, erhalten die Gurtungskräfte des Trägerteils AB ihre Grenzwerte, wenn entweder die Strecke AB oder die Strecke BG' belaſtet wird. Die Gurtungen des Trägerteils BG werden nur in einem Sinne beanſprucht, und zwar am ſtärkſten, wenn die Strecke BG' belaſtet wird. Aus der Fig. 2 folgt ferner, daß die Strebenkräfte des Trägerteils AB ihren einen Grenzwert erreichen, wenn man den Träger von A bis zur Strebe und von B bis G' belaſtet, den andern, wenn man den Träger von der Strebe bis B belaſtet. (Vertikale V_6 in Fig. 2 macht hiervon eine Ausnahme, weil ſich die zugehörigen Gurtſtäbe innerhalb AB ſchneiden.) Die Strebenkräfte des Trägerteils BG ſodann beſitzen nur einen Grenzwert, und dieſer tritt ein, wenn die Strecke BG' belaſtet wird. Um ſämtliche größten und kleinſten Stabkräfte zu finden, hat man ſomit dreierlei zu tun: Zuerſt berechnet man mittels eines Cremonaſchen Planes ſämtliche Eigengewichtskräfte. Zweitens berechnet man die Stabkräfte der zufälligen Laſt für den Trägerteil AB, als ob er ein gewöhnliches einfaches Fachwerk wäre. Die Gurtungskräfte beſtimmt man hierbei mittels eines Cremonaſchen Planes, die Strebenkräfte mittels des Herzogſchen Verfahrens. Drittens belaſtet man den Trägerteil BG' und zeichnet für dieſe Belaſtung einen dritten Cremonaſchen Plan; dabei dehnt man dieſen Plan auf ſämtliche Stäbe von A bis G aus. Schließlich fügt man zu den Eigengewichtskräften die Ergebniſſe der zweiten und dritten Berechnung unter gehöriger Berückſichtigung des Vorzeichens hinzu und findet ſo ſämtliche Grenzwerte der Gurtungs- und Strebenkräfte.

Bahnbrücken: Hier verfährt man im allgemeinen wie bei den Straßenbrücken; doch erfordert die Ermittlung der ungünſtigſten Laſtſtellungen noch eine beſondere Unterſuchung. Zunächſt werden wiederum die Stabkräfte des Eigengewichts ermittelt. Sodann wird der Trägerteil AB ganz ſo wie ein einfaches Fachwerk berechnet. (Vgl. Halbparabelträger.) Drittens wird der Einfluß einer von B bis G' reichenden Belaſtung auf ſämtliche Stäbe ermittelt. Handelt es ſich hierbei um Stäbe der Strecke AB, ſo hat man gemäß der in Fig. 3 dargeſtellten Einflußlinie von A den Laſtenzug ſo zu ſtellen, daß möglichſt viele und große Laſten in die Nähe des

Punktes G kommen. Diese Stellung ist identisch mit derjenigen, die in G das größte Biegungsmoment erzeugt, sofern man BG' als einfachen Balken auffaßt. Ist der größte negative Auflagerwiderstand bei A aus seiner Einflußlinie gefunden, so ist von A beginnend ein Cremonascher Kräfteplan für die Strecke AB zu zeichnen. Handelt es sich um Stäbe auf der Strecke BG, so ist für die Gurtungsstäbe (vgl. Fig. 1) die Strecke vom zugehörigen Momentendrehpunkt bis G' so zu belasten, daß in G das größte Moment entsteht, sofern man diese Strecke als einfachen Balken auffaßt; für die Streben dagegen ist der Bahnzug von rechts nach links, die schwersten Lasten voran, so weit vorzuschieben, bis die erste Last über dem nächsten Knotenpunkt rechts vom durchschnittenen Feld steht. Zur Bestimmung der Stabkräfte können auch hier Kraft- und Seilecke verwendet werden, doch ist dieses Verfahren ziemlich umständlich und wenig übersichtlich, so daß es sich für diesen Fall besser empfiehlt, mit Einflußlinien zu arbeiten. Schließlich werden durch Addition der Eigengewichts- und der zufälligen Stabkräfte unter Berücksichtigung der Vorzeichen die Grenzwerte für sämtliche Stabkräfte gefunden.

Literatur: Ritter, W., Der kontinuierliche Balken, Zürich 1900; Müller-Breslau, Graphische Statik, Bd. 1, Stuttgart 1905. *Mörsch.*

Gelenkträger, durchlaufender, s. a. Auslegerbrücken.

Gelenkverbindung, bei Trägern, und zwar entweder die Verbindung an den Knotenpunkten der Fachwerksträger (s. Bolzenverbindung) oder die drehbare, also keine Biegungsmomente übertragende Verbindung zweier Trägerteile. Wird ein starrer Träger durch Gelenke unterteilt, so vermindert jedes Gelenk die Zahl der unbekannten äußeren Kräfte um eine, und es kann daher eine hinsichtlich der äußeren Kräfte statisch unbestimmte Trägeranordnung durch die Anbringung von Gelenken statisch bestimmt gemacht werden (kontinuierlicher Gelenkträger, Dreigelenkbogen u. s. w.).

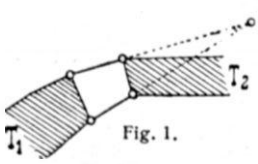


Fig. 1.

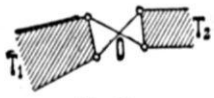


Fig. 2.

Hinsichtlich der statischen Wirkungsweise ist es gleichgültig, ob man es mit einem wirklichen Gelenk oder nach Föppls Bezeichnung mit einem sogenannten imaginären Gelenk (Gelenkviereck) zu tun hat. Letzteres wird durch jedes verschiebliche Stabviereck gebildet, von dem zwei gegenüberstehende Seiten mit den beiden Trägerteilen T_1 und T_2 in fester Verbindung sind. Der Schnittpunkt O der beiden Verbindungsstäbe bestimmt den Gelenkpunkt (s. Fig. 1 und 2). *Melan.*

Gelenkviereck ist ein veränderliches ebenes Viereck mit unveränderlichen Seiten, also ein ebenes Viereck, dessen konstante Seiten in den vier Ecken durch vier Achsengelenke verbunden gedacht werden. *Burmester.*

Geleucht nennt der Bergmann die Hilfsmittel zur Erhellung der Grubenräume. Man unterscheidet tragbares und feststehendes Geleucht, das erstere führt in der Regel jeder Bergmann in der Grube mit sich, das zweite dient zur Beleuchtung größerer Räume, z. B. der Füllörter (s. Schachtbau), der unterirdischen Maschinenräume und Pferdeställe, längerer Querschläge, der Schachtabteufen, großer Weitungen beim Abbaubetrieb u. s. w.

Die Einrichtungen für das feststehende Licht sind denen für das tragbare Geleucht ähnlich, gewöhnlich lichtstärker; außerdem sind Lampen mit Ligroin- und Solarölbrand, letztere mit Zuführung von Preßluft zur Flamme, in Anwendung. Das elektrische Licht wird als feststehendes Geleucht (Bogenlicht und Glühlicht) in immer ausgedehnterem Maße benutzt; tragbare elektrische Lampen und Acetylenlampen (s. unten) geben ein sehr helles Licht, sind jedoch meistens nur für die Aufsichtsbeamten eingeführt. Ferner ist zu unterscheiden: offenes Geleucht, bei dem die Flamme mit der umgebenden Luft in unmittelbare Berührung tritt, und Sicherheitsgeleucht, bei dem die Flamme von der Grubenluft nach dem Vorschlage des englischen Gelehrten Davy durch ein dichtes Drahtnetz getrennt ist; dieses wirkt so stark abkühlend, daß eine Flamme nicht eher durchschlägt, bis das Drahtnetz durch längere Einwirkung derselben erglüht. Sicherheitsgeleucht wird in Schlagwettergruben angewendet; in allen andern Fällen dient offenes Geleucht. Letzteres besteht aus Kerzen oder Lampen, deren Einrichtung in den einzelnen Bergrevieren sich zum Teil an die früher üblichen volkstümlichen Formen anschließt. Unter der Bezeichnung Grubenlicht versteht man nicht nur die beim Grubenbetrieb verwendeten Lichter, sondern auch jede Art von Lampen. Die Fig. 1—3 zeigen einige der üblichsten Lampenformen. Fig. 1 ist die Freiberger Blende. Eine Kugellampe wird beim Fahren in dem mit blankem Metallblech ausgeschlagenen Blendenkasten geführt. Ein hinten angebrachter starker Metallhaken dient zum Tragen in der Hand; auch wird die Blende damit in einen um den Hals genommenen Riemen (Blendenriemen) eingehängt und auf der Brust getragen. Es gewährt dies den Vorteil, daß der Bergmann beide Hände frei hat. Bei der Arbeit nimmt der Häuer das Lämpchen aus dem Kasten heraus und klebt es mit etwas feuchtem Lehm in passender Stellung an die Wand. Die in der Mitte des Kastenbodens befestigte Tülle dient dazu, um

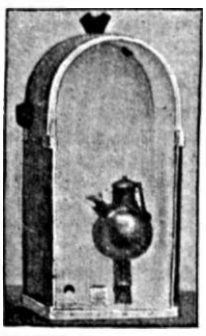


Fig. 1.

nach Entfernung der Lampe Lichte in der Blende zu brennen. Fig. 2 zeigt das beim Mansfeldſchen Kupferſchieferbergbau übliche Lämpchen, das bei der Arbeit an der Kopfbedeckung getragen wird; der Bügel wird über einen am Hute befeſtigten Haken gehängt. Fig. 3 ſtellt die in Weſtfalen übliche Form der Froſchlampe dar. Früher waren dieſe Lampen z. B. am Harz ſchalenförmig, oben offen und wurden mit Talg gebrannt; ein gebogenes Metallblech war über den Docht gelegt und erhielt ihn in ſeiner Lage. Die hier abgebildete Form iſt oben geſchloſſen, für flüſſigen Brennſtoff (Oel oder Petroleum) eingerichtet und mit kleinem verſchließbaren Klappdeckel verſehen. Die Lampe wird an dem gebogenen Haken geführt, deſſen Spitze zur Befeſtigung an der Grubenzimmerung, zum Einzwängen in Geſteinsriſſe u. ſ. w. dient. Vorrat von Lichtern führt man in einer flachen Blechbüchſe am Leibriemen, ebenſo Vorrat an Oel in einer Blechflaſche oder zum Teil noch in dem Oelhorn (Mansfeld) mit ſich (ſ. Fig. 4).

Fig. 2.

In Schlagwettergruben darf offenes Licht nicht gebrannt werden, da ſich hierdurch Schlagwettergemiſche entzünden und explodieren könnten; es ſind daher die Sicherheits- oder Wetterlampen allgemein eingeführt. Die ewigen Lampen, die man früher in dieſen Gruben an hochgelegenen Stellen brannte, damit etwa auftretende Schlagwetter in kleinen Mengen ruhig abbrennen ſollten, ehe ſich gefahrdrohende große Mengen anſammelten, hat man jetzt wie jedes andre offene Geleucht völlig abgeſchafft. Die älteren Sicherheitslampen [1] beſtanden nach dem Vorbild der Davy-Lampe (Fig. 5) nur aus dem Oeltopf *A*, dem Drahtnetzkorb *D* und dem Geſtell *S*, das die beiden genannten Teile zuſammenhält. Am Oeltopf befindet ſich die Füllöffnung *o* und (in der Figur durch den Drahtnetzkorb ziemlich verdeckt) Dochttülle nebſt Putzhaken. Letzterer iſt durch ein in den Oeltopf eingelötetes Röhrchen hindurchgeführt und dient zum Reinigen des Dochtes von der beim Oel- und Petroleumbrande ſich anſetzenden Riſpe, auch zum Vergrößern und Verkleinern der Flamme. Bei den neueren Sicherheitslampen (Fig. 6, Lampe von Wolf, und Fig. 7, Lampe von Müſeler) kommt zu den obengenannten Hauptteilen zunächſt noch der Glaszylinder *G* hinzu; hierdurch und durch den von Wolf eingeführten Benzinbrand wird die Helligkeit der Lampe erhöht. Das Geſtell erhält eine dementſprechende Form; es beſteht aus einem unteren Ringe *a*, zum Aufſchrauben auf den Oeltopf, dem mittleren Ringe *b*, der den Drahtkorb und Glaszylinder feſthält, und dem Deckel *c*; zwiſchen dieſen Teilen ſind die Schutzſtangen *s* eingeſetzt; am Deckel iſt ein Haken *e* zur Führung der Lampe angebracht. Bei einigen neueren Lampen iſt der Drahtnetzkorb doppelt angeordnet, um die kühlende Fläche zu vergrößern; auch wird der Drahtkorb mit einem Blechmantel umgeben (zuerſt von Marfaut angewendet), um Luftſtöße von der Flamme abzuhalten. Die Müſeler-Lampe (Fig. 7), die namentlich in Belgien angewendet wird, hat einen inneren Blechſchornſtein, der mittels eines horizontalen Drahtnetzes (Diaphragma genannt) auf dem oberen Rande des Glaszylinders aufliegt. Hierdurch wird die Zuführung der Verbrennungsluft zur Flamme und die Abführung der Verbrennungsprodukte geregelt, jedoch die Aureolenbildung (ſ. unten) zum Teil der Beobachtung entzogen.

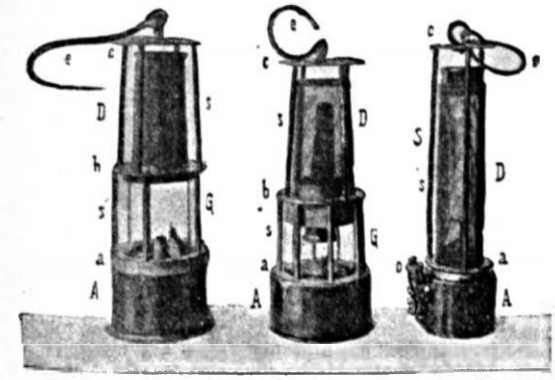


Fig. 6. Fig. 7. Fig. 5.

Fig. 4.

Fig. 3.

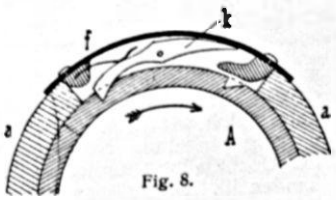


Fig. 8.

Zur weiteren Vervollſtändigung der neueren Sicherheitslampen dienen noch der Verſchluß, der den Arbeiter hindern ſoll, die Lampe in der Grube zu öffnen, und die innere Zündvorrichtung, die ein Anzünden der geſchloſſenen Lampe ermöglicht. Als Sicherheitslampenverſchluß dient heute meiſtens ein Magnetverſchluß, nachdem einfachere Verſchlüſſe (Schraubenverſchluß, Plombenverſchluß) durch die Arbeiter immer wieder geöffnet wurden. Fig. 8 zeigt als Beiſpiel den Wolffſchen Magnetverſchluß im Horizontalſchnitt. Der Oeltopf *A* trägt in dem Schraubengewinde, mit dem er beim Verſchließen der Lampe in den unteren Ring des Geſtelles *a* eingeſchraubt wird, kleine Vertiefungen von dreieckigem Querſchnitt. Im Ringe *a* iſt eine Kammer ausgefräſt und von außen durch ein gehärtetes Stahlblech verſchloſſen; in dieſer ſitzt auf einer ſenkrechten Welle der Anker *k*, er wird durch eine Feder *f* an den Oeltopf gepreßt. Man kann den Oeltopf *A* zwar in den Ring *a* einſchrauben; hierbei ſchnappt der Anker jedesmal in die Vertiefungen ein und verläßt dieſelben auf der abgeſchrägten Seite.

Zurückſchrauben im Sinne des Pfeiles kann man den Oeltopf nicht; dies verhindert der Anker, ſolange er in der gezeichneten Lage bleibt. Erſt nachdem er gegen den Druck der Feder durch einen ſtarken Magneten zurückgezogen iſt, kann — beim Feſthalten des Ringes *a* in ſeiner Lage am Magnetpole — der Oeltopf *A* (im Sinne des Pfeiles) herausgeſchraubt und damit die Lampe geöffnet werden. — Die Schlagzündvorrichtung der Wolffſchen Lampe (wohl die verbreitetſte) wird durch die Fig. 9—11 veranſchaulicht. Fig. 9 zeigt die Zündvorrichtung im Schnitt, eingeſetzt in den Benzintopf *A*, Fig. 10 von der Tülle *t* aus geſehen und Fig. 11 nochmals im Durchſchnitt. Die Zündvorrichtung iſt in einen beſonders ausgeſparten Raum des Benzintopfes eingeſetzt. Der obere Teil ſteht dicht neben dem Dochte, ſo daß das Sprühfeuer der Zündpillen die leicht entflammbaren Benzingaſe entzündet; durch den Boden des Topfes geht, in einem eingelöteten Röhrchen geführt, die Zugſtange *l* hindurch; *h* iſt die Schlagfeder; am oberen, bajonettförmigen (ſ. Fig. 10) Ende der Zugſtange *l* ſitzt das Köpfchen *k*, mit Feder ſo angebracht, daß es ſich aus der in Fig. 9 gezeichneten Stellung, die es beim Aufwärtsſchieben der Zugſtange einnimmt, nur (beim Abwärtsziehen) in die aus Fig. 11 erſichtliche drehen kann. An der Rückſeite der Zugſtange iſt die kleine Feder *i* befeſtigt, deren oberes, u-förmig ausgeſchnittenes Ende den Zündſtreifen *z* an beiden Rändern faßt und beim Aufwärtsſchieben jedesmal eine neue Zündpille unter die Schlagfeder bringt. Drückt man nämlich die Zugſtange aus der in Fig. 9 erſichtlichen Lage noch etwas weiter aufwärts, ſo fällt das Köpfchen *k* in den oberen rechteckigen Ausſchnitt der Schlagfeder ein, dieſe ſchlägt auf die Zündpille, und deren Feuer ſprüht, durch die Kappe *m* zuſammengehalten, auf den Docht. Außerdem bringt die Kappe das verbrauchte Ende des Zündſtreifens aus dem Bereich der Flamme. Soll von neuem gezündet werden, ſo hält beim Abwärtsziehen der Zugſtange *l* die Schlagfeder den Zündſtreifen *z* in ſeiner Lage, das Köpfchen dreht ſich ſo, daß es aus dem oberen Ausſchnitt der Schlagfeder in den unteren gleitet, auch die Feder *i* rückt in die tiefſte Stellung (Fig. 11); beim Aufwärtsſchieben der Zugſtange ſpannt das Köpfchen zunächſt die Schlagfeder, drückt ſie nach links, und es wiederholt ſich der an der Hand der Fig. 9 bereits geſchilderte Vorgang. Die Dochtſtellung *st* in Fig. 9 beläßt den Docht im Röhrchen *d* ſtets in derſelben Lage; dagegen hebt bezw. ſenkt ſich beim Drehen des am Lampenboden befindlichen Knöpfchens die Tülle *t*, und es verkleinert oder vergrößert ſich hierdurch die Flamme. Der Benzintopf iſt mit Watte gefüllt, die das Benzin aufſaugt und beim Gebrauche gasförmig wieder abgibt, ſo daß ſich in der Lampe kein tropfbar flüſſiges Benzin befindet.

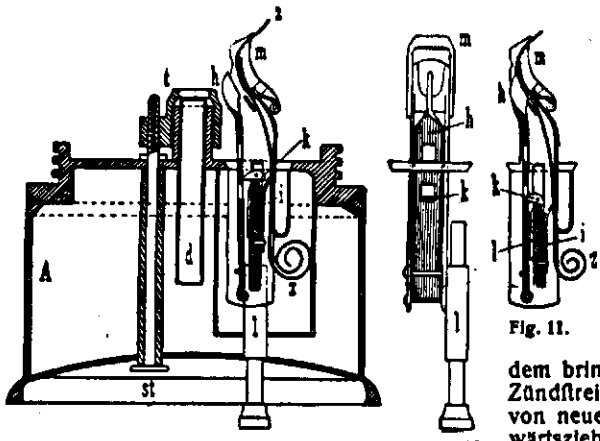


Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

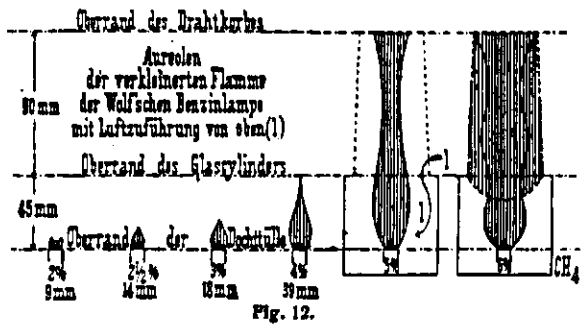


Fig. 12.

Von größter Wichtigkeit iſt die Benutzung der Sicherheitslampe als Schlagwetterindikator zum Erkennen der Schlagwetter in der Grube. Erreicht nämlich der Gehalt der Grubenluft an Methan (Grubengas, leichtes Kohlenwaſſerſtoffgas, CH_4) 3% oder mehr, ſo verlängert ſich wie jede andre Lichtflamme auch die der Sicherheitslampe beträchtlich und brennt unruhig züngelnd. Noch deutlicher wird die Reaktion, wenn man die Lampenflamme mit Hilfe der Dochtſtellung tunlichſt klein macht, ſo daß nur ein ſchwach leuchtendes Flämmchen vorhanden iſt. Bringt man die ſo eingeſtellte Sicherheitslampe in Schlagwettergemiſche, ſo verlängert ſich die Flamme ſehr merklich und umgibt ſich mit einem bläulichen Saume, Aureole genannt. Fig. 12 zeigt die Aureolenbildung an der Wolffſchen Sicherheitslampe; die ſenkrechte Schraffierung bedeutet bläuliche Flamme, die wagerechte Schraffierung des kleinen Flammenkegels am Dochte gelbe Flamme. An den Sicherheitslampen mit Rüböl-, Petroleum- und Benzinbrand kann man mit der verkleinerten Flamme einen Schlagwettergehalt von 2% deutlich erkennen; bei 4% erreicht die Aureole die Höhe des Glaszylinders; bei 5% geht ſie in eine tulpenartige Form über und berührt die Endfläche des Drahtnetzkorbes, bei 6% erfüllt die Flamme den Drahtnetzkorb ganz, erſt bei 13,5% verlöſcht ſie [1]. Es iſt ſehr wichtig, bei dieſen Beobachtungen die Lampe ruhig zu halten oder doch nur langſam zu bewegen, um ein Heraustreten der Aureole durch das Drahtnetz zu verhüten. Die Schlagwetter zeigen ſich gewöhnlich nur an hochgelegenen Punkten; man nähert deshalb zur Beobachtung die Lampe mit verkleinerter Flamme vorſichtig der Firſte und ſenkt ſie dann wieder langſam. Die untere Reaktionsgrenze von etwa 2% Grubengasgehalt iſt für die Zwecke des Bergbaues namentlich da, wo in Kohlengruben Schießarbeit angewendet werden ſoll, nicht niedrig genug. Es ſind daher Verſuche gemacht worden, um empfindlichere Sicherheitslampen zu konſtruieren. Zuerſt

gelang dies Pieler [2], der als Brennſtoff Alkohol verwendete; die Lampe kann allerdings nur als Indikator, nicht auch als Geleucht verwendet werden, da die bläuliche Alkoholflamme zu lichtſchwach iſt. Die Pieler-Lampe iſt wie eine Davy-Lampe gebaut, ohne Glaszylinder; die Aureolen werden bei 30 mm Höhe der Alkoholflamme beobachtet, ſie ſind lichtſchwach; es iſt deshalb über die Flamme ein Eiſenblechkegel geſteckt, der vom Auge des Beobachters den Lichteindruck der Flamme fernhält. In Fig. 13 bedeutet ſenkrechte und wagerechte Schraffierung wie in Fig. 12 bläuliche und gelbliche Flamme, während die punktierten Flächen violette Flamme bezeichnen. Die Pieler-Lampe gibt ſchon die Gegenwart von 0,25% Grubengas durch eine 30 mm hohe ſchwach leuchtende violette Aureole an. Von weiteren Verſuchen, einen empfindlichen Schlagwetterindikator zu konſtruieren, ſind noch die folgenden zu nennen [3]: die Lampe von Aſhwort, die Benzolen als Brennſtoff erhält, zeigt zwar 0,5% Methangehalt an, jedoch ſind die Reaktionen nicht ſcharf genug. Clowes verwertet die ſchon früher beobachtete Empfindlichkeit der Waſſerſtoffflamme gegen Methan, indem er eine gewöhnliche Sicherheitslampe mit Einrichtung verſieht, um aus einem kleinen Behälter, der mit gepreßtem Waſſerſtoffgas gefüllt iſt, der Lampenflamme zeitweilig dieſes zuzuführen. Der Behälter wiegt 1,8 kg, wird in beſonderer Taſche mitgeführt und kann leicht mit der Sicherheitslampe feſt verbunden werden. Fig. 14 zeigt die Form der Clowes-Lampe, *w* iſt der angeſetzte Waſſerſtoffbehälter, *v* das Zuführungsrohr. Nach Oeffnen des am Behälter befindlichen Hahnes entzündet ſich das Waſſerſtoffgas, die Dochtflamme wird durch Herunterſchrauben des Dochtes verlöſcht und die auf beſtimmte Höhe eingeſtellte Waſſerſtoffflamme kann zur Unterſuchung der Grubenluft benutzt werden. Hierauf wird die Lampenflamme an der Waſſerſtoffflamme wieder entzündet, der Waſſerſtoffſtrom durch Schließen des Hahnes unterbrochen und der Behälter entfernt. Die Lampe zeigt bereits Grubengasgehalte von 0,25% deutlich an, doch unterſcheiden ſich die Aureolen bei ſteigenden Gehalten bis zu 1% nicht ſo gut voneinander wie bei der Pieler-Lampe. Für die Erneuerung der Waſſerſtoffüllung ſind beſondere Einrichtungen nötig; die Lampe iſt auch als Grubenlampe benutzbar. Chesneau hat die Pieler-Lampe etwas abgeändert; außerdem verwendet er Methylalkohol von 93° des hundertteiligen Alkoholometers bei 20° C., da Abweichungen in der Beſchaffenheit des Alkohols andre Flammenreaktionen herbeiführen; ferner ſetzt er auf 1 l Methylalkohol 2 ccm geſättigte Löſung von Kupferchlorür in konzentrierter Salzſäure hinzu und erreicht hierdurch eine Färbung der Alkoholflamme, welche die Aureolen deutlicher als in der Pieler-Lampe hervortreten läßt. Es werden ſchon Mengen von 0,1—0,2% Methan deutlich angezeigt.

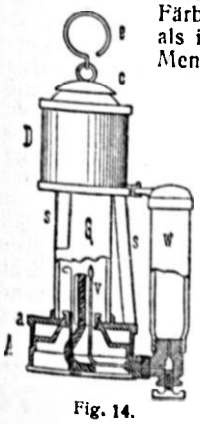


Fig. 14.

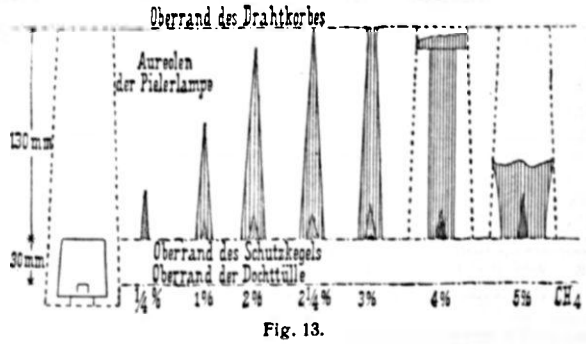


Fig. 13.

Fig. 15.

So ſchnell ſich die feſtſtehende elektriſche Beleuchtung für Betriebspunkte, an denen lebhafter Verkehr ſtattfindet, eingeführt hat, ſo wenig Erfolge haben bis jetzt die tragbaren elektriſchen Lampen [4] zu verzeichnen. Sämtliche Lampen beſtehen aus der Verbindung einer Stromquelle mit einem Glühlichte. Die primären Stromquellen (galvaniſche Elemente) machen zwar die Benutzung der Lampen von dem Vorhandenſein einer elektriſchen Anlage für Stromerzeugung unabhängig, haben jedoch manche Uebelſtände, ſo daß ſie den Akkumulatorlampen völlig das Feld geräumt haben, beſonders nachdem auch trockene Akkumulatoren mit gelatinöſer Füllung eingeführt worden ſind. Fig. 15 zeigt die Pollakſche Lampe nach Elektrotechniſche Zeitſchrift 1891, S. 32; auch die Hagener Lampe hat ähnliche Form. Das auf dem Akkumulatorkaſten angebrachte Glühlicht (zum Teil kommt auch ſeitliche Befeſtigung vor) iſt durch eine ſtarke Glasglocke und durch Bügel von Metalldrähten geſchützt. Dieſer Schutz iſt unbedingt notwendig, da Verſuche gezeigt haben, daß beim Zerſchlagen einer brennenden Glühlampe in einem mit explodierbarem Gasgemenge erfüllten Raume häufig Entzündungen und Exploſionen entſtehen. Die Kontakte liegen verdeckt, um die Bildung von Funken in der Grubenluft zu vermeiden. Die Frage der Verbindung eines Schlagwetterindikators mit der elektriſchen Lampe iſt noch nicht zufriedenſtellend gelöſt [5]. Die Lampe von Pollak gibt bei einem Gewichte von 1,8 kg für 12 Stunden eine Lichtſtärke von anfänglich 0,8 Normalkerzen, die nach 10 Stunden auf etwa 0,5 Normalkerzen zurückgeht. Zum Laden des Akkumulators braucht man 6—8 Stunden Zeit; es wird ein Strom von 1 Ampère und 5 Volt verwendet. Die Lampe der Akkumulatorenfabrik Hagen hat einen trockenen Akkumulator, deſſen Elektrolyt aus gelatinöſer Kieſelſäure mit verdünnter Schwefelſäure beſteht, und gibt 1,0 Normalkerze Leuchtkraft. Bei der Stella-Lampe iſt das Glühlicht ſeitlich am Akkumulatorkaſten befeſtigt. Sehr wertvoll ſind die elektriſchen Lampen, da ſie keine Verbrennungsluft brauchen, in Verbindung mit Atmungsapparaten (ſ. d.) zum Eindringen in unatembare Wetter.

Acetylenlampen werden von den Aufſichtsbeamten als offenes Geleucht wegen ihrer großen Leuchtkraft (5 Hefner-Einheiten ohne und 9 mit Reflektor) gern benutzt. Der Einführung der Acetylenlampen als Sicherheitsgeleucht [1, Beyling] haben ſich bis jetzt mancherlei Schwierigkeiten in den Weg geſtellt. Die Aureolenbildung iſt weniger deutlich und die ſtarke Erwärmung des Karbidbehälters iſt unbequem.

Literatur: [1] Bd. 3 der Anlagen zum Hauptberichte der preußiſchen Schlagwetterkommiſſion, Berlin 1886; Beyling, Verſuche mit der Wolffſchen Acetylenſicherheitslampe; Flammenerſcheinungen an Sicherheitslampen, Eſſener Glückauf 1905, S. 869. — [2] Pieler, Fr., Ueber einfache Methoden zur Unterſuchung der Grubenwetter, Aachen 1883. — [3] Homann, E., Zur Schlagwetterfrage, Oeſterr. Zeitſchr. f. Berg- u. Hüttenweſen, Wien 1893, S. 386. — [4] Schulz, Die tragbaren elektriſchen Sicherheitslampen auf der Frankfurter Elektrizitätsausſtellung, Eſſener Glückauf 1891, S. 749. — [5] Wendelin, W., Die Fortſchritte der Elektrotechnik im Berg- und Hüttenweſen, Oeſterr. Zeitſchr. f. Berg- u. Hüttenweſen, Wien 1894, S. 198. *Treptow.*

Gellung, ſ. Gillung.

Gemach, bewohnbarer Raum, welcher den Begriff von Gemächlichkeit, d. i. Komfort, in ſich ſchließt.

Gemäldegalerien bilden entweder einen Teil eines Muſeums, d. h. eines ganz allgemein den Werken der Kunſt, Kunſtwiſſenſchaft und Altertumskunde geweihten Gebäudes, oder ſie nehmen als eine nur den Darſtellungen der Mal- und Zeichenkunſt gewidmete Stätte ein ſelbſtändiges Gebäude oder einen Teil eines Wohnhauſes oder Palaſtes in Anſpruch.

Der Bauplatz für eine öffentliche Gemäldegalerie ſoll eine möglichſt im Mittelpunkt des Verkehrs befindliche, jedoch der Feuersgefahr ſowie der Beleuchtung der Räume wegen möglichſt iſolierte Lage haben. Der Abſtand von der Nachbargrenze wird daher paſſend nicht kleiner als 50 m gewählt. Auch muß die nach Norden gelegene Gebäudeſeite tunlichſt für die Sammlungsräume ausgenutzt werden. Die Raumbemeſſung hängt von der Größe der Sammlung, der zu erwartenden Vermehrung ſowie davon ab, ob Deckenlichtſäle oder Räume mit Seitenlicht verwendet werden.

Nach Wagner [1], S. 201 und 202, erfordern Gemälde einſchließlich der Umrahmung und des zwiſchen den einzelnen Gemälden freizulaſſenden Raumes durchſchnittlich 2,4—3,4 qm Behangfläche. Tiede [2], S. 555, gibt als Durchſchnittsmaß 2 qm an, was als etwas zu wenig erſcheint. — Im Alten Muſeum zu Berlin [3] kommen auf ein Gemälde in den Deckenlichtſälen 3,36 qm, in den Seitenlichträumen 1,77 qm und in den Nebenräumen 2,84 qm, alſo durchſchnittlich 2,72 qm Behangfläche. In der Neuen Galerie zu Caſſel [4] erfordert ein Bild in den Deckenlichtſälen 3,67 qm, in den Seitenlichträumen 2 qm, alſo durchſchnittlich 2,35 qm Behangfläche. In der Alten Pinakothek zu München [5] beträgt dieſe Zahl durchſchnittlich 3,14 qm, und in der Gemäldegalerie des Kunſthiſtoriſchen Hofmuſeums zu Wien [6] ergeben ſich durchſchnittlich 3,44 qm Behangfläche. — Das Verhältnis des Geſamtmaßes der Behangfläche von Deckenlichtſälen zu demjenigen der Seitenlichträume ſchwankt zwiſchen 2 : 4 und 2 : 1 [1], S. 201. Iſt die Größe der erforderlichen Behangfläche feſtgeſtellt, ſo kann in Deckenlichtſälen auf 100 qm Bilderfläche etwa 80 qm Bodenfläche gerechnet werden, während für Seitenlichträume auf 100 qm Behangfläche durchſchnittlich 70 qm Bodenfläche zu rechnen ſind [1], S. 202. Auf ſolchen Grundlagen iſt unter Hinzurechnung des Raumaufwandes für Treppen, Gänge, Verwaltungsräume, Mauerſtärken u. ſ. w., welcher zu 50—60 % angenommen werden kann, das erforderliche Größenverhältnis des Gebäudes feſtzuſtellen, wobei eine etwaige Verteilung auf mehrere Stockwerke zu berückſichtigen iſt.

Bildergalerien, die einen Teil eines mehrgeſchoſſigen Muſeums bilden, pflegt man in das Obergeſchoß zu verlegen, weil hier beſſeres, von Reflexen weniger geſtörtes Licht zu erlangen iſt und auch Deckenlichtſäle verwendet werden können. Somit wird in dieſem Fall die Grundrißbildung von derjenigen des unteren Stockwerks abhängig. Im übrigen wird eine von Oſt nach Weſt gerichtete, langgeſtreckte Grundrißform für möglichſt viele nach Norden anzulegende Sammlungsräume bei einer Gemäldegalerie am vorteilhafteſten erſcheinen, wobei auf Leichtigkeit und Ueberſichtlichkeit des Verkehrs Rückſicht zu nehmen iſt und in Gebäuden, die ausſchließlich Gemäldegalerien dienen, die ſonſt gemeinſchaftlichen erforderlichen Geſchäfts- und Verwaltungsräume, Kleiderablagen und Pförtnerzimmer in Verbindung mit der Hauptflurhalle oder dem Treppenraum anzuordnen ſind. Man muß möglichſt in ununterbrochener Reihenfolge die Räume durchſchreiten können und wieder zum Ausgangspunkt zurückgeführt werden. Auch für den ungeſtörten Verkehr der Beamten und Diener iſt durch beſondere Eingänge, Dienſtflure, Lauftreppen, Packräume, Aufzüge und ſonſtige Bequemlichkeiten zu ſorgen. Beſondere Studien-, Arbeits- und Erfriſchungsräume ſind erwünſcht, Vortragsſäle dagegen entbehrlich. Eingeſchoſſige Anlagen ſind mehrgeſchoſſigen vorzuziehen, da man hier die Räume nach der Länge und Tiefe des Gebäudes beliebig aneinander fügen und die inneren Säle durch Deckenlicht erhellen kann; jedoch bedingt in den meiſten Fällen der hohe Preis des Gebäudes ſowie der Umfang der Sammlung eine zwei- oder mehrgeſchoſſige Anlage.

Beiſpiele eingeſchoſſiger Anlagen: die Privatgalerie zu Penarth bei Cardiff [7], die Layton-Kunſtgalerie zu Milwaukee [8], die Kunſthalle zu Philadelphia [9] und das von Ridel erbaute Muſeum von Laval [10]. — Bei mehrgeſchoſſigen Anlagen können für die oberen Stockwerke der Tiefe des Gebäudes nach nur zwei oder höchſtens drei Räume angeordnet werden, weil die Räume der unteren Geſchoſſe nur durch Seitenlicht zu erhellen ſind.

Beiſpiele für die Anordnung zweier Räume: das Kunſtmuſeum zu Bern [11], das Muſeum zu Schwerin [12] und das Muſeum zu Aberdeen [13]. — Die Anordnung von drei Räumen im

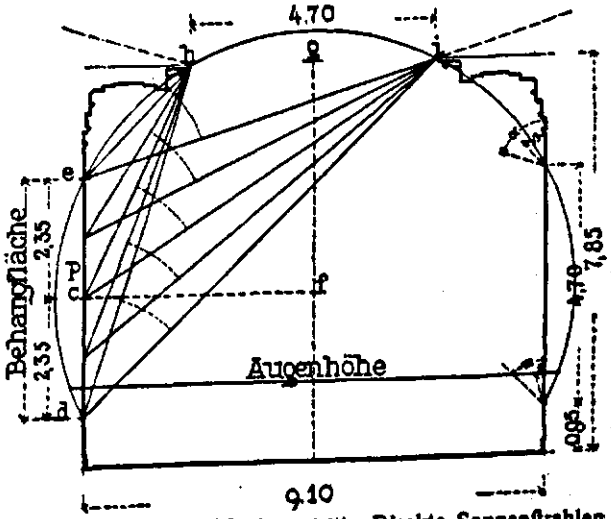
Obergeſchoß der Gebäudetiefe nach zeigen in beſonders eigenartiger Weiſe die Muſeen von Dresden [14], Caſſel [4] und Braunſchweig [15]. Bei dieſen drei Anlagen ſind im oberen Stockwerk in der Mittelreihe Deckenlichtſäle, in den äußeren Reihen wenig tiefe Seitenlichträume als einfenſtrige Gemäldekabinette oder als mehrfenſtrige, durch Scherwände geteilte Gemäldeſäle vorhanden. Aeltere Beiſpiele der Tiefe nach dreigeteilter Grundriſſe ſind: die Alte [5] und Neue [16] Pinakothek in München; ferner: das Städelſche Kunſtinſtitut zu Frankfurt a. M. [17], das Muſeum zu Weimar [18] und [1], S. 216, und [2], S. 516, das Muſeum zu Leipzig [1], S. 217, nach einem Entwurf von Lange durch Licht 1883—1886 erweitert. Neue mehrgeſchoſſige Gemäldegalerien befinden ſich in Whitechapel [33] und Glasgow [34].

Die Treppenanlagen ſowie die Vorſäle können entweder in der Mitte des Gebäudes oder an den Enden angeordnet werden. Bei der letzteren Anordnung wird allerdings die Architektur der Langſeiten leicht eintönig. — Statt der geſchloſſenen rechteckigen Form iſt vielfach eine ſolche mit einem oder mehreren Binnenhöfen gewählt worden. Die ſchädlichen Reflexeinflüſſe, namentlich im Erdgeſchoß, werden hier ſelbſt bei gehöriger Größe der Binnenhöfe nicht vermieden.

Beiſpiele: Das Alte Muſeum zu Berlin [3], das Nationalmuſeum zu Stockholm [19], das Schleſiſche Muſeum zu Breslau [20], das Kunſthiſtoriſche Hofmuſeum in Wien [6], das Reichsmuſeum zu Amſterdam [1], S. 296, das Kaiſerliche Muſeum der ſchönen Künſte zu St. Petersburg [21] und das Palais des arts zu Lille [22]. Das letztere beſitzt allerdings nur einen einzigen großen Binnenhof.

Die Außenarchitektur iſt einem der bildenden Kunſt dienenden Gebäude entſprechend würdig und monumental zu halten. Die Innenarchitektur muß den zu bergenden Schätzen angemeſſen gewählt werden. Die Sammlungsſäle ſelbſt ſollen zwar eine ſchöne und wirkſame Umrahmung für die Kunſtwerke bilden, jedoch ſoll ſich ihre Architektur nirgends aufdrängen und den Beſchauer ablenken. Die untere, nicht mit Gemälden behangene Fläche wird häufig getäfelt. Die mit Bildern zu behängende Wandfläche erhält meiſt eine Holzverſchalung, die mit ungemuſtertem braunroten oder grauen Stoff bekleidet wird. — Im Alten Muſeum in Berlin wurde in den Deckenlichtſälen mit Vorteil ein braunwollener „Granitſtoff", in den Kabinetten ein langhaarig geſchorener Juteſamtſtoff verwendet [1].

Für die innere Einrichtung erſcheinen bei Gemäldeſammlungen alle diejenigen Anordnungen erforderlich, die zum Schutz und zur Erhaltung der Gemälde ſowie zu ihrer bequemeren Beſichtigung und Handhabung beitragen. Hierher gehören: 1. Geeignete ſichere Aufhängevorrichtungen [1], S. 269, [2], S. 557, und [3], S. 169. 2. Aufzüge zur Beförderung der Gemälde. Erwähnenswert iſt die Anordnung im Neuen Antwerpener Muſeum, durch welche für den Fall einer Feuersbrunſt alle an beweglichen Eiſenſtangen hängenden Bilder durch im Fußboden unter ihnen angebrachte Falltüren in kurzer Zeit in einen unterirdiſchen, feuerſicheren Raum hinabgelaſſen werden können [1], S. 270, [23], S. 180. 3. Geländer [1], S. 269, und [3], Bl. 25, welche, den Wänden entlang geführt, ein Betaſten der Bilder verhindern. 4. Ruhebänke, welche in den Sälen aufgeſtellt ſind und häufig zur Aufnahme der Heizvorrichtung dienen [3], S. 183. 5. Geeignete Heizanlagen. Die Heizung muß eine gleichmäßige, auf etwa 14—18° C. erwärmte Luft ergeben, deren Feuchtigkeitsgehalt etwa 50—55% betragen darf. Sie wird am beſten als Zentralheizung und zwar als Niederdruckdampf- oder Waſſerheizung ausgeführt, wobei darauf zu achten iſt, daß die Heizkörper oder Heizkanäle den Gemälden nicht zu nahe kommen. 6. Entſprechende Beleuchtung der Bilderwände. Die Beleuchtung ſoll einheitlich ſein, d. h. es ſoll für die Tagesbeleuchtung jeder Bilderraum nur eine Lichtöffnung erhalten, die ſo zu bemeſſen iſt, daß auch bei trübem Wetter genügend Licht zutritt. Direkte Sonnenſtrahlen ſind durch Vorhänge, Schirme u. ſ. w. abzuhalten [1], S. 245 und 267. Ferner darf der Beſchauer nicht durch zurückgeworfene Lichtſtrahlen, die auf den Bildern eine ſpiegelnde Wirkung hervorbringen, geſtört werden [1], S. 233.



Für Deckenlichtſäle iſt man bemüht geweſen, die günſtigſte Lichtöffnung abzuleiten. So hat Magnus [1], S. 224, und [24] auf Grund theoretiſcher Unterſuchungen die Regel abgeleitet, daß die Deckenlichtöffnung in einer Höhe von $^6/_7$ der Breite des Raumes angebracht werden ſoll und der unverglaſte Teil der Decke als Streifen von $^1/_3$ der Breite des Raumes an ſeinen vier Seiten entlang anzuordnen wäre. Dabei beginnt die Behangfläche 1,25 m über dem Fußboden und erſtreckt ſich bis zu einer Höhe von höchſtens 5,95 m, ſo daß ſich als günſtigſte Abmeſſungen für einen Oberlichtſaal eine Breite von 11 m, eine Höhe von 7,85 m und eine Deckenlichtbreite von 3,67 m ergeben. Tiede [1], S. 225, und [25], fand bei der Einrichtung des Alten Muſeums in Berlin andre, günſtigere Verhältniſſe, nach denen die günſtigſte Saalbreite 9,1 m, die Länge 16,6 m beträgt und die Behangfläche, 0,95 m über dem Fußboden beginnend,

5,65 m über ihm endigt. Auf der Mitte der Behangfläche *c* (ſ. die Figur S. 373) [1], S. 225, errichtet Tiede eine Senkrechte und ſchlägt aus dem Schnittpunkt *f* dieſer Senkrechten mit der Mittellinie des Saalquerſchnittes einen Kreis, deſſen Halbmeſſer gleich der Entfernung dieſes Mittelpunktes von der Grenze der Behangfläche, alſo *fd* bezw. *fe* iſt. Die Schnittpunkte *i* und *h* dieſes Kreiſes mit der Deckenlinie ergeben das Breitenmaß des Deckenlichtes. Umgekehrt läßt ſich aus der angenommenen Deckenlichtbreite die Höhe des Saales ermitteln.

Da die Helligkeit eines Flächenpunktes mit dem Sinus des Einfallswinkels wächſt, wird jede durch eine Deckenöffnung belichtete Wand in ihren verſchiedenen Punkten verſchiedene Helligkeitsgrade aufweiſen, und durch das zur Feſtſtellung der letzteren von Mehmke erfundene graphiſche Verfahren [1], S. 227, ergibt ſich, daß die Tiedeſche Regel zu größeren Helligkeitsgraden führt und ſomit vor der Magnusſchen den Vorzug verdient. Als allgemeine Ergebniſſe der Mehmkeſchen Unterſuchungen verdienen hervorgehoben zu werden ([1], S. 231): a) daß der hellſte Punkt der Wand bei gleichbleibender Länge der Deckenlichtöffnung nach oben rückt, wenn ſie verbreitert wird, und umgekehrt herunterrückt, wenn bei gleichbleibender Breite das Fenſter verlängert wird; b) daß die Veränderung der Länge des Fenſters von geringerem Einfluß auf die Höhenlage des hellſten Punktes iſt als eine Veränderung der Breite; c) daß die Helligkeit im hellſten Punkt und dementſprechend auch in den andern Punkten bei jeder Vergrößerung der Oeffnung zunimmt. — Bezüglich der Konſtruktion und Verglaſungsweiſe der Deckenlichter ſ. Dach (Oberlichter), Bd. 2, S. 490, und [1], S. 241. — Vgl. a. Beleuchtungsgrundſätze.

Bei Seitenlichträumen, in denen an und für ſich eine geringere Helligkeit als in Deckenlichtſälen herrſcht, werden die Seitenwände eine andre, im allgemeinen geringere Belichtung erhalten als die dem Fenſter gegenüber liegende Wand, während die letztere mehr der Spiegelung ausgeſetzt erſcheint und ſich daher weniger als Behangfläche eignet. Näheres in [1], [26] und [27]. Im allgemeinen erſcheinen für Seitenlichträume nachſtehende Punkte beachtenswert [1], S. 249: *α*) Die Höhe der Fenſterbrüſtung iſt auf Augenhöhe, beſſer noch über Augenhöhe auf 2—2,2 m über dem Fußboden anzunehmen, um ſo für die der Betrachtung des Bildes paſſendſte Höhe die hellſte Stelle der Behangfläche zu erhalten. *β*) Die Fenſter ſind ſo nahe wie möglich bis an die Decke mit wagerechtem Sturz zu führen. *γ*) Die Fenſterbreite iſt auf $^1/_3$—$^1/_4$ der Kabinettbreite anzunehmen. *δ*) Die Tiefe der Kabinette ſoll nicht mehr als 5,5—6,5 m, die Höhe 5—6 m und die Breite nicht viel über 5,5 m betragen.

Die künſtliche Beleuchtung kommt in Gemäldegalerien nur ausnahmsweiſe, z. B. im Kenſington-Muſeum in London, häufiger auf Wanderausſtellungen vor. Statt des früher vielfach verwendeten Gas- und Gasglühlichtes wird neuerdings hierzu mit Vorteil das elektriſche Bogenlicht mit Elſterſchem Blendſcheinwerfer [29] benutzt. So waren z. B. auf der Elektrotechniſchen Ausſtellung in Frankfurt a. M. zwei Kunſtausſtellungsräume in dieſer Weiſe erleuchtet [1], S. 260.

Für die Schauſtellung wird meiſt eine chronologiſche Aneinanderreihung der Gemälde gewählt, welcher die Anordnung nach Schulen zugrunde liegt, wobei beſonderen Hauptſtücken (z. B. der Sixtiniſchen Madonna in Dresden) ein abgeſonderter Ehrenplatz angewieſen wird. Jedoch wird dieſe pedantiſche, das Intereſſe des Beſchauers lähmende Aufſtellungsweiſe vielfach angefochten und eine ſolche gewünſcht, die ‚einen Zuſammenhang der Kunſtwerke mit ihrer Umgebung, zu der ſie gehören und der ſie entnommen ſind, zur Anſchauung bringt' [1], S. 189. Ein vollkommen abweichendes neues Syſtem für Kunſtausſtellungen und Galerien ſtellt P. F. Kreil [1], S. 191 und [29], auf, in welchem folgende Gruppierung eingehalten werden ſoll: a) Geſchichtsbilder; b) das Leben der Neuzeit, das Treiben der Bevölkerung und Landſchaften; c) die Welt der religiöſen Vorſtellungen.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, 4. Teil, 6. Halbbd., 4. Heft, Darmſtadt 1893, S. 173 (neue Auflage in Vorbereitung). — [2] Deutſches Bauhandbuch, Bd. 2, 2. Teil, Berlin 1884, S. 555. — [3] Merzenich, J., Der Umbau der Gemäldegalerie im Alten Muſeum zu Berlin, Zeitſchr. f. Bauweſen 1886, S. 119. — [4] Zeitſchr. f. Bauweſen 1879, S. 9, Gemäldegalerie zu Caſſel. — [5] Klenze, L. v., Sammlung architekton. Entwürfe u. ſ. w., München 1831—42, Lief. 2, und Bautechn. Führer durch München, München 1876, S. 66 u. 151. — [6] Gemäldegalerie des Kunſthiſtoriſchen Hofmuſeums zu Wien, Wochenſchr. des öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1891, S. 365. — [7] Privatgalerie zu Penarth bei Cardiff, Building News, Bd. 59, 250. — [8] Layton-Kunſtgalerie zu Milwaukee, Building News, Bd. 49, S. 850. — [9] Kunſthalle zu Philadelphia, Deutſche Bauztg. 1879, S. 303 u. 355. — [10] Muſeum von Laval, La constr. moderne, 4. Jahrg., S. 90. — [11] Kunſtmuſeum zu Bern, Allgem. Bauztg. 1881, S. 14. — [12] Muſeum zu Schwerin, Deutſche Bauztg. 1880, S. 405. — [13] Muſeum zu Aberdeen, Building News, Bd. 45, S. 446. — [14] Muſeum zu Dresden, Die Bauten von Dresden, 1878, S. 164. — [15] Muſeum zu Braunſchweig, Jahrbuch der Kgl. preußiſchen Kunſtſammlungen, 10. Jahrg., 1889, S. 109. — [16] Neue Pinakothek zu München, Bautechn. Führer durch München, 1876, S. 154. — [17] Städelſches Kunſtinſtitut, Frankfurt a. M., und ſeine Bauten, 1886, S. 147. — [18] Muſeum zu Weimar, Baugewerksztg. 1870, S. 22. — [19] Nationalmuſeum zu Stockholm, Builder, Bd. 55, S. 215. — [20] Muſeum zu Breslau, Deutſche Bauztg. 1880, S. 311. — [21] Kaiſ. Muſeum der ſchönen Künſte in St. Petersburg, L. v. Klenze, Sammlung architekt. Entwürfe u. ſ. w., München 1850, 2. Aufl., Lief. 5. — [22] Palais des arts to Lille, La semaine des constr., 16. Jahrg., S. 494. — [23] Kunſtchronik, neue Folge, 2. Jahrg., 1890—91. — [24] Zeitſchr. f. Bauweſen 1864, S. 202. — [25] Ebend. 1871, S. 185, u. 1886, S. 165. — [26] Ebend. 1879, S. 11 u. 24. — [27] La construction moderne, 6. Jahrg., Bl. 87. — [28] Journal f. Gasbeleuchtung u. Waſſerverſorgung 1891, S. 269, und Deutſche Bauztg. 1891, S. 117. — [29] Beilage zur Allgem. Zeitung 1889, Nr. 279, S. 2. — [30] Wiethoff, Statiſtiſche Nachweiſungen betreffend die in den Jahren 1881—85 einſchl. vollendeten preußiſchen Staatsbauten, 4. Abt., Berlin 1892, Bd. 7—10, Bb, Muſeen, S. 94. — [31] Ebend., Berlin 1892, Bd. 7—10, Bb, Muſeen, S. 18. — [32] Zeitſchr. f. Muſeologie u. Antiquitätenkunde ſowie für verwandte Wiſſenſch., redigiert von J. G. Th. Graeſſe, Dresden, von 1878 an. — [33] Die Neue Ge-

mäldegalerie in Whitechapel in London, Zentralblatt der Bauverwaltung 1901, S. 316. — [34] Die Neue Gemäldegalerie in Glasgow, ebend. 1901, S. 447. *L. v. Willmann.*

Gemäldekonfervierung. Die erſten Bedingungen für die Konfervierung von Gemälden ſind trockene, luftige, möglichſt gleichmäßig erwärmte Aufbewahrungsräume, Schutz vor direktem Sonnenlicht und Vermeidung der Nähe von Heizungen.

Bei geſunden Oelgemälden geſchieht die Reinigung von Schmutz durch Waſſer mittels eines Bauſches entfetteter Watte, indem man am beſten von der Mitte des Bildes aus gegen die Ränder ſtreicht. Dabei muß die Benetzung des Malgrundes mit Waſſer vermieden werden. Hartnäckig haftende Schmutzſtellen ſind durch vorſichtige Anwendung von Lauge zu beſeitigen. Auch Gemenge von Alkohol und Terpentinöl mit Zuſatz von Balſam und Oelen, welche die Wirkung des Alkohols mildern, ſind zweckmäßig und müſſen bei Temperagemälden, die kein Waſſer vertragen, benutzt werden. Trüb gewordener Harzfirnis wird entweder durch Reiben mit Harzpulver mittels des Fingers entfernt oder nach dem Pettenkoferſchen Verfahren regeneriert. Nach dieſem wird eine Flanellſchicht innen auf dem Boden einer Kiſte angeleimt und dann mit Alkohol befeuchtet, doch nur in dem Maße, daß kein Alkohol bei dem Umwenden der Kiſte abtropfen kann. Man ſtülpt die Kiſte über das mit der Schauſeite nach oben gerichtete Bild, worauf oft in wenigen Minuten der verdunſtende Alkohol den Firnis durch Aufquellen aufhellt. Nach Wegnahme der Kiſte iſt das Bild an einem ſtaubfreien und trockenen Orte ſich ſelbſt bis zur Erhärtung des Firniſſes zu überlaſſen. — Bei trüben Oelfirniſſen empfiehlt ſich nach Pettenkofer Einreiben von Kopalvabalſam, nötigenfalls in wiederholtem Wechſel mit der Alkoholbehandlung. Zur Entfernung von altem Oelfirnis iſt die milde Kopalvabalſam-Ammoniakſeife geeignet. — Das vom Firnis befreite Bild wird nach dem Abwaſchen mit Waſſer und nach dem Trocknen am beſten mit einem guten Maſtixfirnis überzogen. — In der Farbe befindliche Löcher füllt man meiſtens mit einem geleimten Kreidegrund aus. Die Beſeitigung von Blaſen verſucht man vielfach durch Anſtechen, Einlaufenlaſſen von dünner Leimlöſung, Ueberkleben mit durchſichtigem Oelpapier und Glätten durch Bügeln zu erreichen [1], [2], [3]. Iſt der Malgrund ſchadhaft, ſo findet entweder eine Verſtärkung oder ein Erſatz ſtatt. Stellenweiſe morſche Leinwand wird mit neuer unterzogen, die nach dem Aufleimen mit warmen Metall- oder Holzwalzen angedrückt wird; bei drohendem gänzlichen Zerfall der Leinwand oder bei ſtark wurmſtichigem Holzgrund ſchreitet man zum Erſatz durch das ſogenannte Rentoilieren. Dies geſchieht, indem man die Bildſeite mit feinem Neſſeltuch und mehreren Lagen von Papier mittels Kleiſters überzieht. Nach dem Trocknen wird das Bild umgelegt, die alte Leinwand mit warmem Waſſer abgezogen oder das Holz abgekratzt oder abgeſchabt und neues Material hintergeklebt. Nach dem Trocknen iſt dann das Neſſeltuch und Papier wieder durch Aufweichen mit Waſſer zu entfernen [2]. Alte übertünchte oder überputzte Wandmalereien werden auf mechaniſchem Wege durch eine meſſerartige dünne, an der Spitze abgerundete Stahlklinge an einem Griff, bisweilen auch durch vorſichtige Prellſchläge mit einem Holzhammer oder mit Leder überzogenen eiſernen Hammer entfernt. Die weitere Reinigung geſchieht durch Abſtauben und Abwaſchen mit Waſſer, das bei Tempera- und Kaſeinfarben durch Benzin zu erſetzen iſt. Für die dauernde Erhaltung iſt die Entfernung von Feuchtigkeit durch zweckmäßige Lüftungsvorrichtungen die erſte und wichtigſte Maßregel. Eine Fixierung abgehender Farbe wird durch Tränkung mit Kalk- oder Käſewaſſer, in gewiſſen Fällen auch durch ein Ueberſtreichen mit in Terpentinöl gelöſtem Wachs bewirkt [4]. Iſt zur Erhaltung eine Abnahme der Wandmalerei nötig, ſo muß die Bildſeite erſt unterſtützt werden, bevor man mit dem Abtragen der Rückſeite beginnt. Näheres in [5].

Literatur: [1] Pettenkofer, M. v., Ueber Oelfarbe und Konfervierung der Gemäldegalerien durch das Regenerationsverfahren, Braunſchweig 1870. — [2] Frimmel, Th. v., Handbuch der Gemäldekunde, Leipzig 1904, 2. Aufl. — [3] Techniſche Mitteilungen für Malerei von A. Keim, München, ſeit 1884. — [4] Denkmalpflege, Berlin 1905, 5. Jahrg., S. 117. — [5] Zentralbl. der Bauverwaltung 1887, 7. Jahrg., S. 206; 9. Jahrg., S. 10. *Rathgen.*

Gemäuer, ſ. Mauerwerk.

Gemarkungskarte, ſ. Gemarkungsvermeſſung.

Gemarkungsvermeſſung. Neumeſſungen für ſtaatswirtſchaftliche Zwecke, insbeſondere Kataſtervermeſſungen, werden gemarkungsweiſe vorgenommen. Der Meſſung liegt zugrunde eine Kleintriangulierung, die an das trigonometriſche Landesnetz angeſchloſſen iſt (ſ. Triangulierung). Ein auf dieſes trigonometriſche Gemarkungsnetz geſtütztes Netz von Polygonzügen (Polygonnetz) (ſ. Polygoniſieren), das längs Wegen und wichtigen Geländelinien ſich hinzieht und die Gemarkung in eine Anzahl paſſend begrenzter Teile (Fluren) zerlegt, ſo daß jede Flur auf einem beſonderen Kartenblatt in geeignetem Maßſtab (etwa 1 : 500 bis 1 : 2000) dargeſtellt werden kann, dient ſeinerſeits wieder als Grundlage für das Liniennetz, das für die ſpezielle Aufmeſſung der einzelnen Grundſtücke u. ſ. w. erforderlich iſt (ſ. Stückvermeſſung).

Das graphiſche Verfahren der Meßtiſchaufnahme (ſ. d.) findet bei modernen Gemarkungsvermeſſungen keine Anwendung mehr. Die Ergebniſſe einer Gemarkungsvermeſſung ſind: die Koordinaten der trigonometriſchen, polygonometriſchen und ſonſtigen Meſſungspunkte, die Handriſſe oder Feldbücher über die Stückvermeſſung, die danach angefertigten Flurkarten, die zuſammen die Gemarkungskarte ausmachen (ſ. Karte, Kartierung), die Flächeninhaltsberechnung aller Parzellen, das Flurbuch und die ſonſtigen Regiſter u. ſ. w.; ſ. a. Kataſter und Kataſterneumeſſung. *Reinhertz.*

Gemeindehaus, Gebäude im Beſitz und Dienſt einer Dorfgemeinde, auf Gemeindegrund, beſonders zu Verwaltungszwecken (dem ſtädtiſchen Rathaus entſprechend), aber auch als Armenhaus, zur Unterbringung von heimlos gewordenen Ortsangehörigen dienend.

Im erſten Fall muß es eine Halle oder einen Saal, Sitzungszimmer für den Ortsrat, Schreibzimmer und Archiv enthalten. Auch ein Raum für die Feuerlöſchgeräte und ein Arreſtlokal mit Wachſtube können darin Platz finden; doch bilden dieſe oft ein beſonderes Gebäude. *Weinbrenner.*

Gemeinheitsſtellung, ſ. Feldbereinigung.

Gemiſch, phyſikaliſches, ſ. Verbindung, chemiſche.

Gemmen, in Stein (Quarz, Achat, Jaſpis, Karneol), aber auch in Muſchelſubſtanz geſchnittene oder gravierte Figuren, teils erhaben (Kamee), teils vertieft (Intaglie). Ihr Wert richtet ſich nach der Arbeit; nach dem Material nur inſoweit, als die Arbeit in weicherem Material (Muſchel) leichter und daher billiger iſt als in hartem. Vgl. Edelſteinſchleiferei. *Leppla.*

Gemüll (Müll), Abraum, Schutt, ſowohl an Bauten, in Steinbrüchen, als in Werkſtätten u. ſ. w. — S. a. Kehrichtverbrennung.

Genappesgarn. Den Rohſtoff für Genappesgarne bilden ſchon ſeit langer Zeit nicht mehr ausſchließlich die zur Herſtellung von Mohair- und Alpakagarn dienenden Haare der Angoraziege und deren Abarten ſowie des Pako oder Alpako, einer Lamaart, ſondern auch Schafwolle aller Art, namentlich aber Merinowollen. Genappesgarn (gaſiertes Garn) wird in naſſem Zuſtande ſehr feſt gezwirnt und danach geſengt. Es zeigt daher eine ſehr ſcharfe Zwirnung, eine glatte, von hervorſtehenden Faſern freie Oberfläche und einen harten, meiſt rauhen, ſtrohigen Griff. *Ernſt Müller.*

Geneigte Ebenen (Steilrampen, Steigen), ſ. Neigungsverhältnis.

Generalriß, ſ. Markſcheidekunde.

Generalſtabskarte, ſ. Topographie.

Generatoren, ſ. Feuerungsanlagen, S. 13; elektriſche G., ſ. Dynamomaſchine.

Generatorgas, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 293, Kraftgas.

Generatorverſchluß, ſ. Retortenöfen.

Generelle Aufnahmen, ſ. Flüchtige Aufnahmen.

Genever (Genèvre, Gin, Wacholderbranntwein), ein über Wacholderbeeren abgezogener, mit Zucker verſetzter und mit Waſſer verdünnter Branntwein, namentlich in den Niederlanden, in Weſtfalen (Steinhäger), Ungarn, Siebenbürgen u. ſ. w. in großen Brennereien hergeſtellt.

Der Genever wird faſt ausſchließlich aus Kornbranntwein hergeſtellt. Meiſtens werden Wacholderbeeren mit ſtarkem Kornbranntwein mehrere Tage unter wiederholtem Anwärmen digeriert. Durch Deſtillation erhält man daraus eine Wacholdereſſenz, die zur Herſtellung des Genevers dient. *Herzfeld.*

Genietete Träger, im allgemeinen alle durch Nietarbeit hergeſtellten eiſernen Träger; doch wird die Bezeichnung meiſt nur in der Beſchränkung auf Blechträger (ſ. d.) und im Gegenſatz zu gewalzten Trägern angewendet.

Genoſſenſchaften, im juriſtiſchen Sinn die zur Förderung des Kredits, des Erwerbs und der Wirtſchaft der Mitglieder gebildeten Geſellſchaften mit den Rechten und Pflichten juriſtiſcher Perſönlichkeiten.

Im eigentlichen Gebiet der Technik kommen hauptſächlich in Betracht die Produktivgenoſſenſchaften zu gemeinſamem Bezug der Rohſtoffe und Verkauf der Produkte, Baugenoſſenſchaften zu gemeinſamem Bau und Verkauf von Wohnhäuſern und Meliorationsgenoſſenſchaften zu gemeinſamer Erſtellung und Unterhaltung von Feldweg-, Entwäſſerungs-, Bewäſſerungs- und ſonſtigen Waſſerbenutzungsanlagen wie Flußkorrektionen, Teich- und Kanalbauten zur Waſſerkraftgewinnung und Wieſenwäſſerung u. ſ. w. Die Genoſſenſchaften ſtehen auf dem Boden einer möglichſt freien Selbſtverwaltung. Ihre Bildung, ihre Organiſation, die Rechte und Pflichten ihrer Mitglieder und die Staatsaufſicht ſind aber in allen Staaten durch beſondere Geſetze geregelt.

Literatur: [1] Gierke, Das deutſche Genoſſenſchaftsrecht, Berlin 1881. — [2] Handwörterbuch der Staatswiſſenſchaften, 2. Aufl., 1900, Bd. 2, S. 167, und Bd. 5, ſpeziell landwirtſchaftl. Genoſſenſchaftsweſen. — [3] Staatslexikon, Freiburg i. B. 1901, Bd. 2, S. 343. — In [1] und [3] beſonders reiche Literaturangaben. *Lubberger.*

Genteles Grün, ſ. Zinngrün.

Geodäſie oder Vermeſſungskunde iſt die Lehre von der wiſſenſchaftlichen Ausbildung und praktiſchen Anwendung derjenigen Methoden der Meſſung,

Rechnung und Abbildung, die zur Beſtimmung der räumlichen Verhältniſſe ſowohl der geſamten Erdoberfläche als auch beliebig begrenzter Teile derſelben dienen. — Die Aufgaben, die der Geodäſie in dieſer Hinſicht für wiſſenſchaftliche, ſtaatswirtſchaftliche, militäriſche und techniſche Zwecke geſtellt werden, ſind ſehr verſchiedenartiger Natur. Dementſprechend fällt der Geodäſie die Aufgabe zu, für dieſe verſchiedenartigen Anforderungen geeignete Methoden der Meſſung, Rechnung und Abbildung theoretiſch zu entwickeln und für die techniſche Verwendung auszubilden.

I. **Die Methoden der Meſſung, Rechnung und Abbildung.** Allen geodätiſchen Beſtimmungsmethoden dient als Grundlage die jedem Erdorte eigentümliche Richtung der Schwerkraft. Eine Fläche, die alle Schwererichtungen rechtwinklig durchſchneidet, liefert, wenn ſie von einem dem Meeresſpiegel angehörenden Punkte ausgehend gedacht wird, den konventionellen und üblichen Ausdruck für die Erdfigur, das **Geoid** (ſ. Erde, Erdmeſſung), deſſen mathematiſcher Repräſentant das **Erdſphäroid** oder **Ellipſoid** die Berechnungs- und Abbildungsfläche ergibt. Auf dieſe gekrümmte Fläche werden alle Punkte, Linien und Flächenteile der phyſiſchen Erdoberfläche bezogen, und die grundlegende Beſtimmungsmethode der Geodäſie beſteht demnach in der Ermittlung der gegenſeitigen Lage von Punkten in bezug auf dieſe mathematiſch definierte Vermeſſungsfläche. Dazu iſt erforderlich: 1. Herſtellung und Meſſung lotrechter und wagerechter Linien, Ebenen und Winkel, und 2. Ableitung eines unzweideutigen Ausdrucks für die Lage von Punkten zueinander und zur Vermeſſungsfläche a) auf analytiſchem Wege durch Koordinaten in beſtimmt definierten und paſſend angeordneten ſogenannten Koordinatenſyſtemen und b) auf graphiſchem Wege in Karten, Plänen und Riſſen.

Die hauptſächlichſten der für alle dieſe Aufgaben ausgebildeten geodätiſchen Methoden und Verfahren ſind:

1. Beſtimmung der Intenſität der Schwere durch Pendelbeobachtungen für die Ermittlung (dynamiſche Beſtimmung) der Erdfigur (ſ. Erde, Erdmeſſung, Bd. 3).

2. Geographiſche (aſtronomiſche) Ortsbeſtimmung, das iſt die Beſtimmung der Lage von Punkten in bezug auf die Erdachſe durch Ermittlung von Meridianrichtung, Polhöhe und Längenunterſchieden.

3. Meſſung von Entfernungen zwiſchen Punkten der Erdoberfläche auf Grund einer exakt definierten Maßeinheit, und zwar: a) unmittelbare **Längenmeſſung** (ſ. d.) mit einfachen Längenmeßinſtrumenten; b) beſonders exakte unmittelbare Längenmeſſung mit Hilfe beſonderer Apparate, ſogenannte „**Baſismeſſungen**“ (ſ. d.); c) ſogenannte „**Diſtanzmeſſung**“ (ſ. d.).

4. „**Triangulierung**“ (ſ. d.) (Dreiecksmeſſung) auf Grund von Baſis- und Winkelmeſſung in trigonometriſchen Syſtemen, und zwar ſphäroidiſche, ſphäriſche und ebene Triangulierung, je nachdem mit Rückſicht auf Ausdehnung und Genauigkeit der Beſtimmungen das Geoid durch eine ſphäroidiſche, ſphäriſche oder ebene Fläche ausgedrückt wird und dementſprechend geographiſche, ſphäroidiſche, ſphäriſche oder ebene Koordinaten (ſ. **Koordinaten, geodätiſche**) zur Anwendung kommen.

5. **Polygoniſierung** (ſ. d.) durch Beſtimmung von Längen und Winkeln oder magnetiſchen Azimuten in gebrochenen Linienzügen (in der Regel im Anſchluß an 4).

6. **Stückvermeſſung** (ſ. d.), das iſt die Anwendung der Längen- und Winkelmeſſung bezw. Abſteckung zur Einzelaufnahme (mit oder ohne Anſchluß an 4 und 5).

7. **Meßtiſchaufnahme** (ſ. d.), das iſt die unmittelbare Uebertragung der Punktlage auf eine Zeichnungsebene, den Meßtiſch (in der Regel im Anſchluß an 4).

8. Höhenmeſſung (Hypſometrie), und zwar: a) geometriſches Nivellement (ſ. **Nivellieren**) bei Verwendung horizontaler Ziellinien; b) trigonometriſche **Höhenmeſſung** (ſ. d.) bei Verwendung geneigter Zielllinien mit Meſſung der Winkel zwiſchen Ziel- und Lotlinie; c) barometriſche **Höhenmeſſung** (ſ. d.).

9. Durch Verbindung von Diſtanzmeſſung (3c), ebener Triangulierung (4) und Polygoniſierung (5) mit Höhenmeſſung (in der Regel trigonometriſcher Höhenmeſſung 8b) ergeben ſich die verſchiedenen Methoden der **Tachymetrie** (ſ. d.) und bei Anwendung derſelben zur überſichtlichen Geländedarſtellung (beſonders nach Methode 7) die **Topographie** (ſ. d.), wozu auch die **Photogrammetrie** (ſ. **Phototachymetrie**) neuerdings verwendet wird.

10. Abbildung der Erdoberfläche, das iſt Zeichnen von Karten, Plänen, Riſſen und Schnitten, und zwar: a) mit Berückſichtigung der Krümmung der Erdoberfläche: **Kartenprojektion** (ſ. d.) (Chorographie); b) mit beſonderer Berückſichtigung der Geländedarſtellung die topographiſche Abbildung (auf Grund von 9); c) mit beſonderer Berückſichtigung der exakten Darſtellung aller Einzelheiten, vornehmlich der Eigentums-, Kulturgrenzen u. ſ. w., Planzeichnen, geometriſche **Kartierung** (ſ. d.) ſowie das Zeichnen von Profilen und Riſſen (ſ. **Nivellieren**).

11. Meſſung und Berechnung von Flächeninhalten (Planimetrie) (ſ. **Flächenberechnung**) und Kubikinhalten von Erdkörpern (ſ. **Erdmaſſenberechnung**).

II. **Einteilung der Geodäſie und Ueberſicht über ihre Aufgaben.** Die Verſchiedenartigkeit der Aufgaben, die der Geodäſie in wiſſenſchaftlichem, ſtaatswirtſchaftlichem, militäriſchem, techniſchem und öffentlichem Intereſſe geſtellt werden, führt zu einer Einteilung in verſchiedene Zweige, wobei beſonders die hiſtoriſche Entwicklung als Grad-(Erd-)meſſung, militärtopographiſche Meſſungen und Kataſtervermeſſungen maßgebend geweſen iſt.

A. **Der Erdmeſſung** (ſ. Bd. 3, S. 480) fällt zu die Definition und Beſtimmung der Erdfigur und ihrer Dimenſionen. Ihre hauptſächlichſten Methoden ſind die unter 1, 1, 2, 3b, 4 und 8 genannten. Sie liefert die notwendige Beſtimmung der Form und Dimenſionen der Berechnungsfläche für:

B. die Landesvermeſſung (ſ. d.), deren Aufgabe es iſt, im öffentlichen und ſtaatswirtſchaftlichen Intereſſe ein einheitliches Vermeſſungswerk für das geſamte Gebiet eines Landes herzuſtellen und dauernd zu erhalten. Die geodätiſchen Arbeiten zerfallen in die Ausführung der Landestriangulation und der darauf gegründeten Spezialvermeſſung. Man unterſcheidet eine topographiſche und eine ſpezielle Landesvermeſſung. Die erſtere, die zur Herausgabe einer topographiſchen Karte des Landes führt und zunächſt für militäriſche Zwecke erforderlich war, liegt dementſprechend in faſt allen Ländern in der Hand der Militärverwaltungen, während die letztere, zunächſt für die Grundſteuererhebung unternommen, in entſprechender Weiſe den Finanzverwaltungen der Staaten (Kataſterbehörden, ſ. a. Kataſter) zugefallen iſt. Zur Anwendung kommen je nach den Umſtänden die ſämtlichen unter I, 3—11 genannten Methoden.

C. Die für die vielſeitigen wirtſchaftlichen und techniſchen Zwecke erforderlichen Vermeſſungen ſind ſehr verſchiedenartiger Natur. Es kommen in Betracht die Vermeſſungen im Intereſſe der Landeskultur (Melioration, Zuſammenlegungen u. ſ. w.), der Forſtwirtſchaft (Waldvermeſſung, Forſteinrichtung), des Bergbaues (Grubenmeſſung, Markſcheiden), der ſtädtiſchen Verwaltungen (Stadtvermeſſungen), der äußerſt vielſeitigen Meſſungen im Intereſſe des Eiſenbahn-, Straßen- und Waſſerbaues (geometriſche Vorarbeiten, Abſteckungen, Tracieren, Flußvermeſſungen), endlich die durch den Grundſtücksverkehr (Verkauf, Teilung, Pachtung), durch gewerbliche Betriebsanlagen (Fabriken, Mühlen u. ſ. w.) erforderlichen Vermeſſungen. Alle dieſe geometriſchen Arbeiten rechnet man zur Land- oder Feldmeſſung. Dabei kommen alle die unter I, 4—11 genannten Methoden zur Anwendung, und zwar in verſchiedenartiger, den einzelnen Zwecken beſonders entſprechender Ausbildung, wie z. B. beſonders bei den Grubenmeſſungen, dem ſogenannten Markſcheiden. Hierbei iſt auch hinzuweiſen auf die beſondere Ausbildung der Methoden für nautiſche Zwecke und Reiſewegaufnahmen (ſ. Routenaufnahme).

Abgeſehen von dieſer ſachlichen Einteilung unterſcheidet man eine höhere und niedere Geodäſie, je nachdem infolge der Begrenzung des Gebietes bei den Punktbeſtimmungen von der Krümmung der Erdoberfläche (Konvergenz der Lotrichtungen) abgeſehen werden kann und dementſprechend die Sätze der niederen Mathematik ausreichen oder nicht. Die Bezeichnungen ſchwanken (vgl. die Titel der untengenannten Lehrbücher) und haben im Laufe der Entwicklung eine veränderte Bedeutung angenommen.

Unter Geodäſie (von γῆ Erde, Acker, und δαίζω teile), wörtlich alſo Erd-, Ackerteilung, verſtand man früher die „Feldmeſſung“ (= niedere Geodäſie); erſt im Laufe des letzten Jahrhunderts hat der Begriff allmählich die heutige Erweiterung bis zur geſamten Vermeſſungskunde, einſchließlich der Erdmeſſung, erfahren. Ariſtoteles unterſcheidet Geodäſie = Feldmeſſung von Geometrie = wiſſenſchaftliche Raumlehre. Geodäſie war die rechnende Geometrie, während in der theoretiſchen Raumlehre die praktiſche Rechnung ausgeſchloſſen war. Im Anſchluß hieran ergibt ſich für die angewandte Geometrie die Bezeichnung „praktiſche Geometrie“ (geometria practica), die heute im weſentlichen als gleichbedeutend mit Vermeſſungskunde gilt. — Unter dem Vermeſſungsweſen eines Staates verſteht man die Geſamtheit der im ſtaatlichen und öffentlichen Intereſſe organiſierten Vermeſſungsarbeiten.

Die im Abſchnitt I genannten verſchiedenartigen Beſtimmungsmethoden haben ihre heutige Ausbildung bei den im Abſchnitt II genannten geodätiſchen Arbeiten im Laufe einer allmählichen Entwicklung erhalten, die zurückgeht über die Zeit der arabiſchen Gradmeſſungen, der römiſchen Agrimenſoren und der alexandriniſchen Geometer bis zu den altägyptiſchen Harpedonapten (Seilſpanner), die in dem vom Nil überfluteten Tale die Ackerſtücke einteilten. Dieſe allmähliche Entwicklung iſt auf das innigſte verknüpft einerſeits mit derjenigen der exakten Wiſſenſchaften (Mathematik, Aſtronomie, Phyſik) und anderſeits mit derjenigen von Handel und Verkehr und den ſteigenden Anforderungen, die das öffentliche Leben an die Ausbildung der geodätiſchen Methoden ſtellt. Die moderne Entwicklung, die im weſentlichen auf der Ausbildung der Methoden ſeit Beginn der exakten Gradmeſſungen im 17. und 18. Jahrhundert fußt, hat ihre hauptſächlichſte Förderung im verfloſſenen Jahrhundert erfahren; dabei haben vornehmlich mitgewirkt die umfaſſende Organiſation der internationalen Erdmeſſung (mit ihrem Zentralbureau im Kgl. preuß. Geod. Inſtitut), die ausgedehnten Landesvermeſſungen aller Kulturſtaaten und die darauf gegründeten militärtopographiſchen und Kataſtervermeſſungen, ſodann die Entwicklung des Ingenieurweſens, der Eiſenbahnbau und die techniſchen Hochſchulen. Die exakte Durchbildung, welche die heutigen Methoden auszeichnet und immer mehr gefördert werden wird, iſt gegründet auf die von Gauß geſchaffene Methode der kleinſten Quadrate, die überhaupt erſt eine wiſſenſchaftlich begründete Kritik der Methoden und Hilfsmittel ermöglichte.

Literatur: Die Literatur iſt entſprechend den genannten geodätiſchen Methoden, der allmählichen Ausbildung und Anwendung derſelben für die verſchiedenen Zwecke von den umfaſſenden Aufgaben der Erd- und Landesvermeſſung bis zu den engbegrenzten der Kleintechnik, eine ebenſo umfangreiche wie verſchiedenartige. Bei den einzelnen Artikeln dieſes Lexikons iſt auf die zugehörige Literatur verwieſen. Eine Zuſammenſtellung der geſamten internationalen Literatur mit beſonderer Berückſichtigung der wiſſenſchaftlichen Seite gibt die [1] Publikation der internationalen Erdmeſſung: Geodätiſche Literatur, zuletzt von 1889 (zuſammengeſtellt von Börſch), Berlin, und ein neueres Werk: Gore, J. H., A bibliography of geodesy, 2. Aufl., Report of the superintendent of the U. S. coast and geodetic survey 1901/02, Waſhington 1903, ſowie unter gleichzeitiger Berückſichtigung der Technik die jährlichen Literaturnachweiſe der [2] Zeitſchrift für Vermeſſungsweſen, Stuttgart. Hier ſollen nur einige der verbreitetſten und gebräuchlichſten der neueren deutſchen Lehr- und Handbücher angeführt werden, die, dem in jedem Fall geſteckten Ziel entſprechend, eine Ueberſicht und mehr oder weniger eingehende Darlegung der Methoden und deren Anwendung bieten. Für die Theorie der Erd- und Landesvermeſſungen kommt in erſter Linie in Betracht [3] Helmert, Die mathematiſchen und phyſikaliſchen Theorien der höheren Geodäſie, Bd. 1: Die mathematiſchen Theorien, Leipzig 1880; Bd. 2: Die phyſika-

liſchen Theorien, Leipzig 1884. — Das umfaſſendſte, mit reichen Literaturangaben ausgeſtattete Handbuch iſt [4] Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Stuttgart, Bd. 1: Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinſten Quadrate, 5. Aufl., 1904; Bd. 2: Feld- und Landmeſſung, 6. Aufl., 1904; Bd. 3: Landesvermeſſung und Grundaufgaben der Erdmeſſung, 5. Aufl., 1906. — Ferner ſind zu nennen [5] Bauernfeind, Elemente der Vermeſſungskunde, 2 Bde., 7. Aufl., Stuttgart 1890. — [6] Vogler, Lehrbuch der praktiſchen Geometrie, Bd. 1: Vorſtudien und Feldmeſſen; Bd. 2: Höhenmeſſungen, Braunſchweig 1885 und 1894. — [7] Bohn, Die Landmeſſung, Berlin 1886. — [8] Hartner-Dolezal, Handbuch der niederen Geodäſie, 9. Aufl., Wien 1904/05. — Mit beſonderer Berückſichtigung der Bedürfniſſe der Forſt- und Landwirte ſind bearbeitet [9] Bauer, Lehrbuch der niederen Geodäſie. 5. Aufl., Berlin 1895. — [10] Baule, Lehrbuch der Vermeſſungskunde, 2. Aufl., Leipzig 1901. — Von der großen Anzahl der kleinen Bücher und Leitfaden, die auf engbegrenztem Raum nur die einfachſten Meſſungen behandeln, ſeien nur genannt [11] Wüſt, Leichtfaßliche Anleitung zum Feldmeſſen und Nivellieren, 5. Aufl., Berlin 1901; ſodann Weitbrecht, Praktiſche Geometrie, Leitfaden für den Unterricht an techniſchen Lehranſtalten, 2. Aufl., Stuttgart 1906, und als empfehlenswertes Taſchenbuch [12] Schlebach, Kalender für Geometer und Kulturtechniker, Stuttgart. *Reinhertz.*

Geodätiſche Dreiecke nennt man Dreiecke auf der mathematiſchen Erdoberfläche (allgemein auf jeder beliebigen krummen Fläche), deren Seiten die kürzeſten Linien (geodätiſche Linien) zwiſchen den Eckpunkten ſind und deren Winkel von den in den Eckpunkten an die geodätiſchen Linien gelegten Tangenten gebildet werden.

Die wichtigſten Sätze über die geodätiſchen Dreiecke werden durch die folgenden Formeln zum Ausdruck gebracht, die das geodätiſche Dreieck zu einem ebenen Hilfsdreieck von gleicher Seitenlänge in Beziehung ſetzen:

1. $$\varepsilon = \varrho F' k (1 + \tfrac{1}{3} k m^2),$$

2. $$A - A' = \frac{\varepsilon}{3} + \frac{\varepsilon}{12}\left(\frac{k_1}{k} - 1\right) + \frac{\varepsilon}{60} k (m^2 - a^2),$$
$$B - B' = \frac{\varepsilon}{3} + \frac{\varepsilon}{12}\left(\frac{k_2}{k} - 1\right) + \frac{\varepsilon}{60} k (m^2 - b^2),$$
$$C - C' = \frac{\varepsilon}{3} + \frac{\varepsilon}{12}\left(\frac{k_3}{k} - 1\right) + \frac{\varepsilon}{60} k (m^2 - c^2).$$

Darin bedeuten ε den Exzeß, a, b, c die Dreieckſeiten des geodätiſchen und ebenen Hilfsdreiecks, A, B, C die Winkel des erſteren, A', B', C' die Winkel des letzteren, F' den Flächeninhalt des letzteren, $m^2 = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{3}$ das arithmetiſche Mittel der Quadrate der Dreieckſeiten, k_1, k_2, k_3 das Krümmungsmaß für die drei Eckpunkte des Dreiecks, $k = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3}$ das arithmetiſche Mittel derſelben gültig für die geſamte Fläche des betreffenden Dreiecks. Die allgemeine Gleichung für das Krümmungsmaß iſt: $k = \frac{1}{r^2} = \frac{1}{R_I R_{II}} = \frac{1}{a_0^2} \frac{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^2}{1 - e^2}$, worin r der mittlere Krümmungsradius, R_I und R_{II} die Hauptkrümmungsradien und φ die Polhöhe für die betreffenden Ellipſoidpunkte und e die Exzentrizität, a_0 die große Halbachſe des Ellipſoides bedeuten. In den Gleichungen 2. drückt das zweite Glied auf den rechten Seiten den Einfluß der Abplattung des Ellipſoides auf die Krümmung in den Eckpunkten aus (fällt alſo für ſphäriſche Dreiecke weg), das dritte Glied den Einfluß des Unterſchiedes der Seitenlängen. Die numeriſche Auswertung der Gleichungen zeigt, daß für alle direkt meßbaren geodätiſchen Dreiecke der Einfluß des zweiten und dritten Gliedes weit innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler bleibt und bei den Rechnungen für eine Landesvermeſſung die ſphäriſchen Formeln im allgemeinen hinreichend ſind (vgl. Triangulierung). Für ſpezielle Aufgaben der Erdmeſſung, z. B. für große Dreiecke, deren Seiten aus Dreiecksketten abgeleitet werden, finden die Gleichungen praktiſche Anwendung. Die Theorie der geodätiſchen Dreiecke iſt begründet von Gauß [1].

Literatur: [1] Gauß, Disquisitiones generales circa superficies curvas, Göttingen 1828. — Weiteres ſ. [2] Helmert, Die mathematiſchen und phyſikaliſchen Theorien der höheren Geodäſie, Leipzig 1880, Bd. 1, S. 346, ſowie [3] Jordan, Handb. d. Vermeſſungskunde, Stuttgart 1906, Bd. 3, § 90—96. — In [2] und [3] iſt die weiter in Frage kommende Literatur angegeben. *Reinhertz.*

Geodätiſche Inſtrumente. Die zu den verſchiedenen im Art. Geodäſie genannten geodätiſchen Beſtimmungsmethoden erforderlichen Inſtrumente bezeichnet man allgemein als „geodätiſche Inſtrumente", eine Reihe derſelben auch mit Rückſicht auf das der mathematiſchen Theorie der Beſtimmungsmethode entſprechende Konſtruktionsprinzip als „mathematiſche Inſtrumente" oder mit Rückſicht auf den unmittelbaren Zweck als „Meßinſtrumente". Zur Erlangung einer Ueberſicht können die geodätiſchen Inſtrumente in einige Gruppen zuſammengefaßt werden.

I. Inſtrumente und Geräte zur Bezeichnung von Meſſungspunkten.

Hierher gehören: Abſteck- oder Fluchtſtäbe, Baken, Feſtpunktbolzen oder Schrauben, Zielſcheiben, Heliotrope, Signale u. ſ. w.

II. Inſtrumente zum Beſtimmen von Entfernungen.

1. Für exakte Längen-(Baſis-)meſſungen: Baſisapparat. 2. Für die Kleinmeſſungen: Meßſtab, -latte, -band, -draht, -ſchnur, -rad u. ſ. w. (ſ. Längenmeſſung), und 3. deren Erſatz durch die verſchiedenen Diſtanzmeſſer (ſ. d.).

III. Inſtrumente zur Beſtimmung von Höhen.

1. Inſtrumente zum Herſtellen horizontaler Zielllinien für geometriſche Nivellierung: a) Nivellierinſtrument mit Fernrohr und Libelle, das in Verbindung mit Nivellierlatten und Zubehör den „Nivellierapparat" ausmacht; b) untergeordnete Inſtrumente: Kanalwage (hydroſtatiſches Prinzip) und Pendel-, Setz- u. ſ. w. Wage (ſtatiſches Prinzip) (ſ. Nivellieren). 2. Inſtrumente zur Herſtellung und Abſteckung geneigter Zielllinien und zur Meſſung von Höhenrichtungen: Höhenkreis des Theodolits und die Neigungs-(Gefäll- oder Höhen-)meſſer nach ſtatiſchem Prinzip oder mit Libelle (Pendelbogen, Pendel- oder Senkelrahmen, Pendelkreis, Klinometer, Klitometer, Hypſometer u. ſ. w.); vgl. a. IV, 6 und 7.

IV. Inſtrumente zum Abſtecken, Meſſen und Aufzeichnen von Richtungen und Winkeln.

1. Inſtrumente zum Abſtecken rechtwinklig zueinander ſtehender Richtungen: Winkelkreuz, -kopf, -ſpiegel, -prisma u. ſ. w. 2. Inſtrumente zum Meſſen von Winkeln in beliebigen Ebenen: a) Spiegelſextant, Spiegel- und Prismenkreis, ſowie b) als untergeordnete Inſtrumente: Winkel- oder Gradſcheibe, Graphometer, Quadrant u. ſ. w. 3. Inſtrumente zur Richtungsbeſtimmung gegen den magnetiſchen Meridian: Kompaß- und Buſſoleninſtrumente. 4. Inſtrumente zum Aufzeichnen von Richtungslinien: Winkelſcheibe und Meßtiſch mit Kippregel oder Diopterlineal. 5. Inſtrumente zum Meſſen von horizontalen Richtungen und Winkeln mit einem horizontal einzuſtellenden Kreiſe: a) Winkeltrommel (Aſtrolabium) und mit einem in lotrechter Ebene kippenden Fernrohr (Kipp-, Projektionsfernrohr) ausgerüſtet; b) der „einfache Theodolit". 6. Inſtrumente zum Meſſen von horizontalen und vertikalen Richtungen an einem horizontalen und vertikalen Kreiſe: der „vollſtändige Theodolit" in verſchiedener Anordnung (als Altazimut, Univerſalinſtrument, aſtronomiſcher Theodolit, Azimutalinſtrument und Höhenkreis) und daraus entwickelt in Verbindung mit diſtanzmeſſenden Vorrichtungen: 7. die Tachymeter (Tachymetertheodolit) in verſchiedenartiger Anordnung und in Verbindung mit einer photographiſchen Kammer: 8. der photogrammetriſche Theodolit (Phototheodolit).

V. Inſtrumente zur Herſtellung geometriſcher Zeichnungen und Meſſung in denſelben.

Maßſtäbe, Zirkel, Quadratnetzapparate, Kartierungs-(Auftrage-)apparate, Reduktionsapparate, Pantograph, Linienmeſſer u. ſ. w. Inſtrumente zur Flächeninhaltsbeſtimmung nach Plänen: Planimeter.

VI. Inſtrumente, die für beſondere Meſſungen Verwendung finden und dieſen ſpeziellen geodätiſchen Zwecken entſprechend ausgebildet ſind.

Hier ſind hauptſächlich zu nennen: 1. Federbarometer als Nivellierbarometer für Höhenmeſſungen, 2. Pendel für die Beſtimmung der Schwereintenſität, 3. regiſtrierende Pegel (Flutmeſſer, Medimaremeter, Mareograph) zur Beſtimmung der durch den Meeresſpiegel ausgedrückten Geoidpunkte, ſowie auch 4. Geſchwindigkeitsmeſſer für Waſſermeſſungen.

VII. Inſtrumente und Apparate zur Unterſuchung und Prüfung der verſchiedenen Inſtrumente.

(Die einzelnen Inſtrumente ſind bei den betreffenden Stichworten behandelt, es ſoll hier nur das allen Gemeinſchaftliche hervorgehoben werden.)

Das Konſtruktionsprinzip folgt in jedem Fall unmittelbar aus der Theorie der Beſtimmungsmethode, zu der das Inſtrument Verwendung finden ſoll. Die weſentlichſten der geodätiſchen Inſtrumente, beſonders diejenigen der Gruppen III und IV (Höhen- und Winkelinſtrumente) ſtellen gewiſſermaßen Koordinatenſyſteme dar, deren Achſen durch die Inſtrumentdrehachſen und Abſehlinien gebildet werden und nach dem Prinzip der Punktbeſtimmungen horizontal oder vertikal einzurichten ſind. Die einzelnen Teile (Glieder, Organe), aus denen ſich die Inſtrumente zuſammenſetzen, müſſen in bezug auf Leiſtung und Anordnung dem Prinzip des Inſtrumentes entſprechen. Für dieſe Anordnung bleibt ein gewiſſer Spielraum, ſo daß mannigfache Inſtrumenttypen entſtehen.

Eine ganze Reihe von Konſtruktionsteilen iſt vielen geodätiſchen Inſtrumenten gemeinſchaftlich. Die weſentlichſten derſelben, beſonders der Gruppen III und IV, ſind:

1. Lot- und Horizontierungsvorrichtungen, und zwar die Libelle (ſ. d.) oder an untergeordneten Inſtrumenten, Lot-(Senkel-) oder Pendelvorrichtungen (Gruppe III, 1 b und 2).

2. Abſeh- oder Zielvorrichtungen, und zwar Diopter und Fernrohr (Ableſe- oder Zielfernrohr) mit Fadenkreuz und Mikrometer. Die Fernrohre ſind ſtets „aſtronomiſche" mit achromatiſchem Objektiv und Ramsdenſchem, Huygenſchem bezw. orthoſkopiſchem Okular. Die optiſche Anordnung der Fernrohre iſt je nach dem Zweck verſchieden; der Durchmeſſer des Objektivs liegt etwa zwiſchen den Grenzen 15 und 60 mm, die Brennweite desſelben etwa zwiſchen 10 und 75 cm, die Vergrößerung etwa zwiſchen 5- und 80fach, je nachdem es ſich um kleine oder große Inſtrumente handelt; bei Theodoliten und Nivellierinſtrumenten kommen in der Regel Vergrößerungen zwiſchen 20- und 40fach und dementſprechende Dimenſionen zur Verwendung. Die Fernrohre werden getragen von ſtarken Stützen, den ſogenannten „Fernrohrträgern", mit denen ſie entweder feſt oder drehbar in Lagern (Fernrohrlager) verbunden ſind. Die Verbindung von Libelle und Fernrohr dient beſonders an Nivellierinſtrumenten zur Herſtellung horizontaler Zielllinien und bei Lagerung des Fernrohrs in einer horizontalen Kippachſe (Kippfernrohr) zur Herſtellung lotrechter Ableſebenen (Richtungsebenen); vgl. die Art. Theodolit und Nivellieren.

3. Teilkreiſe, das ſind mit Gradteilung (in paſſender Unterteilung) verſehene Kreiſe, die in Verbindung mit Libelle und Kippfernrohr die weſentlichſten Beſtandteile der theodolitartigen Inſtrumente ausmachen.

4. Mikrometer. Das ſind Vorrichtungen zur Beſtimmung kleiner Größen, beſonders bei der Ableſung von Längen- und Kreisteilungen: Nonius, Meßkeil, Meßſchraube als Schraubenmikrometer und in Verbindung mit optiſcher Vergrößerung das Schraubenmikroſkop, ferner das Schätz- oder Skalenmikroſkop und am Fernrohr das Okularmikrometer.

5. Feinbewegungsvorrichtungen, die in Verbindung mit Hemm- oder Klemmvorrichtungen zur Ausführung feiner Bewegungen beſonders bei Einſtellung der Ziellinien und Achſen bei Theodolit, Nivellierinſtrument, Meßtiſch, Buſſole u. ſ. w. dienen. Bei dieſen Inſtrumenten beſtehen die Hemm- oder Klemmvorrichtungen aus Schiebern, Läufern oder Ringen, die durch Druck- oder Zugſchrauben um den Rand von Platten (Randklemmen) oder bei Drehachſen durch zentralen Druck (Zentralklemme) oder tangentialen Zug (Bremſe, Ringklemme) um Achſen, Büchſen u. ſ. w. befeſtigt werden. Die Anordnung ergibt ſich aus den Figuren zu den einzelnen Inſtrumenten (Theodolit, Nivellierinſtrument, Tachymeter, Buſſole u. ſ. w.).

6. Vertikalachſe und Unterbau. Die Vertikalachſe iſt die Hauptachſe der meiſten Inſtrumente und der Träger aller drehbaren Teile. Sie iſt ein aus hartem Stahl koniſch abgedrehter Rotationskörper, der entweder (bei großen Theodoliten immer) auf dem Unterbau feſt aufgeſetzt iſt und den Oberbau trägt, oder (in der Regel bei kleinen Theodoliten, Nivellierinſtrumenten, Tachymetern, Buſſolen) in einer entſprechenden koniſchen Hohlachſe (der Büchſe) ruht, die ihrerſeits vom Unterbau getragen wird. Der verbreitetſte und für die meiſten Fälle geeignetſte, weil einfachſte und ſtabilſte Unterbau iſt ein Dreiarm (Dreifuß, Fußgeſtell) mit Stellſchrauben (Fußſchrauben). Dieſe Fußſchrauben ermöglichen eine Neigung in zwei zueinander rechtwinklig ſtehenden Lotebenen und damit die Lotrechtſtellung der Haupt- (Vertikal-) achſe mit Hilfe von Libellen. Die Fußſchrauben enden in Spitzen oder Kugeln und ruhen in Rinnen oder auf Tellern (Fußplatten), mit denen ſie bei kleinen Theodoliten, Tachymetern und Buſſolen zweckmäßig durch eine Haltung verbunden werden. An Stelle des Dreifußes werden bei kleinen Inſtrumenten zur Einſtellung auch andre Vorrichtungen verwendet, und zwar das Kugelgelenk (Nuß) mit zwei rechtwinklig zueinander ſtehenden Stellſchrauben mit Gegenfedern (eventuell zwei Paar Gegenſchrauben), die auf einen vertikalen Stellzapfen oder auf eine den Oberbau des Inſtrumentes tragende Stellplatte (Stampfers Horizontierung) einwirken, oder auch ein Doppelrahmen (Stellrahmen) mit Kippung um zwei horizontale, zueinander rechtwinklig ſtehende Achſen, und endlich auch Lagerung auf ſchiefen Ebenen (Keilkopf). Wegen Abbildungen ſ. die verſchiedenen Inſtrumente. — Die vertikalen und horizontalen Drehachſen ſollen zur Erzielung einer guten und ſicheren Führung möglichſt kräftig und lang, der Unterbau im Intereſſe der Stabilität möglichſt niedrig, die ganzen Inſtrumente aber feldtüchtig und doch leicht ſein. Aus dieſen Forderungen ſowie durch Berückſichtigung der thermiſchen Aenderungen, der Balancierung und Gewichtsanordnung für den Oberbau (Achſenſtützung durch Federn und Rollen), Vermeidung zu ſtarker Reibung, Wahl des Materials und der Dimenſionen, ergeben ſich für die verſchiedenen Inſtrumente eine Reihe von Konſtruktionsbedingungen, die von weſentlichſter Bedeutung für die Güte der Inſtrumente ſind.

7. Zur Aufſtellung der Inſtrumente im Felde dient ein dreibeiniges Geſtell, das Stativ.

Der aus der Anordnung aller einzelnen Teile ſich ergebende Bau des Inſtrumentes muß den ſpeziellen Zwecken, für die dasſelbe Verwendung finden ſoll, entſprechen; z. B. unterſcheidet ſich ein Nivellierinſtrument, das für Landespräziſionsnivellierung geeignet ſein ſoll, in mancher Beziehung von einem Nivellierinſtrument, das etwa beſonders für Querprofilaufnahmen beſtimmt iſt. Zwiſchen dieſen beiden liegt wieder eine ganze Reihe von Zwiſchenſtufen. Aehnlich iſt es beim Theodoliten und den andern Inſtrumenten. Für manche Zwecke werden beſondere Bauarten erforderlich, wie z. B. für die in Bergwerken zu benutzenden Inſtrumente, die man dann Markſcheideinſtrumente nennt (z. B. Grubentheodolit, Grubenkompaß, Hängezeug, Abloter), oder für die zu untergeordneten Beſtimmungen mit Freihandgebrauch eingerichteten Inſtrumente (ſ. Freihandinſtrumente), die, wenn ſie ſpeziell für Meſſungen im Walde einſchließlich der Baumhöhen- und Holzmeſſung dienen ſollen, auch wohl als „Forſtinſtrumente“ bezeichnet werden, während entſprechend ihrer Verwendung die kleineren Theodolite und Nivellierinſtrumente, einſchließlich Längenmeßinſtrumente, Winkelſpiegel u. ſ. w., Feldmeßinſtrumente genannt werden.

Alle für intenſiven Feldgebrauch beſtimmten Inſtrumente (Theodolite, Nivellierinſtrumente, Tachymeter u. ſ. w.) müſſen dieſer Verwendung entſprechend feldtüchtig gebaut, d. h. in allen ihren Teilen möglichſt einfach und kräftig konſtruiert ſein, ohne dadurch plump und ſchwer zu werden. Nicht unwichtig iſt eine zweckmäßig eingerichtete Verpackung und zur Konſervierung der Inſtrumente unerläßlich: Schutz gegen den Angriff von Staub, Feuchtigkeit und Roſt durch ſorgfältige Säuberung nach jeder Feldarbeit, und beſonders für zuſammengeſetzte Inſtrumente von Zeit zu Zeit eine gründliche Reinigung, wenn erforderlich, durch den Mechaniker.

Die allgemeine Forderung: „Die Angabe der Inſtrumente ſoll richtig ſein,“ z. B. die Angabe des rechten Winkels durch einen Winkelſpiegel, horizontaler Ziellinien durch ein Nivellierinſtrument, der horizontalen und vertikalen Richtungen oder Winkel durch Theodolit, Tachymeter und Buſſole, verlangt Unterſuchung, Prüfung und Berichtigung, insbeſondere:

1. die Prüfung, ob die Inſtrumentangaben dem theoretiſchen Prinzip des Inſtrumentes entſprechen, und wenn dies nicht der Fall iſt, Herſtellung der Uebereinſtimmung zwiſchen Angabe und Theorie, d. h. Richtigſtellung der Angaben, Berichtigung (Juſtieren, Korrigieren) des Inſtrumentes. — Zunächſt iſt nötig die Prüfung, ob die aus der Theorie folgenden Bedingungen, wie z. B. parallele oder rechtwinklige Stellung der Inſtrumentachſen oder Achſenlager, Ablehlinien, Libellenachſen, Zeigerlinien u. ſ. w. zueinander, erfüllt ſind. Dieſe Unterſuchung entſpricht in jedem Fall der Theorie des Inſtrumentes unter Berückſichtigung ſeiner beſonderen Konſtruktion

(ſ. die verſchiedenen Inſtrumente). Da beſonders bei den zuſammengeſetzten Inſtrumenten aus Gründen, die durch die Konſtruktion, ſodann durch Temperatureinwirkung, Abnutzung, Biegung u. ſ. w. bedingt ſind, die Teile nicht ſtarr miteinander verbunden werden können, müſſen Fernrohre (Fadenkreuz, Objektiv), Libellen, Achſenlager u. ſ. w. mit feinen Schrauben, den ſogenannten Berichtigungs- (Juſtier-, Korrektions-) ſchrauben geringe Verſchiebungen zulaſſen, durch welche die genaue Erzielung der geforderten Stellung ermöglicht wird. Prüfung und Berichtigung ſind daher mit Rückſicht auf die erwähnte Veränderlichkeit von Zeit zu Zeit zu wiederholen. — Da die geforderte Richtigſtellung nicht in allen Fällen ſtreng erfüllt werden kann oder auch in einzelnen Fällen aus beſonderen Gründen nicht zweckmäßig iſt, ſo müſſen die Abweichungen durch entſprechende Anordnung des Beobachtungsverfahrens (Elimination, Kompenſation, z. B. Abſteckung eines rechten Winkels von zwei Seiten einer Linie aus, Meſſen von horizontalen und vertikalen Richtungen in zwei Fernrohrlagen, Verwendung gleicher Zielweiten beim Nivellieren u. ſ. w.) oder durch Beſtimmung der zuzulegenden „Verbeſſerungen“ (Korrektionen) beſeitigt werden, oder endlich, es wird von der ſogenannten Berichtigung ganz abgeſehen und die Beziehung zwiſchen den unmittelbaren Inſtrumentangaben und den geſuchten Werten, die ſogenannten „Konſtanten“ (z. B. bei Diſtanzmeſſer, Federbarometer, Planimeter u. ſ. w.) beſtimmt und damit die geſuchten Werte berechnet.

2. Beſtimmung der Genauigkeit, mit der die Inſtrumentangaben die tatſächlichen Werte ausdrücken. — Die Genauigkeit der Inſtrumentangaben, die „Leiſtung“ der Inſtrumente, muß den Anforderungen entſprechen, die an die Ergebniſſe der Meſſungen zu ſtellen ſind. So z. B. müſſen die Vergrößerungen der Fernrohre, die Angaben von Libellen, Nonien, Mikroſkopen, Teilungen u. ſ. w. und die davon abhängigen Ziel-, Ableſe- und Schätzungsfehler ſowohl untereinander als mit dem Geſamtzweck des Inſtrumentes in Uebereinſtimmung ſein. Dieſe Unterſuchung kann in verſchiedener Weiſe vorgenommen werden, entweder durch Prüfung der einzelnen Teile (Glieder, Organe) eines Inſtrumentes, z. B. des Fernrohrs, der Libelle, der Teilung, Nonien, Mikroſkope u. ſ. w., oder durch Beſtimmung der Leiſtung des Inſtrumentes beim Meſſungsverfahren ſelbſt, wobei dann zu unterſcheiden ſind die allein vom Inſtrument und die vom Meſſungsverfahren herrührenden Fehler. Dieſe Unterſuchungen ſind je nach dem Zweck und der Konſtruktion des Inſtrumentes in paſſender Weiſe anzuordnen, wobei die Beſtimmung und Beurteilung der Fehlerwerte nach der Methode der kleinſten Quadrate zu erfolgen hat. Durch dieſe letztere allein iſt eine zuverläſſige Kritik der Inſtrumentleiſtungen ermöglicht und daher dieſer im Zuſammenhang mit der Entwicklung der mechaniſchen Kunſt (Präziſionsmechanik) die weſentlichſte Bedeutung für die Steigerung der Inſtrumentleiſtungen und damit der Meſſungsverfahren beizulegen.

Ein ganz beſonderes Intereſſe bietet die Geſchichte der geodätiſchen Inſtrumente und die Entwicklung der heutigen Formen aus den rohen, ſchon im Altertum gebrauchten und dem Mittelalter überlieferten Hilfsmitteln. Kreuzſcheibe (groma), Diopter, Quadrant, Lot, Setzwage, Kanalwage, Triquetrum, geometriſches Quadrat, Jakobſtab, Aſtrolabium, Kompaß bilden den Grundſtock, zu dem mit dem Wiederaufblühen der Wiſſenſchaften in raſcher Folge die Erfindungen vom 16. Jahrhundert ab hinzukommen, von Tychos Azimutalquadrant, Nonius (Werner), Fernrohr, Fadenkreuz, Libelle, Meßtiſch u. ſ. w. bis zu den Inſtrumenten der erſten Gradmeſſungen, aus denen im Laufe des 18. Jahrhunderts die heutigen Formen wurden, die auszubilden und bis zu überraſchenden Leiſtungen (entſprechend den Aufgaben der modernen Geodäſie) zu ſteigern die Aufgabe des 19. Jahrhunderts geweſen iſt.

Als die bedeutendſten der deutſchen Mechaniſchen Inſtitute, die für die moderne Entwicklung in dieſem Jahrhundert von Einfluß geweſen ſind, ſind beſonders zu nennen: Breithaupt in Kaſſel, Reichenbach in München, Repſold in Hamburg, Piſtor & Martins in Berlin. — Nach Harrwitz, Adreßbuch für die deutſche Mechanik und Optik, Berlin 1898, ſind die mechaniſchen Inſtitute, die ſich heute ſpeziell mit der Herſtellung geodätiſcher Inſtrumente befaſſen: Bamberg in Friedenau-Berlin, Breithaupt & Sohn in Kaſſel, Butenſchön in Bahrenfeld bei Hamburg, Charitius in Weimar, Dennert & Pape in Altona, Eckſtein in Eiſenach, Elbs in Freiburg i. B., Ertel & Sohn in München, Fennel in Kaſſel, Grund & Oehmichen in Karlsruhe, Günther in Braunſchweig, Heyde in Dresden, Hildebrandt in Freiberg i. S., Hofmann in Clausthal, Lüttig in Berlin, Maeß in Dortmund, Meißner in Berlin, Ott in Kempten, Peßler in Freiberg i. S., Puſch in Breslau, Randhagen in Hannover, Raſchke in Glogau, Reiß in Liebenwerda, Roſenberg in Berlin, Roß in Eſſen, Sickler in Karlsruhe, Sprenger in Berlin, Stiegel in Kaſſel, Wanke in Osnabrück, Wanſchaff in Berlin, Warkentin in Leipzig, Wegener in Berlin, Wolz in Bonn u. a. — Die zum Teil ſehr eingehenden Verzeichniſſe dieſer Firmen geben über Preis und Konſtruktionseinzelheiten Auskunft.

Literatur: Beſchreibung, Theorie und Gebrauch der geodätiſchen Inſtrumente machen einen großen Teil des Inhaltes der beim Art. Geodäſie genannten Hand- und Lehrbücher aus, in denen auch ausreichende Angaben über die äußerſt umfangreiche Spezialliteratur (vgl. Jordans Handbuch) ſich finden, auf die hier nicht eingegangen werden kann. Soweit erforderlich, iſt bei den einzelnen Inſtrumenten auf die ſpeziell in Betracht kommende Literatur verwieſen. Als Spezialwerke für geodätiſche Inſtrumente ſind neben den beim Art. Geodäſie genannten Lehr- und Handbüchern noch zu nennen: Hunäus, Die geometriſchen Inſtrumente, Hannover 1864, und auch Schneitler, Inſtrumente der höheren und niederen Meßkunſt, Leipzig 1852 (beide veraltet), weiter Stanley, Surveying and Levelling Inſtruments, London 1901; d'Ocagne, M., Les instruments de précision en France, Paris 1904, beſonders S. 21—31. Wegen der Geſchichte der Inſtrumente ſei hingewieſen auf Wolf, Geſchichte der Aſtronomie, München 1877. — Zahlreiche Aufſätze finden ſich in Fachzeitſchriften, beſonders in der Zeitſchrift für Inſtrumentenkunde, Berlin, und der Zeitſchrift für Vermeſſungsweſen, Stuttgart. *Reinhertz.*

Geodätiſche Linie, die kürzeſte auf einer Oberfläche liegende Verbindungslinie zwiſchen zwei Punkten der Oberfläche.

So iſt die Schraubenlinie eine geodätiſche Linie auf dem Kreiszylinder, ebenſo jeder ebene Schnitt normal zur Achſe des Zylinders. Bei Kegelflächen bilden die Erzeugenden, bei Rotationsflächen die Meridiane, bei Umhüllungsflächen die Charakteriſtiken geodätiſche Linien der betreffenden Oberfläche; ſ. a. Clairauts Satz, Bd. 2, S. 468, Fadenkurven, Bd. 3, S. 566, Flächentheorie, S. 72. *Venderlinn.*

Geodätiſche Uebertragung nennt man die Berechnung von Breite, Länge und Azimut eines Punktes P der Erde (Sphäroid) auf Grund der gegebenen Koordinaten eines andern Punktes P_0 und einer zwiſchen beiden Punkten ausgeführten Triangulation. Auch die umgekehrte Aufgabe: geodätiſche Entfernung und Richtung der geodätiſchen Linie an beiden Punkten aus den gegebenen ſphäroidiſchen (oder geographiſchen) Koordinaten zu beſtimmen, gehört hierzu. Die Methoden und Rechnungsvorſchriften für die Löſung dieſer Aufgaben bilden einen weſentlichen Teil der Geodäſie.

Die Löſung dieſer Aufgaben iſt ſehr einfach, ſobald es ſich nur um kleinere Entfernungen bezw. enger begrenzte Gebiete (100—200 qkm) handelt, für die die Erde noch als eben betrachtet werden kann, ebenſo iſt das der Fall, ſolange dieſelbe als Kugel anzuſehen iſt. Im erſteren Fall gelten die Vorſchriften der ebenen, im zweiten Fall diejenigen der ſphäriſchen Trigonometrie. Anders wird die Sache, wenn der Abplattung der Erde, d. h. der elliptiſchen Geſtalt der Erdmeridiane, Rechnung getragen werden muß.

Im allgemeinen iſt die Uebertragung von Breite und Länge mit Hilfe einer guten Triangulation ſo genau möglich, als es durch eine direkte Beſtimmung der geographiſchen Koordinaten des zweiten Punktes auf aſtronomiſchem Wege auch geſchehen könnte. Dagegen wird die Azimutübertragung weſentlich von der Anzahl der zwiſchen beiden Punkten einzuſchaltenden Dreiecke abhängig ſein, da nach den Grundſätzen der Fehlerübertragung die dieſe Dreiecke beſtimmenden Winkel die Uebertragung im Verhältnis der Quadratwurzel der Anzahl dieſer Dreiecke beeinfluſſen. Liegen alſo z. B. neun Dreiecke dazwiſchen und iſt der mittlere Winkelfehler in jedem Dreieck 0,5″, ſo hat man als mittleren Fehler für das übertragene Azimut $\pm 0{,}5'' \sqrt{9} = \pm 0{,}5'' \cdot 3$, alſo $\pm 1{,}5''$. Dies überſteigt den mittleren Fehler eines direkt aſtronomiſch gemeſſenen Azimuts, der bei Anwendung entſprechend guter Inſtrumente auch nur auf etwa $\pm 0{,}5''$ anzuſetzen ſein dürfte.

Die Unterſchiede, die ſich zwiſchen den geodätiſch übertragenen und den direkt aſtronomiſch beſtimmten Koordinaten ergeben, ſtellen die ſogenannten Lotabweichungen (ſ. d.) dar, d. h. ſie geben ein Maß für die Verſchiedenheit der Dimenſionen des ſogenannten Geoides und des zugrunde gelegten Reverenzellipſoids. Dieſe Lotabweichungen können an manchen Stellen der Erde über eine Bogenminute betragen. — Die geodätiſche Uebertragung kann auf zwei verſchiedenen Wegen erfolgen, einmal durch Berechnung der ſogenannten rechtwinkligen geodätiſchen Koordinaten und zweitens auf Grund der Kenntnis von Entfernung und Azimut.

I. Die geodätiſche Uebertragung auf Grund einer Triangulation eines Landgebietes beruht darauf, daß aus dieſer die rechtwinkligen Koordinaten einer größeren Anzahl von Punkten bekannt ſind (meiſt ſphäriſche und nur ſelten ſphäroidiſche Koordinaten). Dieſe Koordinaten ſind ſo zu verſtehen, daß man einen zweckmäßig gewählten Punkt P_0 als Urſprung desſelben annimmt und durch dieſen den Meridian zieht als x-Achſe. Fällt man nun von dem feſtzulegenden Punkt P auf die x-Achſe ſenkrecht als Bogen größten Kreiſes ein Lot, ſo wird die Länge desſelben die y-Koordinate des Punktes P bedeuten. Die Berechnung dieſer (x, y) für jeden Punkt P erfolgt entweder nach den Prinzipien der ebenen oder für einigermaßen ausgedehnte Gebiete ($y > 2$ km) nach denen der ſphäriſchen Trigonometrie.

Handelt es ſich um die Anfertigung von Karten größerer Teile der Erdoberfläche (etwa von der Ausdehnung eines Quadratgrades an), ſo müſſen aus den „rechtwinkligen“ die geographiſchen Koordinaten, d. h. Breite und Länge, und eventuell auch das Azimut gewiſſer Richtungen berechnet werden. Dazu iſt notwendig, daß die geographiſchen Koordinaten des Urſprungpunktes P_0 direkt aſtronomiſch beſtimmt ſind und daß die genannte Triangulierung „orientiert“ iſt, d. h. daß das Azimut einer vom Punkte P_0 ausgehenden Richtung bekannt iſt. Für die Berechnung der geographiſchen Koordinaten eines Punktes P iſt es dann auch erforderlich, beſtimmte Annahmen über die Form der Meridianellipſe zu machen, da beſonders die Breitendifferenzen davon beeinflußt werden.

Die erſten bequemen Formeln zur Auflöſung der vorſtehenden Aufgabe hat Bohnenberger gegeben [1], und dieſe werden im weſentlichen noch heute angewendet. Dieſelben ſind ſpäter etwas umgeſtaltet worden [2]. Ein vielfach angewandtes Syſtem ſoll hier noch gegeben werden, während für Weiteres an dieſer Stelle auf die Originalliteratur und die geodätiſchen Hand- und Lehrbücher [3] verwieſen werden muß.

Iſt R der Krümmungshalbmeſſer im Meridian, N derjenige des normal dazu ſtehenden größten Kreiſes (Querkrümmungshalbmeſſer), $\Delta\alpha$ die ſogenannte Meridiankonvergenz, ϱ die Anzahl der Sekunden für die Länge des Halbmeſſers — alſo 206 264,806″ —, ſo hat man:

$$1.\quad \xi = \frac{x}{R}\varrho \quad \text{und} \quad \eta = \frac{y}{N}\varrho;$$

damit erhält man weiter:

$$2.\quad \varphi = \varphi_0 + \left\{\frac{x}{R} - \tfrac{1}{2} V^2 \left(\frac{y}{N}\right)^2 \operatorname{tg}(\varphi_0 + \xi)\right\}\varrho, \text{ wo } V^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}\cos^2(\varphi_0 + \xi) \text{ zu ſetzen iſt.}$$

$$3.\quad \lambda = \frac{y}{N}\cdot\frac{1}{\cos(\varphi_0+\xi)}\varrho - \tfrac{1}{3}\left(\frac{y}{N}\right)^3\frac{1}{\cos(\varphi_0+\xi)}\operatorname{tg}^2(\varphi_0+\xi)\varrho + \ldots$$

$$4.\quad \frac{\Delta\alpha}{\varrho} = \frac{y}{N}\operatorname{tg}(\varphi_0+\xi) + \tfrac{1}{3}\left(\frac{y}{N}\right)^3\operatorname{tg}\varphi\,(2+\operatorname{tg}^2\varphi) + \ldots$$

Die Werte von R und N können den auf Grund der Beſſelſchen Erddimenſionen entworfenen Tafeln bequem entnommen werden, z. B. aus Albrecht, Formeln und Hilfstafeln u. ſ. w. [4]. Die ſtrenge Ableitung und auch weitere Diskuſſion dieſer Formeln findet man in Helmert, Die mathematiſchen und phyſikaliſchen Prinzipien der höheren Geodäſie u. ſ. w.

II. Der zweite Fall der geodätiſchen Uebertragung durch Diſtanz und Azimut löſt folgende Aufgabe: Von einem Punkt P_0 mit den geographiſchen Koordinaten (φ_0, λ_0) geht der Bogen (geodätiſche Linie) von der Länge s mit einem Anfangsazimut A_0 aus; es iſt zu ermitteln die geographiſche Breite φ des Endpunktes P von s, der Längenunterſchied P_0 bis P und das Azimut von s in P. (Die geographiſchen Koordinaten ſind als ellipſoidiſche zu verſtehen, die ſich auf ein Rotationsellipſoid beziehen, mit den Halbachſen a und b, wie oben ſchon benutzt). Solche Uebertragungen kommen ſowohl bei größeren Landesvermeſſungen vor, beſonders aber dann, wenn es ſich darum handelt, für ſehr große Werte von s die geographiſch-geodätiſch ermittelten Koordinaten mit den direkt aſtronomiſch gefundenen zu vergleichen zu Gradmeſſungszwecken.)

Je nach der Länge von s können zur Löſung der geodätiſchen Hauptaufgabe verſchiedene Wege eingeſchlagen werden, die ſich natürlich um ſo einfacher geſtalten, je kürzer s iſt.

Ganz allgemein, für jede beliebige Länge von s gültig und brauchbar iſt das Verfahren von Beſſel [5], das ſich folgendermaßen darſtellt [8] (wo Zahlenangaben gemacht ſind, beziehen ſie ſich auf das Beſſelſche Erdellipſoid): aus φ_0 iſt die entſprechende „reduzierte" Breite u_0 zu beſtimmen durch

$$5.\quad \operatorname{tg} u_0 = \sqrt{1-e^2}\operatorname{tg}\varphi_0 = [9\cdot 998\ 5458 - 10]\operatorname{tg}\varphi_0 \qquad \text{(Tafel)}.$$

(Ueber die Bedeutung der „reduzierten" [oder auch ſphäriſchen] Breite ſ. Breite und die dort gegebene Figur.) — Aus dem gefundenen u_0 und dem gegebenen A_0 ſind die Hilfsgrößen m und M zu berechnen aus:

$$6.\quad \begin{cases} \sin m &= \cos u_0 \sin A_0 \\ \cos m\cos M &= \cos u_0 \cos A_0 \\ \cos m \sin M &= \sin u_0 \end{cases}$$

Mit Hilfe von s, m und M iſt die Länge des s entſprechenden „ſphäriſchen" Bogens σ zu beſtimmen aus:

$$7.\quad \sigma = \frac{a}{b}s + \beta\cos(2M+\sigma)\sin\sigma + \gamma\cos(4M+2\sigma)\sin 2\sigma + \ldots$$

$$\left(\text{wo } \log\frac{1}{b} = 3\cdot 196\ 8107 - 10 \text{ für Meter}\right).$$

Die log der Koeffizienten α, β, γ hängen von der angenommenen Exzentrizität ab und ſind mit dem Argument $\log\left(\frac{e}{\sqrt{1-e^2}}\cos m\right) = \log\cos m + [8\cdot 913\ 6593 - 10]$ der betreffenden Beſſelſchen Tafel zu entnehmen. Die indirekte Auflöſung der Gleichung 7. iſt für kürzere s bei der ſtarken Konvergenz ſehr einfach; für längere s kann ein Verfahren Helmerts angewendet werden. Damit bekommt man das geſuchte Azimut A im Endpunkt und die reduzierte Breite u dieſes Punktes aus:

$$7a.\quad \operatorname{tg} A = \frac{\cos M}{\cos(M+\sigma)}\operatorname{tg} A_0; \qquad \operatorname{tg} u = -\operatorname{tg}(M+\sigma)\cos A$$

und aus u auch ſofort das geſuchte φ mittels:

$$8.\quad \operatorname{tg}\varphi = \frac{1}{\sqrt{1-e^2}}\operatorname{tg} u = [0\cdot 001\ 4541]\operatorname{tg} u \qquad \text{(Hilfstafel)}.$$

Um den Längenunterſchied λ zu erhalten, iſt zunächſt der „ſphäriſche" Längenunterſchied l zu ſuchen aus:

$$9.\quad \sin l = \frac{\sin\sigma\sin A_0}{\cos u} = -\frac{\sin\sigma\sin A}{\cos u_0},$$

oder einer daraus abgeleiteten Formel, woraus ſodann der ellipſoidiſche Längenunterſchied λ ſich ergibt durch:

$$10.\quad \lambda = l + 2p\sin m\,[\alpha'\sigma + \beta'\cos(2M+\sigma)\sin\sigma + \gamma'\cos(4M+2\sigma)\sin 2\sigma + \ldots].$$

Hier iſt $\log 2p = 7\cdot 825\ 1369 - 10$, und es ſind die Koeffizienten α', β' mit dem Argument $\frac{e\sqrt{3/4}}{\sqrt{1-3/4\,e^2}}\cdot\cos m = k\cdot\cos m$ (wo $\log k = 8\cdot 850\ 8256 - 10$) aus der Beſſelſchen Hilfstafel zu entnehmen. — Das Beſſelſche Verfahren iſt etwas umſtändlich anzuwenden, doch kürzt ſich die Rechnung für nicht lange Linien (z. B. < 200 km) ſtark ab, und das Verfahren hat eben den Vorzug der Allgemeinheit. Ueber Jordans Auflöſung der Aufgabe mit ſphäroidiſchen Mittelbreitenformeln, die den höchſt fruchtbaren Gedanken von Gauß weiterentwickelt, vgl. [6].

Für kürzere s wird man jedenfalls die Beſſelſche Löſung oder eine andre, auch für lange s gültige, wie ſie Hanſen [7], Clarke [8] und andre gegeben haben, jedenfalls nicht anwenden. Es gibt für dieſen Fall eine größere Anzahl von Formelſyſtemen, von deren Anführung hier aber abgeſehen werden kann. Eine der wichtigſten neueren Methoden iſt die von O. Schreiber angegebene, die noch für Längen von $s = 120$ km φ und λ bis auf 0,0001″ und A bis auf 0,001″ genau gibt [9]. Ein für Dreieckſeiten von etwa 30 km Länge noch gültiger Formelſatz, der aus den Schreiberſchen Formeln unter Weglaſſung einiger Glieder höherer Ordnung erhalten wird und der in ſehr vielen Fällen genügen wird, mag hier noch mitgeteilt werden, weil er auch unter Umſtänden bei rein techniſchen Vermeſſungen noch zur Anwendung gelangen kann [10]. Das Syſtem lautet:

$$11.\quad \begin{cases} \varphi = \varphi_0 + \dfrac{s}{R}\sin\dfrac{A_0+A}{2}\varrho \\ A = A_0 + 180° - \dfrac{s}{N}\operatorname{tg}\dfrac{\varphi_0+\varphi}{2}\cos\dfrac{A_0+A}{2}\varrho \\ \quad = A_0 + 180° + \lambda\sin\dfrac{\varphi_0+\varphi}{2} \\ \lambda = -\dfrac{s}{N}\cos\dfrac{A_0+A}{2}\cdot\dfrac{1}{\cos\dfrac{\varphi_0+\varphi}{2}}\varrho, \end{cases}$$

das allerdings indirekt aufgelöſt werden muß, aber ſehr bequem iſt.

Die Umkehrung der im vorſtehenden behandelten Aufgabe — nämlich: gegeben ſind die geographiſchen Koordinaten $(0, \varphi_0)$ und (λ, φ) zweier Punkte P_0 und P der ellipſoidiſchen Erdoberfläche; man ſucht die Länge s der geodätiſchen Linie zwiſchen beiden und die Azimute A_0 und A von s in P_0 und P — fällt nicht mehr unter den Begriff der geodätiſchen Uebertragung der geographiſchen Koordinaten im engeren Sinne, und es iſt über dieſe Form der geodätiſchen Hauptaufgabe die bisher zitierte Literatur ſowie der Art. Geodätiſche Linie nachzuſehen. Doch ſei, da dieſe Form für die nicht unmittelbar der Landesmeſſung dienenden Zwecke meiſt die wichtigere iſt, auch hier wenigſtens angeführt, daß für ſie ganz ebenſo wie für die vorige für beliebig lange geodätiſche Linien die Beſſelſche Auflöſung zu Gebot ſteht, ebenſo für alle praktiſch vorkommenden Fälle die bequemeren neueren Auflöſungen der vorigen Aufgabe. Für kürzere Linien (bis zu 200 km Länge) hat Helmert neuerdings ein einfaches Verfahren angegeben [11], und für kürzeſte Linien (Dreieckſeiten bis etwa 30 km) genügt vollſtändig ein Syſtem, das dem unter [11] gegebenen entſpricht. Vgl. zu dieſer Aufgabe auch noch [12].

Bezüglich der bei allen dieſen Rechnungen zu erreichenden Genauigkeit mag hier nur darauf hingewieſen werden, daß, ſoll die bei Längenmeſſungen zu erzielende Schärfe in der Punktbeſtimmung auch bei der geodätiſchen Uebertragung nahezu erlangt werden, dieſe Rechnungen mit ungewöhnlicher Schärfe geführt werden müſſen. Denn einer Bogenſekunde entſpricht im Meridian eine lineare Entfernung von etwa 31 m. Eine gewöhnliche Längenmeſſung auf 1—2 km läßt ſich aber leicht bis auf 1 oder 2 cm genau ausführen, das würde alſo 0,0001″ bis 0,0002″ entſprechen. — Die Genauigkeit der direkten aſtronomiſchen Beſtimmungen läßt ſich höchſtens bis auf das 100—200fache dieſer Beträge treiben. — Kommen bei Routenaufnahmen oder bei der Navigation durch magnetiſchen Kurs und abgelaufene Länge ſolche „geodätiſche Uebertragungen“ (denn das ſind dieſe Aufnahmen tatſächlich) in Betracht, ſo dienen direkte aſtronomiſche Beſtimmungen in angemeſſenen Intervallen nur zu deren Anſchluß reſp. Korrektion.

Literatur: [1] Schon Ende des 18. Jahrhunderts, vgl. dazu beſonders Bohnenberger, De computandis etc., Tübingen 1826, § 21; deutſche Bearbeitung von Hammer (Die Berechnung der trigonom. Vermeſſungen), Stuttgart 1885, S. 44—46. — [2] Jordan, Handbuch der Vermeß., Stuttgart 1896, Bd. 3, 4. Aufl., S. 304—305; Vermeſſungsweſen der Stadt Dresden, Heft 1, Triangulierung 1., 2., 3. Ordnung, Dresden 1896, S. 182—184. — [3] Helmert, Theorien der höheren Geodäſie, Bd. 1 (Math. Teil), Leipzig 1880, S. 123—128, und das ganze Kapitel 9, beſonders §§ 8—11, S. 421—432; für die Umkehrung der Aufgabe §§ 15—17, S. 440—448, ſowie Jordan, l. [2], ebenſo die Originalliteratur von Beſſel, Gauß und eine große Anzahl von Spezialabhandlungen in den geodätiſchen und aſtronomiſchen Zeitſchriften, beſonders der „Zeitſchrift für Vermeſſungsweſen“ und den „Aſtronomiſchen Nachrichten“. Ueber die meiſten neueren Arbeiten auf dieſem Gebiete findet man Angaben in der „Zeitſchrift für Vermeſſungsweſen“ in Artikeln von E. Hammer, W. Jordan u. a. Man vergleiche dazu das Inhaltsverzeichnis zu dieſer Zeitſchrift, S. 119 ff. — [4] Albrecht, Th., *Formular und Hilfstafeln zur geographiſchen Ortsbeſtimmung* u. ſ. w., Leipzig, Engelmann (hier beſonders die Kapitel über Erddimenſionen und die folgenden). Dieſes Werk iſt auch überall da zu gebrauchen, wo im Texte auf die Benutzung von Tafeln hingewieſen iſt. Es enthält eine der vollſtändigſten Zuſammenſtellungen der auf das Beſſelſche Erdellipſoid gegründeten Tafeln. — [5] Beſſel, Ueber die Berechnung der geographiſchen Längen und Breiten aus geodätiſchen Vermeſſungen, B., Abhandlungen, herausgegeben von W. Engelmann, Leipzig 1878, Bd. 3. — [6] Die Gaußſche Auflöſung durch die Mittelbreitenformel findet ſich in ſeinen Unterſuchungen über Gegenſtände der höheren Geodäſie, 2. Abhandlung (Gauß' Werke, Bd. 4, S. 301 ff., und Bd. 4, S. 352 ff.). — [7] Hanſen, Geodätiſche Unterſuchungen, Abhandlung Math.-phyſik. Kl. d. Ak. d. Wiſſ., Leipzig, Bd. 8, 1. Teil, 1. und 2. Abſchn., Leipzig 1865. — [8] Clarke, Geodeſy, Oxford 1880. — [9] Rechnungsvorſchriften für die Trig. Abt. d. Landesaufnahme, Formeln u. Tafeln für Dreiecke, 1. Ordn., Berlin 1878, ſowie die unter [4] angeführte Albrechtſche Tafelſammlung. — [10] Ebend., 2. u. 3. Ordn. — [11] Veröff. d. Kgl. preuß. Geod. Inſt., Lotabweichungen, Heft 1, Berlin 1886, S. 13—24 (auf Grund der Gaußſchen Formeln). Dieſe Helmertſchen Formeln ſind z. B. benutzt in Heft 2 der „Europ. Längengradmeſſung in 52° Br.“ (Geod. Inſt.), Berlin 1896 (Zuſammenſtellung S. 51). — [12] Andrae, Problèmes de haute Géodésie, 3. Heft, Kopenhagen 1883.

Ambronn.

Geoden ſind nur teilweiſe ausgefüllte große, rundliche Hohlräume in Geſteinen (z. B. große Blaſenräume in Lava). Sie beſitzen im Innern noch einen Reſt der urſprünglichen Höhlung, in die das die randliche Ausfüllung bewerkſtelligende Mineral mit ſeinen Kriſtallenden hineinragt (vgl. Druſen). *Leppla.*

Geogenie, Geognoſie, ſ. Geologie.

Geographiſche Koordinaten eines Punktes auf der Erdoberfläche nennt

man die Beſtimmungsſtücke, welche zu ſeiner Feſtlegung mit Bezug auf gewiſſe Fundamentalebenen im Gebrauch ſind. Es ſind die geographiſche Breite und die geographiſche Länge und ſtreng genommen auch die Höhe des Punktes über dem Meereshorizont an der betreffenden Stelle der Erde.

Die Definition der Breite iſt dadurch einfach, daß man den Erdäquator als Ausgangsebene benutzen kann, während für die Länge eine ſolche gegen andre Meridianebenen ausgezeichnete nicht vorhanden iſt und man daher eigentlich nur von „Längendifferenzen“ gegenüber einem willkürlich angenommenen Ausgangsmeridian ſprechen kann. Die geographiſche Breite eines Ortes iſt dann der Winkel, welchen das Lot an dem betreffenden Punkte mit ſeiner ſenkrechten Projektion auf die Aequatorebene einſchließt. Die Längendifferenz iſt der Winkel, welchen die Ebene des Ortsmeridians mit dem Ausgangsmeridian einſchließt. — Als Ausgangsmeridiane ſind im Laufe der Zeit verſchiedene vorgeſchlagen worden, ſo früher der Meridian von Ferro (tatſächlich der Meridian von Paris, da der Meridian von Ferro dadurch definiert wird, daß er 20° weſtlich von demjenigen, der durch das Obſervatorium von Paris geht, liegen ſoll; danach geht er gar nicht mehr durch die Inſel Ferro ſelbſt); jetzt ſind faſt nur noch die Meridiane von Paris (für viele topographiſche Zwecke und für die nautiſchen Rechnungen der Franzoſen) und der von Greenwich (faſt für alle neueren Kartenwerke und bei den nautiſchen Rechnungen aller Völker mit Ausnahme der Franzoſen) in Benutzung. Für die jederzeit mögliche Verifikation der Längenbeſtimmungen iſt es unbedingt notwendig, die Ausgangsmeridiane mit denen großer Sternwarten zuſammenzulegen. Dieſelben ſind dann gewöhnlich beſtimmt durch den Vertikalkreis, in welchem die ideale Abſehenslinie des Hauptmeridianinſtrumentes (Meridiankreis) liegt oder ein andrer beſonders ſicher bezeichneter Punkt (z. B. auch die Mitte einer Kuppel u. ſ. w.). Die Breitenzählung erfolgt vom Aequator aus nach Norden (nördliche Breite) und nach Süden (ſüdliche Breite) von 0 bis 90°, die Längenzählung entweder vom Nullmeridian nach Weſten herum bis 360° oder nach beiden Richtungen bis je zu 180°; dann muß aber der Gradangabe „öſtlich“ oder „weſtlich“ beigefügt werden.

Im vorſtehenden iſt zum Teil ſtillſchweigend die mathematiſche Erdoberfläche als die einer geometriſch einfach zu definierenden Fläche vorausgeſetzt. Wenn man keine ſolche Vorausſetzung über die Art der Niveaufläche der Erde macht, ſo iſt die Meridianebene im Beobachtungspunkte zu definieren als die Ebene, die durch die Lotrichtung im Beobachtungspunkt und die von dieſem nach dem ſichtbaren Himmelspol gezogen gedachte Gerade gelegt wird. Die geographiſche Länge bleibt der Winkel zwiſchen dieſer Ebene und der als Nullmeridian angenommenen Anfangsmeridianebene. An der Definition der geographiſchen Breite ändert ſich nichts Weſentliches. Die Lotrichtung in einem beliebigen Ort der Erdoberfläche ſchneidet nun aber im allgemeinen die Erdachſe nicht mehr; die einzelnen Meridianebenen ſind parallel zur Erdachſe, enthalten ſie aber nicht mehr (doch ſind die Abſtände natürlich klein zu denken); ein auf der Erdoberfläche gezogener Meridian (Verbindungslinie der Punkte mit derſelben geographiſchen Länge) iſt keine ebene Kurve mehr; ebenſo ſind der Aequator und die Parallelkreiſe der Erdoberfläche (Verbindungslinien der Punkte mit derſelben geographiſchen Breite) doppelt gekrümmte, unregelmäßige Linien [2].

Ueber die ſchon von Beſſel vermutete, aber erſt in neuerer Zeit von Küſtner erkannte kleine Veränderlichkeit der geographiſchen Koordinaten eines Punktes vgl. den Art. Erdachſenſchwankung.

Literatur: [1] Hammer, Nullmeridian und Weltzeit, Hamburg 1888. — [2] Helmert, Theorien der höheren Geodäſie, Bd. 1, Leipzig 1880, S. 8, 9; an der Hand der Potentialtheorie weiter ausgeführt in Bd. 2, Leipzig 1884, S. 47—49. Auch ſind viele hierhergehörige Abhandlungen in den Berichten der Konferenzen der Internationalen Erdmeſſung enthalten, ebenſo in der Zeitſchr. für Vermeſſungsweſen, namentlich von Hammer und Jordan. *Ambronn.*

Geographiſche Ortsbeſtimmung, Beſtimmung der Lage eines Punktes auf der Erdoberfläche durch Ermittlung ſeiner geographiſchen Koordinaten (ſ. d.): durch die geographiſche Länge und die geographiſche Breite iſt der Punkt auf der mathematiſchen Erdoberfläche eindeutig feſtgelegt.

Eigentlich gehört zur geographiſchen Ortsbeſtimmung des Punktes noch ſeine Meereshöhe, d. h. ſein Abſtand vom Geoid, gemeſſen in dem (in Strenge nicht geradlinigen) Lot von dem Punkt auf die Geoidfläche herab (deſſen Tangente in dem Punkt die Lotrichtung daſelbſt iſt); doch wird die Ermittlung dieſer dritten Koordinate, der Höhe, meiſt nicht in den Begriff der geographiſchen Ortsbeſtimmung aufgenommen.

Die Beſtimmung der geographiſchen Länge und Breite läßt ſich aber im erſteren Falle gar nicht und im zweiten nur mangelhaft ohne die Beſtimmung der Zeit, d. h. der Abweichung der zu den Beobachtungen benutzten Uhr von ihrer Sollangabe ausführen, ſo daß zur praktiſchen Beſtimmung der geographiſchen Koordinaten auch die der Zeit gehört. Außerdem iſt es meiſt nötig, für die Orientierung ſich anſchließender Vermeſſungen noch die Richtung des Meridians, d. h. den Winkel zu beſtimmen, den irgend eine horizontale Richtung mit dem Meridian einſchließt, alſo eine Azimutmeſſung auszuführen.

Die Beſtimmung der geographiſchen Koordinaten eines Punktes kann geodätiſch (durch „geodätiſche Uebertragung“ von einem nach geographiſchen Koordinaten bereits bekannten Punkt aus oder für weniger feine Beſtimmung durch Entnahme aus einer Karte, die das graphiſche Reſultat aller dieſer geodätiſchen Uebertragungen vorſtellt) geſchehen; oder ſie kann direkt „aſtronomiſch“ (aſtronomiſche Ortsbeſtimmung, wie man dann richtiger ſagen ſollte) ausgeführt werden. Für den erſten Fall iſt auf Geodätiſche Uebertragung, für den zweiten auf die einzelnen Artikel: Azimutbeſtimmung, Längenbeſtimmung, Polhöhenbeſtim-

mung, Zeitbeſtimmung zu verweiſen. Doch mag hier für dieſen zweiten Fall direkter Meſſung, in dem die Anforderungen an die Genauigkeit ſelbſtverſtändlich ſehr bedeutend ſchwanken (Ortsbeſtimmung zur See oder Ortsbeſtimmung eines Reiſenden in wenig erſchloſſenem Land einerſeits, Ortsbeſtimmung einer Sternwarte mit feſt aufgeſtellten großen Inſtrumenten anderſeits ſind die Extreme) und in denen die Ausführung in Beziehung auf Beobachtungsmethoden und Inſtrumente verſchieden iſt, je nachdem der Beobachtungspunkt auf einem Schiff oder ein Punkt des feſten Landes iſt, wenigſtens einige Literatur zuſammengeſtellt ſein, ſoweit ſich die Werke auf alle hierhergehörigen Aufgaben erſtrecken; es kann allerdings nur eine ſehr beſchränkte Auswahl geboten werden (vgl. a. die Notizen bei dem Art. Aequatoreal und bei den oben ſchon genannten Einzelartikeln).

Werden die genauen Formeln für die geodätiſchen Uebertragungen und dementſprechenden Meſſungsmethoden angewendet, ſo kann auf dieſem Wege in beiden Koordinaten noch $^1/_{1000}$ der Bogenſekunde erhalten werden. Dagegen kann man aus Karten, wenn ſie ſonſt richtig orientiert ſind, bei einem Maßſtabe von $^1/_{100000}$ die geographiſchen Koordinaten noch bis auf 1″ entnehmen. Im andern Fall wird für nautiſche Zwecke und mit Hilfe von Spiegelinſtrumenten nur etwa 0,1′ zu verlangen ſein, ebenſo für Routenaufnahmen auf Reiſen bei Anwendung der kleinen transportabeln Univerſalinſtrumente. Dagegen werden auf geodätiſchen Punkten erſter und zweiter Ordnung die Reſultate bis auf 0,1″ ſcharf ſein müſſen und auf feſten Obſervatorien wird man noch ſchärfer meſſen müſſen.

Literatur: In franzöſiſcher, holländiſcher und engliſcher Sprache gibt es eine große Anzahl von Anweiſungen zur Navigation, die alle Anleitungen zu geographiſchen Ortsbeſtimmungen ſowohl durch Koordinatenübertragung (Koppelkurs) als auch durch aſtronomiſche Beobachtungen enthalten. — Eines der verbreitetſten iſt: Raper, Practice of Navig. and Nautic. Astronomy. — Anweiſungen zu aſtronomiſchen Ortsbeſtimmungen enthalten: für Reiſezwecke geeignet: v. Neumayer, Anleitung zu wiſſenſchaftlichen Beobachtungen auf Reiſen, 3. Aufl., 1906; für genauere Arbeiten: Wislicenus, W. J., Handbuch der geographiſchen Ortsbeſtimmungen, Leipzig 1891; Gußfeld, P., Grundzüge der aſtronomiſch-geographiſchen Ortsbeſtimmung, Braunſchweig 1903; Marcus, A., Handbuch der geographiſchen Ortsbeſtimmungen, Braunſchweig 1905. Auch iſt zu vergleichen bezüglich weiterer Literatur: Encyklopädie der mathematiſchen Wiſſenſchaften u. ſ. w., Leipzig 1906, Bd. 6, Heft 1. Für alle genaueren Arbeiten ſind vor allen andern die Formeln und Hilfstafeln für geographiſche Ortsbeſtimmungen von Th. Albrecht zu benutzen, und für die theoretiſchen Entwicklungen muß auf die Hand- und Lehrbücher der ſphäriſchen Aſtronomie verwieſen werden. Dazu ſind zu vergleichen die Art. Länge (geographiſche), Polhöhe, Azimut und Navigation, zum Teil auch Photographiſche Ortsbeſtimmung. Für die nautiſchen Beſtimmungen der geographiſchen Koordinaten des Schiffsortes iſt auf die Handbücher der Navigationslehre und die meiſt beigegebenen Tafelſammlungen zu verweiſen, vor allem: Handbuch der Navigation, herausgeg. vom Reichsmarineamt, 3. Aufl.; v. Bolte (Direktor der Navigationsſchule zu Hamburg), Handbuch der Navigation, Hamburg 1899; Breuſing, Steuermannskunſt, Leipzig 1902 (die Tafeln dazu ſind neu von E. Schilling, Direktor der Seefahrtſchule zu Bremen, herausgegeben). Dazu kommen noch eine Reihe älterer Tafelſammlungen von Domke, Ligowski u. a. *Ambronn.*

Geoid, ſ. Erde, Bd. 3, S. 485.

Geoiſothermen, ſ. Geothermik.

Geologie. Im Laufe ihrer Entwicklung hat ſich die Geologie diejenigen Forſchungen zu eigen gemacht, die ſich auf den Bau und die Ausgeſtaltung des feſten Teiles der Erde und der in ihm vorgehenden Veränderungen erſtrecken. Sie bedient ſich der Mineralogie, der Zoologie und Botanik als Hilfswiſſenſchaften.

Urſprünglich unterſchied man zwiſchen Geologie und Geognoſie in der Weiſe, daß man den erſten Begriff auf die theoretiſche Seite der Entwicklung und Entſtehung der Erde (Geogenie, Erdgeſchichte) zu beſchränken ſuchte und mit dem Worte Geognoſie (Erdkunde) die Kenntnis von dem feſten Teile der Erde in ſeiner heutigen Erſcheinungsweiſe belegte. In neuerer Zeit aber ſind die beiden Bezeichnungen Geologie und Geognoſie immer mehr als gleichbedeutend angeſehen worden und man hat den Begriff Geologie als den allgemeineren auf die Geſamtheit der Erſcheinungen im feſten Teil der Erde ausgedehnt. Die Erſcheinungen gliedern ſich etwa wie folgt: 1. die Erde als Planet im Sonnenſyſtem, ihre Geſtalt, Größe, äußere Erſcheinung, Verteilung von Luft, Waſſer und Land, Dichtigkeit, Zuſtand des Erdinnern, Erdwärme = Geophyſik oder phyſiographiſche Geologie; 2. die Geſteine der Erde, ihre Beſchaffenheit, Entſtehung und Umwandlung = Geſteinskunde, Petrographie, Lithologie; 3. die Kräfte und ihre Aeußerungen, die im Laufe der Entwicklung der Erde beobachtet werden, Vulkanismus, Erdbeben, Gebirgsbildung, Tätigkeit der Atmoſphäre, des Waſſers und Eiſes, der Organismen = dynamiſche Geologie oder Geodynamik; 4. der Aufbau der Geſteine als Gebirgsmaſſen, ihre Lagerung = tektoniſche Geologie oder Geotektonik; 5. die Aufeinanderfolge der Geſteine und die während ihrer Bildung vorhandenen Lebeweſen, Entwicklung der Erde in den verſchiedenen Zeiträumen = hiſtoriſche Geologie, Formationskunde, Geogenie.

Die Geologie als Erfahrungswiſſenſchaft ſammelt alle Beobachtungen über den Bau der Erde und die Beſchaffenheit der ſie zuſammenſetzenden Geſteine. Danach iſt Pflicht des Geologen, alle natürlichen und künſtlichen Entblößungen oder Aufſchlüſſe der Erdſchichten, von der oberflächlichen Vegetations- oder Verwitterungserde abgeſehen, genau zu unterſuchen in bezug auf Lagerung und Beſchaffenheit der Geſteine, Vorkommen von Verſteinerungen. Natürliche Entblößungen ſind: Felſen, Waſſerriſſe oder Eroſionsrinnen, Meeresküſten, Uferbrüche,

Erdfälle, Bergrutſche u. ſ. w. Als künſtliche Entblößungen gelten: Steinbrüche, Sand-, Kies-, Lehmgruben, Hohlwege, Straßen-, Kanal- und Eiſenbahneinſchnitte, Gräben, Brunnengrabungen, Fundamentgruben, endlich Bergwerke, Bohrungen u. ſ. w. Außer dieſen Quellen der Forſchung beſteht die Arbeit des Geologen in der Unterſuchung der Geſteine und Verſteinerungen, erſtere nach ihrem chemiſch-mineraliſchen Beſtand, letztere nach ihrer Stellung im Pflanzen- oder Tierreich. Die genaue Beſtimmung der Gattung und Art der Verſteinerung hat für die Altersſtellung der Schichten, in denen ſie vorkommt, großen Wert (ſ. Verſteinerung).

Die Mutter der Geologie iſt der Bergbau; aus ihm hat ſich erſt zu Ende des 18. Jahrhunderts weſentlich durch die Beſtrebungen und Lehren von G. A. Werner (1750—1817), Profeſſor in Freiberg (Sachſen), die neue Wiſſenſchaft entwickelt. Sein Schüler L. v. Buch dehnte die Forſchungen auf den heutigen Umfang der Wiſſenſchaft bereits aus und ſammelte auf zahlreichen Reiſen eine Fülle neuer Tatſachen. Murchiſon und Sedgwick gliederten die älteren Schichtenreihen nach ihrem Alter in einzelne Abteilungen, Elie de Beaumont ſtellte ein Syſtem der Gebirgsbildung auf und Lyell wirkte durch ſeine Principles of geology vorwiegend klärend. Die chemiſche Seite der Geſteine und der Veränderungen in der Natur hat durch G. Biſchof (1792—1870) die größte Förderung und breiteſte Grundlage erlangt. Durch die Einführung des Mikroſkopes in die Geſteinsunterſuchung ſchuf H. Cl. Sorby 1858 die heutige Geſteinskunde. Den größten Einfluß in der neueſten Geologie hat nach Ch Darwin der Wiener E. Sueß durch ſein dreibändiges Werk über das Antlitz der Erde erlangt. Neben der freien Forſchung haben beinahe ſämtliche europäiſchen Staaten (die Balkanſtaaten ausgenommen) offizielle Anſtalten (Geologiſche Landesanſtalten) gegründet, denen die Erforſchung des Landes und Herſtellung geologiſcher Karten zur Hauptaufgabe gemacht wurde. Ein außerordentlich hervorragender Teil der Fortſchritte iſt den Landesaufnahmen zu danken. — Als die wichtigſten Lehr- und Handbücher der Geologie ſind zu nennen: Naumann, C. Fr., Lehrbuch der Geognoſie, 2. Aufl., 3 Bde., 1858—72; Biſchof, Lehrbuch der chemiſchen und phyſikaliſchen Geologie, 2. Aufl., Bonn 1863—71; Leonhard-Hörnes, Grundzüge der Geognoſie und Geologie, 2. Aufl., Leipzig 1889; Credner, H., Elemente der Geologie, 9. Aufl., Leipzig 1902; Roth-Juſt, Allgemeine und chemiſche Geologie, 3 Bde., Berlin 1879—90; Sueß, E., Das Antlitz der Erde, 3 Bde., Prag und Leipzig 1885—89; Gümbel, W. C. v., Grundzüge der Geologie, Kaſſel 1888; Fritſch, G. v., Allgemeine Geologie, Stuttgart 1888; Kayſer, E., Lehrbuch der geologiſchen Formationskunde, 2. Aufl., Stuttgart 1902; Derſ., Allgemeine Geologie, Stuttgart 1905; Neumayr, M., Erdgeſchichte, 2 Bde., 2. Aufl., Leipzig u. Wien 1895; Lapparent, A. de, Traité de géologie, 2 Bde., 5. Aufl., Paris 1906.

Die Beziehungen der Geologie zur Technik ſind außerordentlich mannigfaltige. Sie erſtrecken ſich auf alle techniſch verwertbaren Mineralien und Geſteine, auf die Lagerung und auf die Formationskunde [1]. Die Zahl der Forſchungen, die von geologiſcher Seite für Zwecke der Technik ausgeführt werden, wächſt fortwährend. Trotzdem ſind geologiſch-techniſche Veröffentlichungen verhältnismäßig ſeltene Erſcheinungen, wenn man von den bergmänniſchen Unterſuchungen abſieht.

Im nachfolgenden ſollen die allgemeinen Geſichtspunkte kurz angedeutet werden, in denen die Geologie der Technik beratend zur Seite ſtehen kann. Trotzdem ſich die Anfänge der Geologie aus dem Bergweſen herleiten, hat die geologiſche Spezialforſchung diejenigen Anſchauungen, die ſich auf das Auftreten und die Erſtreckung der bergmänniſchen Minerale erſtrecken (Lagerſtättenlehre), weſentlich vertieft durch die eingehenderen Schichtengliederungen, die Feſtlegung der Störungen und damit der Gänge, Flöze, Lager u. ſ. w. Nach denſelben Geſichtspunkten kann auch die Geologie bei dem Aufſuchen der Baumaterialien, Bauſteine, Ziegel-, Backſtein- und Mörtelrohmaterialien, Dachſchiefer beratend zur Seite ſtehen. Sie vermag ferner die Brauchbarkeit der zum Hoch- und Tiefbau, auch Straßenbau verwendeten Materialien auf Grund der eingehenden Geſteinsunterſuchungen zu beurteilen, mindeſtens mit dem gleichen Erfolge, den eingehende Unterſuchungen über die Feſtigkeit der Geſteine haben [2], [3]. Der Anlage der Eiſenbahnen dürfte in allen Fällen die Unterſuchung des Gebietes durch den Geologen vor der Tracierung von höchſtem Nutzen ſein, einerſeits um vorauszuſehenden Schwierigkeiten und Unkoſten, die ſich an die Erdarbeiten in gewiſſen Geſteinen knüpfen, aus dem Weg zu gehen, anderſeits um die beim Bau ſelbſt zu erſchließenden nutzbaren Geſteine kennen zu lernen. Es mag hier darauf hingewieſen werden, daß ſich eine nicht unbeträchtliche Menge von Schwierigkeiten, wie die Legung von tiefen Einſchnitten und Tunnels in waſſerführende und plaſtiſche Geſteine und der Bau von Dämmen aus ſolchen, hätte umgehen laſſen, wenn eine genaue geologiſche Unterſuchung des Gebietes der Tracierung vorausgegangen wäre. Die italieniſchen und franzöſiſchen Eiſenbahnverwaltungen, die weit größere Terrainſchwierigkeiten zu überwinden haben, als ſie im Mittelgebirge und Tiefland vorliegen, verfahren in dieſem Sinne. — Die Verteilung des unterirdiſchen Waſſers hängt von der Beſchaffenheit der Erdſchichten ab, und die Kenntnis der letzteren befähigt in vielen Fällen, den Nachweis für größere Waſſermengen im Untergrund zu liefern oder unfruchtbare Unternehmungen hintanzuhalten. Am wichtigſten erſcheint daher die Geologie für die auf die Waſſerbeſchaffung gerichteten Beſtrebungen des Waſſerverſorgungsweſens. Die Bedeutung der Geologie für die Bodenbenutzung und -bewirtſchaftung [4] hat in den letzten Jahren einen außerordentlich großen Umfang angenommen und zur Herſtellung geologiſch-agronomiſcher Spezialkarten geführt. Für die mineraliſche Verbeſſerung und Wertſchätzung des Bodens ſind damit die erſten exakten Grundlagen geſchaffen worden.

Literatur: [1] d'Orbigny et Gente, Die Geologie in ihrer Anwendung auf Künſte, Gewerbe und Ackerbau, deutſch von C. Hartmann, 1852; Page, D., Economic Geology or Geology in its relations to the arts and manufactures, London und Edinburg 1874; Brauns, D., Techniſche Geologie, Halle 1878. — [2] Nivoit, E., Géologie appliquée à l'art de l'ingénieur, Paris 1887, 2 Bde. — [3] Stapff, F. M., Was kann das Studium der dynamiſchen Geologie im praktiſchen

Leben nützen, besonders in der Berufstätigkeit des Bauingenieurs? Zeitschr. f. prakt. Geologie 1893, S. 445; Wagner, C. J., Die Beziehungen der Geologie zu den Ingenieurwissenschaften, Wien 1884. — [4] Wahnschaffe, F., Geologie und Ackerbau, Zeitschr. f. prakt. Geologie 1893, S. 11. — [5] Krahmann, M., Zeitschr. f. prakt. Geologie (erscheint seit 1893 in Berlin). *Leppla.*

Geometrie, die Lehre von den räumlichen Gebilden.

Uebersicht.

Man unterscheidet zunächst nach der Dimension: Geometrie der geraden Linie (Longimetrie), der Ebene (Planimetrie, vgl. Flächenberechnung), des Raumes (Stereometrie, s. d.) und der höheren Räume (s. Geometrie, nichteuklidische). Eine zweite Einteilung bezieht sich auf die Eigenschaften der geometrischen Gebilde: die Geometrie der Lage (neuere, projektivische, organische Geometrie) behandelt die durch Projektion unzerstörbaren, die Geometrie des Maßes die übrigen Eigenschaften der Raumgrößen. Hierzu kommen noch zwei besondere Lehrfächer: die abzählende Geometrie, die nur nach der Zahl der Lösungen fragt, die gewisse geometrische Aufgaben besitzen (z. B. die Zahl der Geraden, die zwei Kegelschnitte berühren), und die Topologie (Analysis situs), die vom Zusammenhang der räumlichen Gebilde, insbesondere der Flächen handelt. — Nach der Methode unterscheidet man ferner:

Die synthetische Geometrie, die sich auf die reine Anschauung stützt und sich der Konstruktion, nicht aber der Rechnung bedient. Als Hilfsmittel für die räumliche Konstruktion dient ihr die darstellende (deskriptive) Geometrie (Perspektive, Axonometrie), bei der die eigentlich im Raum auszuführende Konstruktion an ebenen Projektionen der Raumgebilde vorgenommen wird.

Die algebraische Geometrie, die ebenfalls von einer Figur ausgeht, aber die Strecken, Winkel u. s. w. derselben durch Gleichungen miteinander in Verbindung setzt und die unbekannten Stücke aus diesen berechnet. Zu derselben gehört die Trigonometrie (s. d.) und die Polygonometrie (s. d.), die es mit Winkelgrößen zu tun haben; ferner der geometrische Kalkül (s. d.) (Ausdehnungslehre, Streckenrechnung, Quaternionentheorie), der die Strecken u. s. w. nicht nur ihrer Größe nach, sondern auch ihrer Lage nach in die Rechnung einführt.

Die analytische Geometrie, welche die geometrischen Elemente (Punkt, Gerade, Ebene) durch gewisse Bestimmungsstücke (Koordinaten) festlegt, die geometrischen Gebilde durch Gleichungen zwischen diesen Koordinaten bestimmt und alsdann lediglich mit diesen Gleichungen weiter operiert.

In pädagogischer Beziehung wird die Geometrie des Punktes, der geraden Linie, der Ebene, des Kreises, der Kugel, des Kreiszylinders und des Kreiskegels als elementare Geometrie der höheren Geometrie gegenübergestellt. Endlich tritt der theoretischen (reinen) Geometrie eine angewandte Geometrie zur Seite; zu derselben gehören die praktische Geometrie (Feldmeßkunst), die sich mit der Messung der Figuren auf der Erdoberfläche befaßt (bei der höheren Geodäsie wird auch auf die Krümmung der Erde Rücksicht genommen), ferner die Kinematik (Phoronomie), welche die Geometrie der in Bewegung befindlichen räumlichen Gebilde behandelt (im Gegensatz zur Mechanik wird hierbei von den Ursachen dieser Bewegung, den Kräften, abgesehen); endlich die Kristallographie (s. d.) als Anwendung der Geometrie auf die Gestalt der Mineralien.

Literatur: Von den angeführten Werken behandeln [1]—[8] die elementare Geometrie ([7] und [8] sind für Vorgerücktere bestimmt), [9], [30]—[32] die Geometrie der Lage, [10] diejenige des Maßes, [11] die abzählende Geometrie, [12], [34] die Topologie, [13]—[15] die synthetische, [16]—[20] die darstellende Geometrie, [21]—[23] den geometrischen Kalkül ([23] dient zur Einführung), [24]—[29], [35]—[40] die analytische Geometrie ([27]—[29], [35], [36] sind mehr elementar gehalten). — [1] Heis u. Eschweiler, Lehrbuch der Geometrie, 1. Teil (Planimetrie), 7. Aufl., Köln 1881, 2. Teil (Stereometrie), 7. Aufl., Köln 1881. — [2] Holzmüller, G., Methodisches Lehrbuch der Elementarmathematik, 1. Teil, 2. Aufl., Leipzig 1895; 2. Teil, Leipzig 1894; 3. Teil, Leipzig 1895. — [3] Reidt, Elemente der Mathematik, 2. Teil (Planimetrie), 11. Aufl., Berlin 1890, 3. Teil (Stereometrie), 6. Aufl., Berlin 1891. — [4] Kambly, Die Elementarmathematik für den Schulunterricht bearbeitet, II (Planimetrie), IV (Stereometrie), Breslau 1900. — [5] Spieker, T., Lehrbuch der ebenen Geometrie, 24. Aufl., Potsdam 1899. — [6] Kommerell-Hauck, Lehrbuch der Stereometrie, 18. Aufl., Tübingen 1900. — [7] Baltzer, Elemente der Mathematik, Bd. 2, 6. Aufl., Leipzig 1883. — [8] Raufenberger, Die Elementargeometrie des Punktes, der Geraden und der Ebene, Leipzig 1887. — [9] v. Staudt, Geometrie der Lage, Nürnberg 1847; Beiträge zur Geometrie der Lage, 3 Hefte, Nürnberg 1856—60. — [10] Schlömilch, O., Grundzüge einer wissenschaftlichen Darstellung einer Geometrie des Maßes, 1. Teil, 1. Heft (Planimetrie), 7. Aufl., Leipzig 1888, 2. Heft (ebene Trigonometrie), 6. Aufl., Leipzig 1883, 2. Teil (Geometrie des Raumes), 3. Aufl., Leipzig 1874. — [11] Schubert, H., Kalkül der abzählenden Geometrie, Leipzig 1879. — [12] Dingeldey, Topologische Studien über die aus ringförmigen, geschlossenen Bändern durch gewisse Schnitte erzeugbaren Gebilde, Leipzig 1890. — [13] Seeger, Die Fundamentaltheorien der neueren Geometrie, Braunschweig 1880. — [14] Reye, Geometrie der Lage, Bd. 1—3, 3. Aufl., Leipzig 1886—92. — [15] Steiner, Vorlesungen über synthetische Geometrie, 1. Teil, Die Theorie der Kegelschnitte in elementarer Darstellung, bearbeitet von C. F. Geiser, 3. Aufl., Leipzig 1887; 2. Teil, Die Theorie der Kegelschnitte, gestützt auf projektivische Eigenschaften, bearbeitet von H. Schröter, 13. Aufl., Leipzig 1898. — [16] Gugler, B., Lehrbuch der deskriptiven Geometrie, Stuttgart 1874. — [17] Fiedler, W., Die darstellende Geometrie in organischer Verbindung mit der Geometrie der Lage, Bd. 1—3, 3. Aufl., Leipzig 1883—88. — [18] Peschka, G. A., Darstellende u. projektive Geometrie, Bd. 1—4, Wien 1882—85. — [19] Sturm, R.,

Elemente der darſtellenden Geometrie, Leipzig 1874. — [20] Wiener, Chr., Lehrbuch der darſtellenden Geometrie, Bd. 1 u. 2, Leipzig 1884–87. — [21] Graßmann, H., Lineale Ausdehnungslehre, 2. Aufl., Leipzig 1878. — [22] Unverzagt, Theorie der goniometriſchen und longimetriſchen Quaternionen, Wiesbaden 1876. — [23] Kraft, Abriß des geometriſchen Kalküls, Leipzig 1893. — [24] Clebſch, A., Vorleſungen über Geometrie, herausgegeben von Lindemann, Bd. 1, Leipzig 1876, Bd. 2, 1. Teil, Leipzig 1891. — [25] Salmon, G., Analytiſche Geometrie der Kegelſchnitte, bearbeitet von Fiedler, 5. Aufl., Bd. 1 u. 2, Leipzig 1887–88; Analytiſche Geometrie der höheren ebenen Kurven, deutſch von Fiedler, 2. Aufl., Leipzig 1882; Analytiſche Geometrie des Raumes, deutſch von Fiedler, 4. Aufl., Bd. 1 u. 2, Leipzig 1880–98. — [26] Heſſe, O., Vorleſungen aus der analytiſchen Geometrie der geraden Linie, des Punktes und des Kreiſes in der Ebene, 3. Aufl., Leipzig 1881; Sieben Vorleſungen aus der analytiſchen Geometrie der Kegelſchnitte, Leipzig 1874; Vorleſungen über analytiſche Geometrie des Raumes, 3. Aufl., Leipzig 1876. — [27] Fort, O., u. Schlömilch, O., Lehrbuch der analytiſchen Geometrie, 1. Teil, 6. Aufl., Leipzig 1893; 2. Teil, 6. Aufl., Leipzig 1898. — [28] Gantet, H., u. Rudio, F., Die Elemente der analytiſchen Geometrie der Ebene, 5. Aufl., Leipzig 1903. — [29] Rudio, F., Die Elemente der analytiſchen Geometrie des Raumes, 3. Aufl., Leipzig 1900. — [30] Cremona, L., Elemente der projektiviſchen Geometrie, deutſch von Trautvetter, Stuttgart 1882. — [31] Enriques, F., Vorleſungen über projektiviſche Geometrie, deutſch von Fleiſcher, Leipzig 1903. — [32] Sachs, J., Lehrbuch der projektiviſchen Geometrie, Bd. 1–3, Stuttgart 1900–06. — [33] Paſch, M., Vorleſungen über neuere Geometrie, Leipzig 1882. — [34] Poincaré, H., Analysis situs, Paris 1896. — [35] Cranz, H., Lehrbuch der analytiſchen Geometrie der Ebene, Bd. 1 u. 2, Stuttgart 1892–94. — [36] Dziobek, O., Lehrbuch der analytiſchen Geometrie, Bd. 1 u. 2, Braunſchweig 1900–02. — [37] Hochheim, A., Aufgaben aus der analytiſchen Geometrie der Ebene, Bd. 1–3, 2. Aufl., Leipzig 1886–98. — [38] Killing, W., Lehrbuch der analytiſchen Geometrie in homogenen Koordinaten, Bd. 1 u. 2, Paderborn 1900–01. — [39] Klein, F., Vorleſungen über höhere Geometrie, Bd. 1 u. 2, Leipzig 1892–93. — [40] Schur, F., Lehrbuch der analytiſchen Geometrie, Leipzig 1898. — [41] Thomae, J., Grundriß einer analytiſchen Geometrie der Ebene, Leipzig 1906. — [42] Staude, O., Analytiſche Geometrie des Punktes, der geraden Linie und der Ebene, Leipzig 1905. *Wolffing.*

Geometrie, analytiſche. Ihre Hauptaufgabe beſteht darin, aus der Gleichung (bezw. den Gleichungen) eines geometriſchen Gebildes, z. B. einer Kurve in rechtwinkligen Koordinaten, die Eigenſchaften desſelben auf dem Wege der Rechnung abzuleiten. Dabei geht man gewöhnlich vom allgemeinen Fall, z. B. der Gleichung zweiten Grades in x und y mit beliebigen Koeffizienten, aus und gewinnt die verſchiedenen Sonderfälle durch ſyſtematiſche Auswahl oder Einſchränkung der Konſtanten der Gleichung. *Finſterwalder.*

Geometrie, darſtellende, einerſeits die Wiſſenſchaft, welche Mittel und Wege angibt zur Durchführung raumgeometriſcher Konſtruktionen, anderſeits die konſtruktive Erforſchung der geometriſchen Eigenſchaften der Raumgebilde und deren Beziehungen zueinander zum Ziele hat.

Sie zerfällt in zwei Hauptteile, nämlich in die Lehre von den Methoden der graphiſchen Darſtellung der Raumgebilde und in die eigentliche Raumgeometrie. Das Mittel zur graphiſchen Darſtellung eines räumlichen Objektes bietet deſſen Projektion auf eine oder mehrere Ebenen. Man unterſcheidet eine Reihe von Projektionsmethoden, von welchen die folgenden die wichtigſten ſind: 1. Die Zentralprojektion; ein Punkt im Raume, das Projektionszentrum, wird mit ſämtlichen Punkten des räumlichen Gegenſtandes durch gerade Linien, Projektionsſtrahlen, verbunden und deren Schnittpunkte mit der Zeichnungsebene (Projektionsebene) beſtimmt. Die Geſamtheit aller dieſer Schnittpunkte bildet die Zentralprojektion des räumlichen Objektes. 2. Die Parallelprojektion; die Projektionsſtrahlen ſind ſämtlich zueinander parallel und ſtehen entweder rechtwinklig oder ſchiefwinklig zur Projektionsebene; im erſten Falle hat man die rechtwinklige, im zweiten die ſchiefwinklige Parallelprojektion; ſ. a. Projektion und Projektionslehre.

Literatur: [1] Monge, Leçons de géométrie descriptive, Paris 1795 (erſtes wiſſenſchaftliches Werk über darſtellende Geometrie, als deren Begründer Monge, Profeſſor an der Polytechniſchen Schule zu Paris, gilt). — [2] Leroy, Traité de géométrie descriptive, deutſch von Kauffmann. — [3] De la Gournerie, Traité de géométrie descriptive, Paris 1885. — [4] Mannheim, Cours de géométrie descriptive, Paris 1860. — [5] Schreiber, G., Lehrbuch der darſtellenden Geometrie (nach Monge, Géométrie descriptive), Karlsruhe 1829. — [6] Gugler, Lehrbuch der beſchreibenden Geometrie, Stuttgart 1880. — [7] Klingenfeld bezw. Marx, Lehrbuch der darſtellenden Geometrie, Nürnberg 1874 u. 1885. — [8] Pohlke, Darſtellende Geometrie, Berlin 1860–76. — [9] Fiedler, Die Methode der darſtellenden Geometrie und die Elemente der projektiven Geometrie, Leipzig 1884. — [10] Peſchka, Darſtellende und projektive Geometrie, Wien 1883. — [11] Vonderlinn, Lehrbuch des Projektionszeichnens, Stuttgart 1888–1904. — [12] Rohn und Papperitz, Darſtellende Geometrie, 1893–96. *Vonderlinn.*

Geometrie, nichteuklidiſche. Neben der gewöhnlichen ſogenannten euklidiſchen Geometrie, in der die gerade Linie einen einzigen unendlich fernen Punkt beſitzt, exiſtieren noch zwei weitere Möglichkeiten, ein einwandfreies Syſtem der Geometrie zu begründen. Bei der elliptiſchen Geometrie Riemanns hat die Gerade gar keinen unendlich fernen Punkt, zwei gerade Linien ſchließen eine endliche Fläche ein und die Winkelſumme im Dreieck iſt größer als zwei Rechte. Die hyperboliſche Geometrie Lobatſchewskys dagegen ſchreibt der Geraden zwei unendlich ferne Punkte zu, die Winkelſumme im Dreieck iſt kleiner als zwei Rechte und das ſogenannte Parallelenaxiom Euklids, wonach zwei Gerade in einer Ebene, die von einer dritten ſo geſchnitten werden, daß die auf einer Seite liegenden inneren Winkel zuſammen kleiner als zwei rechte ſind, ſich ſchneiden müſſen, verliert ſeine Gültigkeit. Beide geometriſchen Syſteme, die vollkommen widerſpruchsfrei durchgeführt werden konnten, heißen zuſammen nichteuklidiſche Geometrie im engeren Sinne. Sie laſſen ſich allerdings nicht

in der Ebene verwirklichen, wohl aber die elliptiſche auf der Kugelfläche, die hyperboliſche auf der ſogenannten Pſeudoſphäre mit konſtantem negativen Krümmungsmaß, d. h. auf der Umdrehungsfläche der Traktrix um ihre Achſe. Hierbei treten an Stelle der Geraden geodätiſche Linien.

Zur nichteuklidiſchen Geometrie im weiteren Sinn gelangt man durch Uebertragung dieſer Betrachtungen in den dreidimenſionalen Raum. Man wird hierbei zur Annahme von „gekrümmten“ Räumen geführt, die unſerm gewöhnlichen ſogenannten „ebenen“ Raum gegenüberſtehen. Dieſe ſetzen ſelbſt einen „vierdimenſionalen“ Raum oder beſſer eine vierdimenſionale Mannigfaltigkeit voraus, in der alle dieſe Räume enthalten ſind. In einer ſolchen Mannigfaltigkeit iſt ein Punkt durch vier unabhängige Koordinaten beſtimmt, an Stelle der Polyeder treten Vielzelle oder Polytope, die von gewöhnlichen Polyedern begrenzt ſind. Ebenſo werden fünf- und allgemein n-dimenſionale Mannigfaltigkeiten hinſichtlich ihrer geometriſchen Eigenſchaften ſtudiert.

Die nichteuklidiſche Geometrie dient zunächſt dem Mathematiker, um allgemeine Sätze der Analyſis in geometriſcher Einkleidung auszuſprechen und begrifflich zu deuten. Ob aber die nichteuklidiſche Geometrie in der Natur verwirklicht ſein und ob insbeſondere eine vierte Dimenſion exiſtieren kann, das ſind Fragen, deren Beantwortung nach dem gegenwärtigen Stand unſrer Kenntniſſe man in [9]–[11] behandelt findet.

Literatur: [1] Clebſch, A., Vorleſ. über Geometrie, Leipzig 1891, Bd. 2, 1. Hälfte, 3. Abt. — [2] Friſchauf, Elemente der abſoluten Geometrie, Leipzig 1876. — [3] Killing, Die nichteuklidiſchen Raumformen in analytiſcher Behandlung, Leipzig 1885. — [4] Karagiannides, Die nichteuklidiſche Geometrie vom Altertum bis zur Gegenwart, Berlin 1893. — [5] Veroneſe, Grundzüge der Geometrie von mehreren Dimenſionen, deutſch von Schepp, Leipzig 1894. — [6] Killing, Einführung in die Grundlagen der Geometrie, I, Paderborn 1893. — [7] Brückner, Die Elemente der vierdimenſionalen Geometrie mit beſonderer Berückſichtigung der Polytope, Zwickau 1894. — [8] Schlegel, V., Ueber den ſogenannten vierdimenſionalen Raum, Allg.-verſt. nat. Abh., 1. Heft, 1888. — [9] Simon, Zu den Grundlagen der nichteuklidiſchen Geometrie, Straßburg 1891. — [10] Cranz, Gemeinverſtändliches über die ſogenannte vierte Dimenſion, Samml. gemeinv. wiſſ. Vorträge von Virchow und Holtzendorf, Heft 112—113, 1891. — [11] Wölffing, Die vierte Dimenſion, „Die Umſchau“ 1897, Nr. 18. — [12] Klein, F., Vorleſungen über nichteuklidiſche Geometrie, I—II, Leipzig 1889,90. — [13] Großmann, M., Die fundamentalen Konſtruktionen der nichteuklidiſchen Geometrie, Frauenfeld 1904. — [14] Liebmann, H., Nichteuklidiſche Geometrie, Leipzig 1905. — [15] Schoute, P. H., Mehrdimenſionale Geometrie, I—II, Leipzig 1902—05. *Wölffing.*

Geometrie, ſynthetiſche. Der Aufbau der ſynthetiſchen Geometrie beginnt mit der Feſtlegung der einfachſten Grundbegriffe ſowie der Geſetze ihrer Verknüpfung. Er ſchreitet auf Grund derſelben zu verwickelteren Gebilden vor, deren Eigenſchaften aus der Art ihrer Zuſammenſetzung erſchloſſen werden. In dieſem Sinne iſt auch die euklidiſche Geometrie der Alten hauptſächlich ſynthetiſche Geometrie. Gegenwärtig verſteht man aber unter ſynthetiſcher Geometrie zumeiſt die von Poncelet, J. Steiner, Chasles und v. Staudt im Laufe des 19. Jahrhunderts begründete neuere ſynthetiſche Geometrie. Für ſie ſind beſonders die beiden Geſichtspunkte der Projektivität und des Dualismus bezeichnend. Dadurch, daß z. B. die Geometrie der Ebene ausſchließlich auf die Operationen des geradlinigen Verbindens von Punkten und des Schneidens von Geraden aufgebaut wird, ſind ihre Sätze unabhängig von der beſonderen Lage der Grundgebilde und gelten insbeſondere für jede aus einer Figur durch Zentralprojektion entſtandene neue (Projektivität). Anderſeits kann jeder in der angegebenen Weiſe aus Punkten und Geraden aufgebauten Figur eine zweite an die Seite geſtellt werden, bei der an Stelle der Punkte Gerade und an Stelle der Geraden Punkte treten und deren Eigenſchaften ohne weiteres aus jenen der Ausgangsfigur folgen (Dualismus). Die neuere ſynthetiſche Geometrie vermeidet die Rechnung möglichſt. Nach der Art ihres Aufbaues ſchließt ſie zunächſt den Begriff des Maßes (Strecke, Winkel) aus und gewinnt ihn erſt auf Umwegen durch Einführung uneigentlicher Gebilde wie der unendlich fernen Geraden einer Ebene und der darauf gelegenen imaginären Punkte eines Kreiſes. Die Lagenbeziehungen der Figuren zu jenen uneigentlichen Elementen erſcheinen dann als Maßbeziehungen im gewöhnlichen Sinne. Für die theoretiſche Mechanik wird analytiſche und ſynthetiſche Geometrie grundſätzlich von gleicher Bedeutung, wenn auch im Laufe der Entwicklung erſt die eine, ſpäter die andre größeren Einfluß erlangt hat. Zurzeit ſcheint ſich die Geometrie der Vektoren oder gerichteten Größen als Grundlage der Mechanik mehr und mehr feſtzuſetzen.

Literatur: [1] Poncelet, Traité des propriétés projectives des figures, 2. Aufl., Paris 1865/66. — [2] Steiner, Syſtematiſche Entwicklung der Abhängigkeit geometriſcher Geſtalten voneinander, Berlin 1831. — [3] Derſ., Die geometriſchen Konſtruktionen, ausgeführt mit Hilfe der geraden Linie und eines feſten Kreiſes, Berlin 1833. — [4] Derſ., Geſammelte Werke, herausgegeben von Weinfraß, 2 Bde., Berlin 1881. — [5] Seydewitz, Das Weſen der involutoriſchen Gebilde in der Ebene, Heiligenſtadt 1846, und zahlreiche Abhandlungen in Grunerts Archiv der Mathematik und Phyſik. — [6] Möbius, Der barymetriſche Kalkul, Leipzig 1828. — [7] Derſ., Geſammelte Werke, 4 Bde., Leipzig 1889. — [8] Chasles, Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en géométrie, Brüſſel 1837, und zahlreiche Arbeiten in den Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, und Liouville, Journal de mathématiques pures et appliquées, ſowie Traité de géométrie supérieure, Paris 1852 und 1880. — [9] v. Staudt, Geometrie der Lage, Nürnberg 1847, und Beiträge zur Geometrie der Lage, 3 Hefte, 1856—60. — [10] Pfaff, Neuere Geometrie, 2 Teile, Erlangen 1867. — [11] Reye, Die Geometrie der Lage, 3. Aufl., Leipzig 1893. — [12] Hilbert, D., Grundlagen der Geometrie, Leipzig 1904. *Finſterwalder.*

Geometrie der Bewegung. Im weiteren Sinne die durch Einführung des Zeitbegriffes erweiterte Geometrie, und in dieſem Sinne deckt ſich der Begriff ſo ziemlich mit dem der allgemeinen Kinematik (ſ. d.), von dem ſie ſich nur

darin unterſcheidet, daß die Hauptanwendung der letzteren auf die Lehre von den Mechanismen nicht darunter fällt.

Sie umfaßt demnach die Lehre von den Verſchiebungen der Punkte, Linien, Flächen und Körper ſowie von den dabei auftretenden Geſchwindigkeiten und Beſchleunigungen. Im engeren Sinne ſchließt ſie dagegen die Begriffe Geſchwindigkeit und Beſchleunigung aus und betrachtet nur das Neben- und Nacheinander veränderlicher geometriſcher Gebilde, insbeſondere die Bahnen der Punkte und Linien. In dieſem engeren Sinne wurde ſie von Chasles begründet und von Mannheim ausgebaut. Schell hat verſucht, der Geometrie der Bewegung einen möglichſt großen Teil des Inhaltes der Mechanik unterzuordnen, konnte aber dabei weder den phyſikaliſchen noch den techniſchen Inhalt dieſer Wiſſenſchaft erſchöpfen.

Literatur: Chasles, M., Propriétés géométriques relatives au mouvement infiniment petit d'un corps solide libre dans l'espace, Comptes rendus, Paris 1843, Bd. 16, S. 1420; Propriétés relatives au déplacement fini quelconque dans l'espace d'une figure de forme invariable, ebend. 1860, Bd. 51, S. 855, 905, und 1861, Bd. 52, S. 77, 179, 487; Mannheim, A., Principes et développements de géométrie cinématique, Paris 1894; Burmeſter, L., Lehrbuch der Kinematik, I, Leipzig 1888; Aronhold, Grundzüge der kinematiſchen Geometrie, Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbefleißes, 1872, Bd. 51, S. 29; Schönflies, Geometrie der Bewegung in ſynthet. Darſtellung, Leipzig 1886; Study, E., Geometrie der Dynamen, Leipzig 1901; Schell, W., Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879. *Finſterwalder.*

Geometriſche Reihe, ſ. Reihen.

Geometriſcher Kalkül, neuerdings gebräuchliche, zuſammenfaſſende Bezeichnung für gewiſſe, hauptſächlich von Möbius, Graßmann und Hamilton ausgebildete Methoden, geometriſche Größen, wie Strecken von beſtimmter Länge und Richtung (ſogenannte Vektoren), Punkte, Gerade, Ebenen u. ſ. w., unmittelbar der Rechnung zu unterwerfen, ſtatt, wie es in der analytiſchen Geometrie geſchieht, auf dem Umwege der Einführung von Koordinaten. Das allgemeinſte, aber trotzdem einfachſte und für die Anwendung in der Geometrie, Mechanik, Phyſik u. ſ. w. geeignetſte der vorhandenen Syſteme iſt Graßmanns Ausdehnungslehre [1] (Lehre von den mit Ausdehnungen begabten oder extenſiven Größen) [2]—[9].

Die **geometriſche Addition** von Strecken — ſchon 1797 von Caſpar Weſſel [13] aus der Addition komplexer Zahlen abgeleitet — iſt allgemeiner bekannt geworden. Sie geſchieht, indem man die gegebenen Strecken ohne Aenderung ihrer Länge und Richtung ſtetig aneinander fügt; die geometriſche Summe iſt dann gleich der Strecke vom Anfangspunkt der erſten gegebenen Strecke nach dem Endpunkte der letzten. Die von Möbius (1827) [14] herrührende Addition von Punkten mit beſtimmten Zahlkoeffizienten (Maſſen, Gewichten) erfolgt nach derſelben Regel wie die Zuſammenſetzung von Maſſenpunkten zu ihrem Maſſenmittelpunkt (Schwerpunkt). Punkt- und Streckenrechnung ſtehen dadurch in Zuſammenhang, daß jede Strecke gleich der Differenz aus ihrem Endpunkt und Anfangspunkt (beide mit dem Koeffizienten 1 verſehen) geſetzt werden kann. Linienteile oder Geradenſtücke, auch Stäbe genannt, d. h. Strecken von beſtimmter Länge und Richtung, die (wie in der Statik ſtarrer Körper Kräfte) an ihre Geraden gebunden ſind, werden addiert, wie man Kräfte zu ihrer Reſultante zuſammenſetzt, u. ſ. w.

Unter den **geometriſchen Multiplikationen** ſind die wichtigſten die innere, von der gewöhnlichen ſich nur dadurch unterſcheidend, daß bei ihr ein Produkt verſchwinden kann, ohne daß einer der Faktoren Null iſt, und die äußere, bei der irgend zwei Faktoren nur mit Zeichenwechſel vertauſcht werden dürfen, z. B. $[b\,a] = -[a\,b]$ iſt, und ein Produkt mit zwei gleichen Faktoren immer verſchwindet, beide von Graßmann (1844) eingeführt. So iſt das innere Produkt zweier Strecken gleich dem Produkt aus ihren abſoluten Längen und dem cos des von ihren Richtungen gebildeten Winkels, das äußere Produkt gleich dem durch dieſe Strecken als anſtoßende Seiten beſtimmten Parallelogramm nach Inhalt, Sinn und Stellung ſeiner Ebene, dasjenige dreier Strecken gleich dem durch dieſelben als anſtoßende Kanten beſtimmten Parallelepiped nach Inhalt und Vorzeichen; ferner bei Punkten mit dem Koeffizienten Eins das äußere Produkt zweier Punkte gleich dem durch ſie begrenzten Geradenſtück nach Länge, Richtung und Lage ſeiner Geraden, das äußere Produkt dreier Punkte gleich einem Ebenenſtück in der Verbindungsebene der Punkte mit einem Inhalt gleich dem doppelten Inhalt des Dreiecks, das die Punkte zu Ecken hat, oder in andrer Auffaſſung: das äußere Produkt zweier oder dreier Punkte iſt die Verbindungsgerade bezw. -ebene mit einem beſtimmten Koeffizienten; das äußere Produkt von vier Punkten gleich einem Raumteil vom ſechsfachen Inhalt des von ihnen gebildeten Tetraeders mit beſtimmtem Vorzeichen u. ſ. w.

Hamiltons Quaternionenkalkül [15], [16] hat ſeinen Namen von eigentümlichen, Quaternionen genannten, weil aus vier Einheiten $1, i, j, k$ abgeleiteten komplexen Größen; er operiert nur mit Vektoren (nicht mit Punkten u. ſ. w., ſ. aber [16]) und hat einige Berührungspunkte mit der Ausdehnungslehre, aber ſchwerfällige Bezeichnungen und Rechnungsregeln, weshalb er von vielen ſeiner früheren Anhänger zugunſten der Ausdehnungslehre aufgegeben worden iſt.

Von den unter [2]—[6] genannten Lehrbüchern iſt [2] zur erſten Einführung beſtimmt, [3] beſchränkt ſich im Gegenſatz zu den übrigen auf die ebene Geometrie, [4] enthält zugleich einen kurzen Abriß der deduktiven Logik, ausführlicher [8], [6] iſt wegen darin enthaltener Unrichtigkeiten mit Vorſicht zu benutzen. Zur Orientierung geeignet und mit ausführlichen Literaturangaben verſehen iſt [7]. Die Syſteme von Heaviſide [10] und Gibbs [11] ſtellen

eine Annäherung des Quaternionenkalküls an Graßmanns Syſtem dar; zur Einführung in dieſe Auffaſſung (ſoweit es ſich um Vektorenrechnung handelt) iſt [12] geeignet. [16] ſucht auch die Punktrechnung zu berückſichtigen.

Literatur: [1] Graßmann, H., Die lineare Ausdehnungslehre, Leipzig 1844, 2. Aufl., 1878; Derſ., Die Ausdehnungslehre, Berlin 1862. Das erſtere Werk, mehr philoſophiſch abgefaßt, enthält noch nicht das ganze Syſtem. Beide zuſammen bilden, mit wertvollen Zuſätzen verſehen, den erſten Band von H. Graßmanns geſammelten mathematiſchen und phyſikaliſchen Werken, herausgegeben von Friedrich Engel, Leipzig 1894/96. — [2] G. Peano-A. Schepp, Die Grundzüge des geometriſchen Kalküls, Leipzig 1891. — [3] Schlegel, V., Syſtem der Raumlehre, 2 Teile, Leipzig 1872/75. — [4] Peano, G., Calcolo geometrico secondo l'Ausdehnungslehre di H. Graßmann, Torino 1888. — [5] Hyde, E. W., The directional calculus based upon the methods of Hermann Graßmann, Boſton U. S. A. 1890. — [6] Kraft, F., Abriß des geometriſchen Kalküls, Leipzig 1893. — [7] Schlegel, V., Die Graßmanniſche Ausdehnungslehre, ein Beitrag zur Geſchichte der Mathematik in den letzten fünfzig Jahren, Leipzig 1896 (Abdruck aus der hiſt.-lit. Abteil. der Zeitſchr. f. Math. u. Phyſik, 41. Jahrg., 1896). — [8] Whitehead, A. N., A treatise on universal algebra, Bd. 1, Cambridge 1898. — [9] Jahnke, E., Vorleſungen über Vektorenrechnung, Leipzig 1905. — [10] Heaviſide, O., Electromagnetic theory, Bd. 1, 3. Kap., London 1891/92. — [11] Gibbs, J. W., u. Wilſon, E. B., Vector Analyſis, New York 1901. — [12] Gans, R., Einführung in die Vektoranalyſis, Leipzig 1904. — [13] Weſſel, Caſpar, Essai sur la représentation analytique de la direction. Traduction du mémoire intitulé: Om Directionens analytiske Betegning, publié par l'Académie Roy. des Sc. et des Lettres de Danemark, Copenhague 1897. — [14] Möbius, A. F., Der barycentriſche Calcül, Leipzig 1827 (Geſammelte Werke, Bd. 1, Leipzig 1885). — [15] Hamilton, W. R., Lectures on quaternions, Dublin 1853; Derſ., Elements of quaternions, London 1866 (deutſch von P. Glan, Leipzig 1882/84). — [16] Joly, Ch. J., A manual of quaternions, London 1905. *Mehmke.*

Geometriſcher Ort, eine Linie oder Fläche, deren Punkte alle eine gewiſſe Bedingung erfüllen. Eine Ellipſe iſt z. B. der geometriſche Ort aller Punkte, deren Entfernungen von zwei feſten Punkten eine konſtante Summe haben.

Geometriſches Mittel mehrerer (poſitiven reellen) Größen heißt, unter n ihre Anzahl verſtanden, die (reelle) n-te Wurzel ihres Produkts. So iſt $\sqrt{ab}$ das geometriſche Mittel aus a und b, $\sqrt[3]{abc}$ dasjenige aus a, b und c u. ſ. w. Das geometriſche Mittel mehrerer verſchiedenen Größen iſt kleiner als das arithmetiſche; ſ. auch Mittel. *Mehmke.*

Geometriſches Produkt, ſ. Geometriſcher Kalkül.

Geometriſches Quadrat iſt ein aus einer Meſſing- oder Holztafel beſtehendes Quadrat, von dem zwei Nebenſeiten (latus rectus und latus versus) eine Teilung (1200 Teile) tragen, über der ein Diopterlineal, deſſen Drehpunkt in der gegenüberliegenden Ecke des Quadrates ſich befindet, ſpielt. Durch ein Lot können die den Drehpunkt enthaltenden Seiten lotrecht bezw. wagerecht eingerichtet werden.

Das Inſtrument gehört zu den älteſten Hilfsmitteln zur Meſſung von Höhenwinkeln und Zenitdiſtanzen (z), die ſich aus den Ableſungen an den Teilungen latus rectus (r) und latus versus (v) ergeben nach den Beziehungen $\sin z = r : \sqrt{1200^2 + r^2}$ oder $\operatorname{tg} z = r : 1200$ oder $1200 : v$. Das Inſtrument wurde ſchon von den arabiſchen Aſtronomen gebraucht, von dem Aſtronomen Purbach 1516 empfohlen und danach im Abendlande beſonders im 16. und 17. Jahrhundert als quadratum geometricum verbreitet und auch ſchon als Diſtanzmeſſer verwertet.

Literatur: [1] Wolf, Geſchichte der Aſtronomie, München 1877, S. 126. — [2] Käſtner, Geſchichte der Mathematik, Göttingen 1796, Bd. 1, S. 129. — Ueber die mannigfache Anwendung gibt Auskunft eine kleine Schrift von [3] Curtius, Von dem Gebrauch der geometriſchen Inſtrumente, Nürnberg 1616 (deutſche Bearbeitung nach niederländiſchem Original). *Reinherz.*

Geometriſche Summe, ſ. Geometriſcher Kalkül.

Geomontographie, die Herſtellung graphiſcher Karten, Globen u. ſ. w. mit den Terrainverhältniſſen in Relief. Sie beſteht aus einer Verbindung z. B. des lithographiſchen Drucks mit nachträglicher Hochprägung. *A. W. Unger.*

Geotektonik, ſ. Geologie.

Geothermik, die Lehre von der Temperaturverteilung im Innern des Erdkörpers. Von der Oberfläche wird vollſtändig abgeſehen; die dort obwaltenden Verhältniſſe werden durch die Intenſität der Sonnenbeſtrahlung (Inſolation) und durch die von den verſchiedenartigſten Umſtänden abhängige Wärmeausſtrahlung des Bodens (Radiation) beſtimmt, welch letztere jedoch weit weniger ins Gewicht fällt. Von der ganzen Wärmeenergie, die von der Sonne der Erde übermittelt wird, geht doch ein namhafter Teil in der Atmoſphäre, obwohl ſie verhältnismäßig diatherman iſt, durch Abſorption verloren.

Das Eindringen der Sonnenwärme in den feſten Boden iſt, wie man zuerſt im 17. Jahrhundert an der Konſtanz eines im Keller der Pariſer Sternwarte angebrachten Thermometers konſtatierte, nur ein ganz oberflächliches [1]. Die neutrale Fläche, jenſeits derer die jahreszeitlichen Gegenſätze fühlbar zu werden aufhören, iſt überall nur wenig von der Außenſeite

entfernt, und zwar beträgt die Diſtanz in der Tropenregion, wo ſie angeſichts der geringen Schwankungen der Jahreswärme ſelbſt am geringſten iſt, kaum 5 m [2]. In jenen Ländern, deren mittlere Jahrestemperatur in der Nähe des Nullpunktes liegt, ſtößt man, was zuerſt der berühmte Sibirienreiſende v. Middendorff näher feſtſtellte [3], bereits in geringer Tiefe auf gefrorenen Boden, der jeden Verſuch einer Brunnenbohrung verhindert. Aeußerſt gleichmäßig iſt ferner auch die Bodentemperatur der Meere unter allen geographiſchen Breiten; ſie ſteigt nur ausnahmsweiſe über 2° und ſinkt in den Polargewäſſern bis —3°, ohne daß es aber zu jenem Eisbelage kommen könnte, den eine frühere Zeit für wahrſcheinlich hielt [4].

Von der neutralen Fläche ab nimmt, wo man auch auf der Erde die Beobachtung anſtellen möge, die eigentliche Erdtemperatur ſtetig zu; Meſſungen, die in Gruben, Bohrlöchern und Tunnels mit eigens für dieſen Zweck konſtruierten Wärmemeſſern angeſtellt wurden, laſſen hierüber keinen Zweifel zu [5]. Die „British Association for the Advancement of Sciences" hat einen beſonderen Ausſchuß niedergeſetzt, um alle einſchlägigen Daten zu ſammeln und kritiſch zu verarbeiten. Als geothermiſche Tiefenſtufe bezeichnet man diejenige Strecke, um welche man in radialer Richtung vordringen muß, um das hundertteilige Thermometer um 1° ſteigen zu ſehen; ſelbſtverſtändlich bleibt ſich dieſe Raumgröße an verſchiedenen Orten nicht gleich, da ja außer der Eigenwärme der Erde auch mannigfaltige örtliche Faktoren ihren Einfluß äußern müſſen. Die Chthonifothermen, jene Flächen, auf welchen alle Endpunkte der gleichen Tiefenſtufe gelegen ſind, haben durchaus keine regelmäßige Geſtalt, und der interne Temperaturgradient iſt variabel. Ein exaktes Geſetz der Temperaturzunahme hat ſich noch nicht aufſtellen laſſen, aber es iſt nach den ausgedehnten Unterſuchungen von Henrich [6] als wahrſcheinlich zu erachten, daß für den nämlichen Erdhalbmeſſer, falls nicht auffällige Störungen durch Waſſerzufluß, chemiſche Vorgänge u. ſ. w. eintreten, die arithmetiſche Progreſſion die Wärmeſteigerung regelt. Je nach der Eigenart des durchfahrenen Geſteins ſchwankt die Tiefenſtufe zwiſchen 25 und 40 m. Die Temperaturprofile in Tunnels laſſen ein Auseinanderſtreben der Chthoniſothermen erkennen. Gerade bei Bauten dieſer Art iſt jedoch eine Vorausbeſtimmung der zu erwartenden Temperaturzuſtände beſonders ſchwierig, wie denn bei der Simplonunterführung die heißen Quellen eine ſchlimme Vermehrung der Hitze bewirkten. In Bohrlöchern ſind bisher auch ſehr hohe Werte gemeſſen worden, ſo in demjenigen von Schladebach 56°.

Man wird annehmen müſſen, daß im Erdinnern eine derart geſteigerte Temperatur herrſcht, um keinen Körper anders als im gasförmigen Zuſtande exiſtieren zu laſſen [7]. Das folgt ſowohl aus allen den empiriſchen Tatſachen, die bis jetzt über die Wärmeverteilung in der Tiefe geſammelt worden ſind, als auch aus der immerhin noch das Feld behauptenden Lehre, daß die Erde urſprünglich ein glühender Gasball war und durch alle denkbaren Aggregatzuſtände hindurch in ihre jetzige Geſtalt überging, indem ſie durch Abgabe von Wärme an den abſolut kalten Intraſtellarraum ſich ſtetig abkühlte und zugleich zuſammenſchrumpfte. Die Berechnungen W. Thomſons [8] ſind hier ebenſo beweiskräftig wie G. Biſchofs [9] Experimente mit erhitzten Baſaltkugeln. Wenn freilich Treubert [10] recht hätte, der allen terreſtriſchen Wärmevorrat einzig von der Sonne ableiten will, ſo würden alle unſre Vorſtellungen über Geothermik aus der Welt geſchafft werden. Auch ein Werk von Jatſchewski [11] hat den Zweck, eine grundſtürzende Aenderung der für das Temperaturregime des Erdinnern beſtehenden Theorien zu bewirken, ohne daß, wie Rudzki zeigte [12], dieſer Zweck als erreicht gelten könnte.

Literatur: [1] Caſſini de Thury, J. D., Sur la température des souterrains de l'observatoire royale, Mém. de l'Acad. de Paris, 1786, S. 511 ff.; Quetelet, Mémoire sur les variations diurne et annuelle de la température et en particulier de la température terrestre à différentes profondeurs, Brüſſel 1837. — [2] Hann, Handb. der Klimatologie, I, Stuttgart 1897, S. 47 ff.; v. Richthofen, Führer für Forſchungsreiſende, Berlin 1886, S. 65. — [3] v. Middendorf, Reiſe in den äußerſten Norden und Oſten Sibiriens, 1, 1, St. Petersburg 1843, S. 92 ff. — [4] Buch, L. v., Einige Bemerkungen gegen Folgerungen, welche Herr Péron aus ſeinen Verſuchen über die Temperatur des Meerwaſſers zieht, Gilberts Annalen der Phyſik, XX, S. 341 ff. — [5] Günther, Handb. der Geophyſik, I, Stuttgart 1897, S. 333 ff. — [6] Henrich, Ueber die Temperaturen im Bohrloche zu Sperenberg und die daraus gezogenen Schlüſſe, Neues Jahrbuch für Mineral., Geol. u. Paläontol., 1876, S. 716 ff.; 1877, S. 897 ff.; Vorträge über Geologie, I, Wiesbaden 1877, S. 43 ff. — [7] Ritter, A., Unterſuchungen über die Höhe der Atmoſphäre und die Konſtitution gasförmiger Weltkörper, Ann. d. Phyſik u. Chemie, 2, V, S. 405 ff., S. 543 ff.; VI, S. 135 ff.; VII, S. 304 ff.; VIII, S. 157 ff.; Günther, Die Entwicklung der Lehre vom gasförmigen Erdinnern, Jahresber. d. Münchn. Geogr. Geſellſch., XIV, S. 1 ff. — [8] Thomſon-Tait, Handb. der theoretiſchen Phyſik, deutſch von Helmholtz-Wertheim, I, 2, Braunſchweig 1874, S. 439 ff. — [9] Biſchof, G., Die Wärmelehre im Innern unſers Erdkörpers, Leipzig 1837. — [10] Treubert, Die Sonne als Urſache der hohen Temperatur in den Tiefen der Erde, der Aufrichtung der Gebirge und der vulkaniſchen Erſcheinungen, München 1905. — [11] Jatſchewski, Ueber das thermiſche Regime der Erdoberfläche im Zuſammenhange mit den geologiſchen Prozeſſen, St. Petersburg 1905. — [12] Rudzki, Beſprechung hierzu, Petermanns Geograph. Mitteilungen 1906, Heft 5. *Günther.*

Geothermometer, ſ. Thermometer.

Geozentriſche Breite, ſ. Breite.

Gepäckraum (Gepäckhalle), ſ. Empfangsgebäude.

Gepäckwagen, ſ. Eiſenbahnwagen, Bd. 3, S. 343.

Gequelle (Gequele), ſ. Waſſerloſung.

Gerade, eine Linie, welche in allen ihren Punkten gleiche Richtung beſitzt und welche ihre Lage bei Drehung um zwei ihrer Punkte nicht ändert; ſie iſt unbegrenzt und ſtrebt auf beiden Seiten einem und demſelben unendlich fernen

Punkte zu. Keiner ihrer Punkte ist vor dem andern ausgezeichnet. Eine von einem Punkt begrenzte Gerade heißt Strahl, eine von zwei Punkten begrenzte heißt Strecke.

Gerade in der Ebene. Es gibt ∞^2 Gerade in der Ebene; die Gleichung einer beliebigen derselben ist vom ersten Grad: $Ax+By+C=0$ oder homogen $Ax+By+C\omega=0$. Mit $A=0$, $B=0$ wird die Gerade resp. parallel zur x-, y-Achse; mit $C=0$ geht sie durch den Ursprung. $x=0$, $y=0$ ist resp. die Gleichung der y-, x-Achse; $\omega=0$ die Gleichung der unendlich fernen Geraden, welche die unendlich fernen Punkte aller Geraden enthält. Eine Gerade ist durch zwei ihrer Punkte (a, b) und (a', b') bestimmt; ihre Gleichung ist $\begin{vmatrix} x & y & 1 \\ a & b & 1 \\ a' & b' & 1 \end{vmatrix}=0$ oder in Parameterdarstellung $x=\frac{a+\lambda a'}{1+\lambda}$; $y=\frac{b+\lambda b'}{1+\lambda}$. Die Achsenabschnitte der Geraden $G=Ax+By+C=0$ sind $-\frac{C}{A}$, $-\frac{C}{B}$; ihre Koordinaten $\frac{A}{C}$, $\frac{B}{C}$ oder homogen $A:B:C$. Winkel ψ der Geraden $G=0$ mit $G'=A'x+B'y+C'z=0$ ist: $\cos\psi=\frac{AA'+BB'}{WW'}$; wo $W=\pm\sqrt{A^2+B^2}$, $W'=\pm\sqrt{A'^2+B'^2}$. Die Geraden sind parallel, d. h. sie schneiden sich im Unendlichen, wenn $A:B=A':B'$. Sie stehen senkrecht aufeinander, wenn $AA'+BB'=0$. Hessesche Normalform der Geradengleichung: $x\cos\alpha+y\sin\alpha=d$; dabei ist $d=-\frac{C}{W}$ die Entfernung der Geraden vom Ursprung (das Vorzeichen von W wird so bestimmt, daß d positiv wird), α ist der Neigungswinkel der Geraden gegen die y-Achse. Abstand des Punktes a, b von der Geraden $G=0$ ist $\frac{aA+bB+C}{W}\begin{cases}\text{positiv}\\ \text{negativ}\end{cases}$, je nachdem der Punkt mit dem Ursprung auf $\begin{cases}\text{derselben}\\ \text{verschiedener}\end{cases}$ Seite der Geraden liegt. Abstand zweier parallelen Geraden $Ax+By+C=0$ und $Ax+By+C'=0$ ist: $\frac{C-C'}{W}$. Medianenpaar von $G=0$ und $G'=0$ ist $\frac{G}{W}\pm\frac{G'}{W'}=0$. Zwei Gerade $G=0$ und $G'=0$ bestimmen einen Punkt $\begin{cases}G=0\\ G'=0\end{cases}$ mit den Koordinaten $x:y:1=\begin{Vmatrix} A & B & C \\ A' & B' & C' \end{Vmatrix}$. $G+\lambda G'=0$ ist irgend eine Gerade durch denselben und stellt, wenn λ veränderlich ist, ein Strahlenbüschel mit jenem Punkt als Mittelpunkt dar. Zwei projektivische Strahlenbüschel $\begin{cases}G+\lambda G'=0\\ H+\lambda H'=0\end{cases}$ erzeugen einen Kegelschnitt $\begin{vmatrix} GG' \\ HH' \end{vmatrix}=0$. Zwei Gerade $G=0$, $G'=0$, $G''=0$ schneiden sich in einem Punkt, wenn: $\begin{vmatrix} A & B & C \\ A' & B' & C' \\ A'' & B'' & C'' \end{vmatrix}=0$. Andernfalls kann eine Gleichung jeder Geraden auf die Form $G+\lambda' G+\lambda' G''=0$ gebracht werden. Polargleichung der Geraden ist $r\cos(\varphi-\alpha)=p$.

Gerade im Raum. Es gibt ∞^4 Gerade im Raum; eine beliebige derselben ist gegeben durch zwei Gleichungen ersten Grades $\begin{cases}Ax+By+Cz+D=0\\ A'x+B'y+C'z+D'=0\end{cases}$. Ihre Koordinaten sind die Determinanten der Matrix $\begin{Vmatrix} A & B & C & D \\ A' & B' & C' & D' \end{Vmatrix}$. Richtungskoordinaten sind $\pi=\begin{vmatrix} B & C \\ B' & C' \end{vmatrix}$, $\varkappa=\begin{vmatrix} C & A \\ C' & A' \end{vmatrix}$, $\varrho=\begin{vmatrix} A & B \\ A' & B' \end{vmatrix}$. Stellungskoordinaten sind: $p=\begin{vmatrix} A & D \\ A' & D' \end{vmatrix}$, $q=\begin{vmatrix} B & D \\ B' & D' \end{vmatrix}$, $r=\begin{vmatrix} C & D \\ C' & D' \end{vmatrix}$. Zwischen den sechs Verhältniskoordinaten besteht immer die Beziehung $p\pi+q\varkappa+r\varrho=0$. Zwei Gerade schneiden sich nur, wenn $p\pi'+q\varkappa'+r\varrho'+\pi p'+\varkappa q'+\varrho r'=0$. Mit $(a, b, c; \alpha, \beta, \gamma)$ wird eine Gerade bezeichnet, welche durch den Punkt (a, b, c) geht und mit den Achsen die Winkel (α, β, γ) bildet. Ihre Gleichungen sind $\frac{x-a}{\cos\alpha}=\frac{y-b}{\cos\beta}=\frac{z-c}{\cos\gamma}$, wobei $\cos^2\alpha+\cos^2\beta+\cos^2\gamma=1$. Winkel ψ zweier Geraden $G=(a, b, c; \alpha, \beta, \gamma)$ und $G'=(a, b, c; \alpha', \beta', \gamma')$ ist $\cos\psi=\cos\alpha\cos\alpha'+\cos\beta\cos\beta'+\cos\gamma\cos\gamma'$ oder

$$\sin\psi=\sqrt{\begin{vmatrix}\cos\beta & \cos\gamma\\ \cos\beta' & \cos\gamma'\end{vmatrix}^2+\begin{vmatrix}\cos\gamma & \cos\alpha\\ \cos\gamma' & \cos\alpha'\end{vmatrix}^2+\begin{vmatrix}\cos\alpha & \cos\beta\\ \cos\alpha' & \cos\beta'\end{vmatrix}^2}.$$

Winkel ϑ der Geraden G mit der Ebene $Ax+By+Cz+D=0$ ist

$$\sin\vartheta=\frac{A\cos\alpha+B\cos\beta+C\cos\gamma}{\sqrt{A^2+B^2+C^2}}.$$

Beide stehen senkrecht, wenn $A\cos\alpha+B\cos\beta+C\cos\gamma=0$. Drei Gerade von den Richtungen $(\alpha, \beta, \gamma; \alpha', \beta', \gamma'; \alpha'', \beta'', \gamma'')$ gehören derselben Stellung an, d. h. sind einer und derselben Ebene parallel, wenn $\begin{vmatrix}\cos\alpha & \cos\beta & \cos\gamma\\ \cos\alpha' & \cos\beta' & \cos\gamma'\\ \cos\alpha'' & \cos\beta'' & \cos\gamma''\end{vmatrix}=0$. Entfernung e des Punktes (a', b', c') von der Geraden $(a, b, c; \alpha, \beta, \gamma)$ ist gegeben durch

$$e^2=\begin{vmatrix}\cos\beta & \cos\gamma\\ b'-b & c'-c\end{vmatrix}^2+\begin{vmatrix}\cos\gamma & \cos\alpha\\ c'-c & a'-a\end{vmatrix}^2+\begin{vmatrix}\cos\alpha & \cos\beta\\ a'-a & b'-b\end{vmatrix}^2.$$

Kürzester Abstand k der Geraden G und G': $k=\frac{\begin{vmatrix}a'-a & b'-b & c'-c\\ \cos\alpha & \cos\beta & \cos\gamma\\ \cos\alpha' & \cos\beta' & \cos\gamma'\end{vmatrix}}{\sin\psi}$, wo ψ der Winkel beider Geraden.

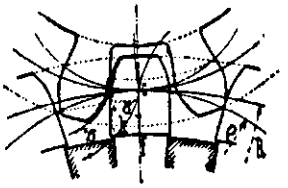
Literatur: [1] Salmon, G., Analytiſche Geometrie der Kegelſchnitte, bearbeitet von Fiedler, 4. Aufl., Leipzig 1878, Kap. 2 und 3. — [2] Derſ., Analytiſche Geometrie des Raumes, deutſch von Fiedler, 1. Teil, 3. Aufl., Kap. 3, Leipzig 1879. — [3] Clebſch, A., Vorleſungen über Geometrie, herausgegeben von Lindemann, Bd. 1, Abt. 1, Kap. 2, Leipzig 1876; Bd. 2, Abt. 1, Kap. 4, Leipzig 1891.

Wölffing.

Gerade Aufſteigung, ſ. v. w. Rektaſzenſion, ſ. Koordinaten am Himmel.

Geradeiſen, ſ. Böttcherei, Bd. 2, S. 138.

Geradflankenverzahnung, eine von der Cykloidenform abgeleitete Verzahnung (ſ. d.) mit geraden Fußflanken des einen oder der beiden eingreifenden Räder.



Die Figur zeigt am unteren Rade gerade parallele Fußflanken, die im Abſtande a äquidiſtant zu der radialen Geraden f liegen. *Lindner.*

Geradführung heißt die Bewegung eines Punktes, der vermittelſt eines Mechanismus in geradliniger Bahn geführt wird.

Am einfachſten wird eine Geradführung dadurch erzeugt, daß ein Hohlprisma S ſich auf einem feſten Vollprisma Σ verſchiebt (Fig. 1); denn dann bewegen ſich alle Punkte von S in Geraden gegen Σ und umgekehrt, wenn S feſt iſt und Σ bewegt wird. Die Prismen können in mannigfaltigſter Weiſe durch anders geſtaltete Körper erſetzt werden. Zum Beiſpiel bei der Dampfmaſchine iſt S der Kreuzkopf, der zwiſchen Schienen geführt wird; ferner kann S ein Hohlzylinder ſein mit einem Einſchnitt in ſeiner Längsrichtung und Σ ein Vollzylinder, verſehen mit einer Längsrippe, die in den Einſchnitt paßt. Das bewegte Glied vollzieht auf dem als feſt betrachteten Gliede, bei dieſem aus zwei Gliedern beſtehenden Mechanismus, der auch eine Richtpaarung genannt wird, eine geradlinige Parallelbewegung, eine Parallelgleitung. Iſt die Bewegung eines Punktes, die durch einen nur Achſengelenke (ſ. Gelenk) enthaltenden Mechanismus erzeugt wird, eine genaue geradlinige, dann heißt dieſe Bewegung eine **abſolute Geradführung** (ſ. S. 397). Wird dagegen der Punkt durch einen ſolchen Mechanismus auf einem Kurvenſtück bewegt, das von einer Geradenſtrecke ſehr wenig abweicht, dann heißt dieſe Bewegung eine **angenäherte Geradführung.** Die angenäherte Geradführung wird meiſtens durch einen Mechanismus erzeugt, der aus vier durch parallele Gelenkachſen verbundenen Gliedern beſteht. Um einen ſolchen Mechanismus zu konſtruieren, nehmen wir an, es bewege ſich in Fig. 2 eine ſtarre Strecke $D_1 L_1$ mit ihren Endpunkten D_1, L_1 bezw. auf den Geraden d, l, die ſich im Punkt Φ ſenkrecht ſchneiden. Der Mittelpunkt F_1 der Strecke $D_1 L_1$ bewegt ſich dann auf einem Kreiſe φ, deſſen Mittelpunkt Φ iſt; denn ein über $D_1 L_1$ als Durchmeſſer beſchriebener Kreis geht in allen Lagen von $D_1 L_1$ durch den Punkt Φ. Wird nun ein Arm ΦF_1, der ſich um die feſte Achſe Φ dreht, in F_1 mit einer Stange $D_1 L_1$ drehbar verbunden und ein Zapfen L_1 der Stange $D_1 L_1$ in einem feſten geradlinigen Schlitzgliede längs l geführt, ſo wird der Punkt D_1 eine genaue Gerade d beſchreiben. Da aber in der Praxis eine Führung durch Drehung oft leichter herſtellbar iſt als eine Führung in einem Schlitz, ſo wird die Führung eines Punktes L_1 auf einer Geraden l angenähert durch die Führung auf einem Kreisbogen λ erſetzt. Um dieſen Kreisbogen zu erhalten, halbieren wir in D_3 die halbe Hubhöhe ΦD_1 des ſchwingenden Punktes D_1, zeichnen die beiden Lagen $D_1 L_1 = D_2 L_2$, bei denen D_1, D_2 auf der Geraden d und L_1, L_2 auf der Geraden l liegen, und beſchreiben einen durch L_1, L_2 gehenden Kreisbogen λ, deſſen Mittelpunkt Λ ſich alſo in der Mittelſenkrechten der Strecke $L_1 L_2$ befindet. Wird nun der Punkt F_1 auf dem Kreisbogen φ, der Punkt L_1 auf dem Kreisbogen λ bewegt, dann beſchreibt der Punkt D_1 eine Kurve, von der ein Stück $D_1 D_2$ der Geraden d ſehr angenähert iſt; und je länger der Radius $L_1 \Lambda$ genommen wird, deſto mehr nähert ſich dieſes Kurvenſtück der Geraden d.

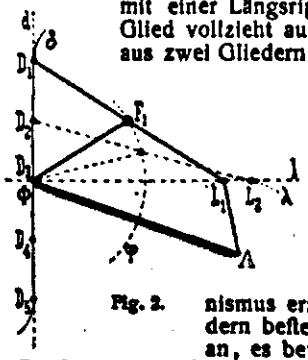


Fig. 1.

Fig. 2.

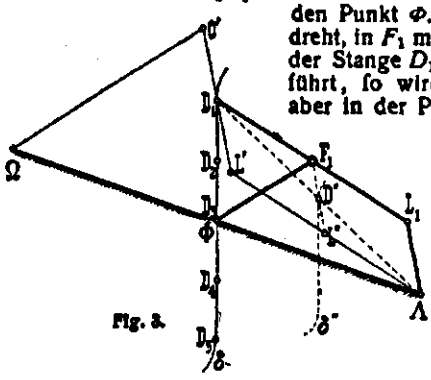


Fig. 3.

In den Punkten D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, die in gleichen Abſtänden voneinander auf der Geraden d angenommen ſind, ſchneidet die Kurve δ dieſe Gerade d. Die Kurve δ hat alſo die Endpunkte D_1, D_5 der Hubhöhe und die drei Zwiſchenpunkte D_2, D_3, D_4, von denen D_3 mit Φ zuſammenliegt, mit der Geraden d gemeinſam. Die Führung heißt demnach eine **fünfpunktige angenäherte Geradführung;** der Punkt D_1 wird dadurch gezwungen, ein Kurvenſtück zu beſchreiben, das ſich der Geraden d ſehr nahe anſchmiegt. Die auf dieſe Weiſe erzeugte Geradführung wird eine **Evanſche Geradführung** genannt [1]. Der Mechanismus, der dieſe Geradführung erzeugt, beſteht aus dem feſten Gliede $\Phi\Lambda$, den beiden Armen $\Phi F_1, \Lambda L_1$, die reſp. um die feſten Achſen $\Phi\Lambda$ ſchwingen, und dem Gliede $F_1 L_1$, das durch Gelenke in F_1, L_1 drehbar mit dieſen Armen verbunden iſt.

Denken wir uns an dieſen Mechanismus in Fig. 3 das Gelenk $D_1 L' \Lambda$ angefügt, ſo daß durch $D_1 L' \Lambda L_1$ ein Parallelogramm gebildet wird, und die Strecke $F_1 L''$ parallel $L_1 \Lambda$ oder

$D_1 L'$ eingelegt, dann wird durch die Gerade $D_1 A$ diese Strecke $F_1 L''$ in D'' halbiert und die Kurve δ'', die der Punkt D'' beschreibt, ist der Kurve δ im Verhältnis 1:2 ähnlich und ähnlich gelegen bezüglich des Punktes A. Die Kurve δ'' wird also auch vermittelst des Gelenkvierecks $\Phi F_1 L'' A$, bei dem Φ, A feste Drehpunkte sind, durch den Punkt D'' beschrieben. Zu diesem Gelenkviereck zeichnen wir das doppelt so große, ähnliche und ähnlich liegende Gelenkviereck $\Omega O' L' A$, indem wir $L' D_1$ um die eigne Länge bis O' verlängern; ferner $F_1 \Phi$ um die eigne Länge bis Ω verlängern und die Strecke $\Omega O'$ ziehen, die zu ΦF_1 parallel ist. Vermittelst dieses Gelenkvierecks $\Omega O' L' A$, bei dem Ω, A feste Drehpunkte sind und $A L' = \Omega O'$ ist, beschreibt der Mittelpunkt D_1 der Seite $O' L'$ dieselbe Kurve δ, die bei der Evansschen Geradführung der Geraden d sehr angenähert ist. Betrachten wir nun das Gelenkviereck $\Omega O' L' A$ in Fig. 4 als einen viergliedrigen Mechanismus, bei dem ΩA das feste Glied ist und die um die Achsen Ω, A schwingenden Arme $\Omega O', A L'$ durch das Glied $O' L'$ drehbar verbunden sind, so erhalten wir eine durch den Mittelpunkt D_1 des Gliedes $O' L'$ erzeugte Geradführung, welche die Wattsche Geradführung genannt wird [2]. Bei der Wattschen Geradführung und bei der Evansschen Geradführung wird also, wenn die Glieder jene betreffende Länge besitzen, von dem Punkte D_1 dieselbe Kurve δ erzeugt. Diese Wattsche Geradführung ist demnach wie die Evansche Geradführung eine fünfpunktige. In den Lehrbüchern wird noch immer die Konstruktion der dreipunktigen Geradführung gelehrt, die aber bei gleichen Längenverhältnissen der Glieder weniger sich einer Geraden annähert als die fünfpunktige. Diese beiden Geradführungen werden bei der Indikatorgeradführung angewendet.

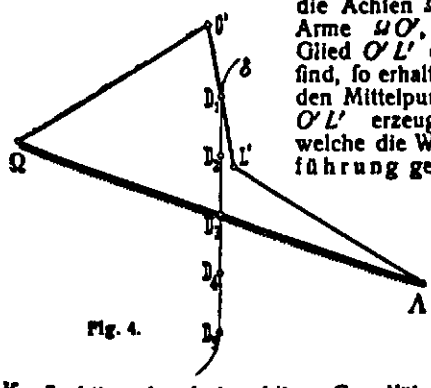


Fig. 4.

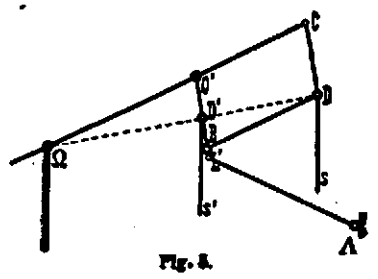


Fig. 5.

Ist in Fig. 5 der betrachteten Geradführung $\Omega O'$ der um die feste Achse Ω schwingende Balancier einer Wattschen Dampfmaschine und $A L'$ der Gegenlenker, so wird der in der Mitte auf $O' L'$ liegende Punkt D' angenähert geradegeführt. An diesen Punkt D' ist die vertikale Kolbenstange $D's'$ der Pumpe gehängt. Ziehen wir nun die Gerade $\Omega D'$ und fügen wir ein Gelenk BDC an, so daß $O'BDC$ ein Parallelogramm bilden, dessen Ecke D auf der Geraden $\Omega D'$ liegt, dann beschreibt auch der Punkt D eine angenäherte Geradführung; denn die vom Punkte D beschriebene Kurve ist ähnlich und bezüglich des Punktes Ω ähnlich gelegen zu der von Punkt D' beschriebenen Kurve. An den Punkt D ist die vertikale Kolbenstange Ds des Dampfzylinders angehängt. Jeder der beiden Punkte D', D vollzieht eine fünfpunktige Geradführung [3]. Dieses Parallelogramm $O'BDC$ wird das Wattsche Parallelogramm genannt.

Literatur: [1] Abhandl. d. Kgl. techn. Deputation f. Gewerbe, Berlin 1826, 1. Teil, S. 225. — [2] Watt, J., Spezifikation Nr. 1432, 28. April 1784. — [3] Ausführlich ist die angenäherte Geradführung behandelt in Burmester, Lehrb. d. Kinematik, Bd. 1, 9. Abschn., Leipzig 1888. *Burmester.*

Geradführung, absolute. Wird vermittelst eines Mechanismus (s. d.), dessen Glieder durch Achsengelenke beweglich verbunden sind, eine geradlinige Bewegung erzeugt, so heißt dieselbe eine absolute Geradführung.

Man hat es lange Zeit für unmöglich gehalten, daß durch einen Gelenkmechanismus, bei dem also jedes Glied gegen ein benachbartes eine Kreisbewegung vollzieht, eine geradlinige Bewegung erzeugt werden könne, bis von Peaucellier [1] zuerst der in Fig. 1 schematisch dargestellte Gelenkmechanismus erfunden wurde, durch den eine absolute Geradführung bewirkt wird. Dieser Peaucelliersche Mechanismus besteht aus acht Gliedern, die durch sechs parallele Achsengelenke verbunden sind. Das Glied MO ist fest und als solches durch eine Schraffur von den beweglichen Gliedern unterschieden. Um die feste Achse O drehen sich die beiden gleichlangen Glieder OH, OH', die in H, H' mit einem Gelenkrhombus $PHQH'$ gelenkig verbunden sind; um die feste Achse M dreht sich das Glied MP, das gleich MO und in P drehbar an diesen Gelenkrhombus angeschlossen ist. Die sechs Gelenke, deren Achsen senkrecht zur Zeichnungsebene sind, werden durch die betreffenden Punkte in der Zeichnung vertreten. Wird nun das Glied MP gedreht, dann bewegt sich der Gelenkpunkt Q in bezug auf das feste Glied MO in einer auf MO senkrechten Geraden q. Einer Schwingung von MP entspricht eine Bewegung des Gelenkpunktes Q auf einer Strecke der Geraden q. Der Beweis für diese absolute Geradführung ergibt sich durch die folgende Betrachtung. Die Punkte OPQ liegen, weil HOH', HPH', HQH' gleichschenklige Dreiecke sind, stets auf einer Geraden, die in der Mitte auf der veränderlichen Strecke HH' senkrecht steht. Setzen wir die Länge der gleichlangen Glieder OH, OH' gleich a, die Länge der vier gleichen Rhombusseiten gleich b, und denken wir uns um H den durch P, Q gehenden Kreis beschrieben, so ist nach einem geometrischen Satze das Produkt $OP \cdot OQ = (a-b)(a+b) = a^2 - b^2$;

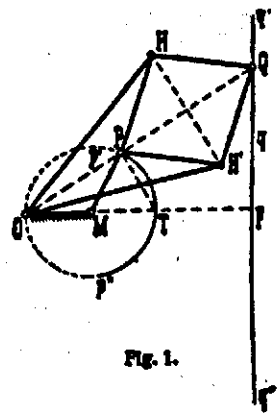


Fig. 1.

also konstant. Der um M mit dem Radius $MP=r$ beschriebene Kreis geht durch O, weil $MP=MO$ ist, und schneidet ferner die Gerade OM in einem Punkt T; die durch Q auf OM senkrechte Gerade q schneidet OM im Punkte F. Wegen der ähnlichen rechtwinkligen Dreiecke OPT, OFQ ist:

$$OP:OT=OF:OQ \text{ und } OP\cdot OQ=OT\cdot OF=a^2-b^2,\ OF=\frac{a^2-b^2}{2r};$$

folglich bewegt sich der Punkt Q in einer auf OM senkrechten Geraden q, deren Abstand OF von O durch den erhaltenen Ausdruck bestimmt ist. Bei dem in Fig. 2 gezeichneten Peaucellierschen Mechanismus ist $a<b$, und die feste Achse O liegt dann zwischen P und Q. Für diese Anordnung ergibt sich $OP\cdot OQ=-(a^2-b^2)$. — Die Grenzlagen q', q'' des Punktes Q auf der Geraden q ergeben sich bei beiden Mechanismen dadurch, daß $Oq'=Oq''=a+b$ gemacht wird, und diesen entsprechen die Grenzlagen p', p'' des Punktes P auf dem durch O gehenden Kreise. Diese Punkte p', p'' liegen bezw. auf den Geraden Oq' und Oq''. Wenn also P auf dem größten zulässigen Bogen $p'Pp''$ schwingt, bewegt sich der Punkt Q auf der Geraden q in der größten Hubhöhe $q'q''$. — Nachdem durch den Peaucellierschen Mechanismus das Problem der absoluten Geradführung gelöst war, welches man als unlösbar, wie die Quadratur des Zirkels, betrachtet hatte, wurden bald mehrere Gelenkmechanismen erfunden, die eine absolute Geradführung erzeugten. Hart [2] erfand den in Fig. 3 dargestellten sechsgliedrigen Mechanismus mit sieben Achsengelenken. Derselbe besteht aus einem Antiparallelogramm $ABCD$, auf dem die drei Punkte OPQ in einer zu AC bezw. BD parallelen Geraden liegen; ferner aus dem festen Gliede OM mit der festen Achse O, um die sich die Seite AB des Antiparallelogramms dreht, und dem Gliede $MP=MO$, das sich um die feste Achse M dreht und in P gelenkig mit der Seite AD des Antiparallelogramms verbunden ist. Wird nun das Glied MP gedreht, dann bewegt sich der Punkt Q des Gliedes BC in einer auf OM senkrechten Geraden q. Die drei Punkte O, P, Q teilen die Glieder AB, AD, CB in gleiche Verhältnisse und bleiben deshalb während der Bewegung stets in einer zu AC oder BD parallelen Geraden. Setzen wir die gleichen Gliedlängen AB, CD gleich a und die gleichen Gliedlängen AD, BC gleich b, so ist:

$$OP:BD=AO:a,\ OQ:AC=BO:a \text{ und } OP\cdot OQ=\frac{AO\cdot BO}{a^2}\cdot AC\cdot BD.$$

Ziehen wir die Gerade DE, die AC in E trifft, parallel zu BA, dann ist: $AC\cdot BD=AC\cdot AE=b^2-a^2$. Hiernach ist das Produkt $OP\cdot OQ=AO\cdot BO\cdot\frac{b^2-a^2}{a^2}$ konstant; und es folgt demnach in gleicher Weise, wie oben begründet wurde, daß der Punkt Q sich in einer auf OM senkrechten Geraden q bewegt, wenn das Glied MP gedreht wird. Die Grenzlagen q', q'' des Punktes Q auf der Geraden q ergeben sich dadurch, daß $Oq'=Oq''=OB+BQ$ gemacht wird, und diesen entsprechen die Grenzlagen p', p'' des Punktes P auf dem durch O gehenden Kreise. Die Punkte p', p'' liegen bezw. in der Geraden Oq' und Oq''. Von Sylvester [3] und Kempe [4] wurde dieser Mechanismus gleichzeitig verallgemeinert. Bei den betrachteten Mechanismen entspricht einer schwingenden Bewegung auf einem Kreisbogen eine schwingende Bewegung auf einer Geraden.

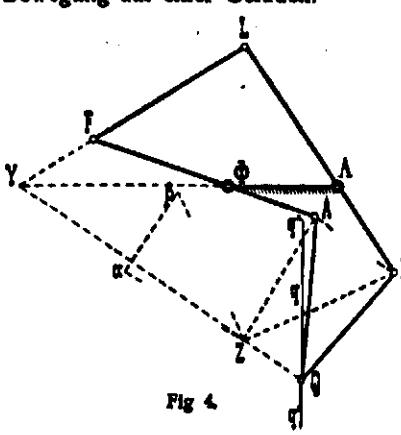


Fig. 4.

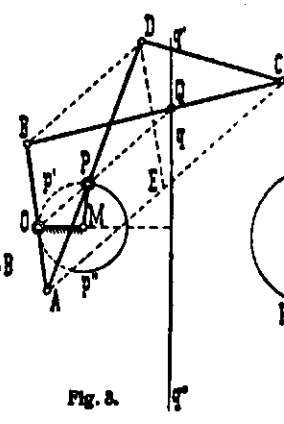


Fig. 3.

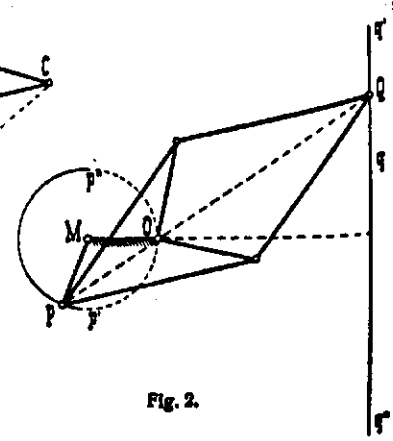


Fig. 2.

Hart [5] hat aber auch einen andern, in Fig. 4 dargestellten sechsgliedrigen Mechanismus mit sieben Achsengelenken erfunden, durch den während einer vollen Umdrehung eine schwingende Bewegung auf einer Geraden erzeugt wird. Dieser Mechanismus, dessen Konstruktion hier noch ohne Beweis angegeben werden soll, besteht aus einem Doppelkurbelgetriebe (f. d.) $\Phi FL\Lambda$, dessen Kurbeln $\Phi F, \Lambda L$ sich um die festen Achsen Φ, Λ des festen Gliedes $\Phi\Lambda$ herumdrehen, und an diesen Kurbeln sind die Glieder AQ, BQ eines Knies AQB drehbar angeschlossen, dessen Gelenkpunkt Q während der Umdrehungen der beiden Kurbeln auf der Strecke $q'q''$ der auf $\Phi\Lambda$ senkrechten Geraden schwingt. Um diesen Mechanismus zu konstruieren, nehmen wir ein beliebiges Doppelkurbelgetriebe $\Phi FL\Lambda$ als gegeben an. Wir konstruieren die Mittelpunkte α, β der den Dreiecken ΦFY und ΛLY umschriebenen Kreise, deren zweiter Schnittpunkt Z ist, ziehen auf αZ die Senkrechte ZA, auf βZ die Senkrechte ZB und machen $AQ=BZ$, $BQ=AZ$. Hierbei liegt der Gelenkpunkt Q in der auf $\alpha\beta$ senkrechten Geraden YZ, weil AB parallel YZ ist, und es ist $\Phi A:\Phi F=\Lambda B:\Lambda L$ [6]. Andre Mechanismen für absolute Geradführungen wurden von Kempe [7] angegeben.

Literatur: [1] Peaucellier, Nouvelles annales de mathématiques, 1864, Sér. II, Bd. 3, S. 414; 1873, Sér. II, Bd. 12, S. 71. — [2] Hart, Messenger of Mathematics 1875, Bd. 4, S. 82. — [3] Sylveſter, „Nature", 15. Juli 1875, Bd. 12, S. 214. — [4] Kempe, „Nature", 31. Mai 1877, Bd. 16, S. 88. — [5] Hart, Proceedings of the London Mathematical Society, 1877, Bd. 8, S. 288; Kempe, ebend., 1877, Bd. 9, S. 138. — [6] Burmeſter, Zeitſchr. f. Mathematik und Phyſik, 1893, Jahrg. 38, S. 193, und Burmeſter, Lehrbuch der Kinematik, 1887, Bd. 1, S. 564, mit weiterer Literaturangabe. — [7] Kempe, Proceedings of the Royal Society of London, 17. Juni 1875, Bd. 23, S. 565; „Nature", 14. Juni 1877, Bd. 16, S. 125. *Burmeſter.*

Geradführung, hypocykloidiſche, ſ. Cardaniſche Kreiſe.

Geradlinige Bewegung. Bewegt ſich ein Punkt auf einer Geraden, ſo haben ſeine Geſchwindigkeit und ſeine Beſchleunigung unveränderte Richtung, nämlich jene der Geraden. Die Größe der Geſchwindigkeit iſt dabei dem erſten, die Größe der Beſchleunigung dem zweiten Differentialquotienten des Weges nach der Zeit gleich.

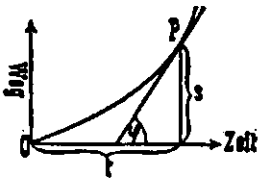


Fig. 1.

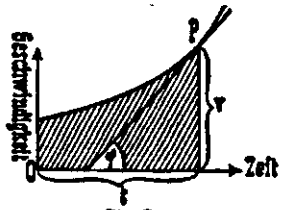


Fig. 2.

Trägt man die Zeit t als Abſciſſe, den zurückgelegten Weg s als Ordinate auf, ſo entſteht eine Kurve (Fig. 1), das **Wegdiagramm** der Bewegung. Die Neigung der Tangente an die Kurve gibt die Geſchwindigkeit: $\operatorname{tg}\varphi = \frac{ds}{dt} = v$. Trägt man die Zeit als Abſciſſe und die Geſchwindigkeit v als Ordinate auf, ſo erhält man das **Geſchwindigkeitsdiagramm** (Fig. 2) der Bewegung. Die Neigung der Tangente dieſer Kurve gibt die Beſchleunigung: $\operatorname{tg}\varphi = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$. Die ſchraffierte Fläche zwiſchen der Kurve des Geſchwindigkeitsdiagrammes und der Zeitachſe iſt der zurückgelegte Weg: $s = \int_0^t v\,dt$. Für die gleichförmige Bewegung iſt $v = \text{const}$, $s = v\,t$, das Wegdiagramm eine geneigte Gerade, das Geſchwindigkeitsdiagramm eine Parallele zur Zeitachſe. Für die gleichförmig beſchleunigte Bewegung iſt $v = v_0 + g \cdot t$, wo g die Beſchleunigung und v_0 die Anfangsgeſchwindigkeit iſt, $s = v_0\,t = \frac{g}{2}\,t^2 = \frac{1}{2}(v_0 + v)\,t = \frac{(v + v_0)(v - v_0)}{2g} = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$. Für gleichförmig verzögerte Bewegung iſt g negativ zu ſetzen. Für die gleichförmig beſchleunigte oder verzögerte Bewegung wird das Wegdiagramm eine Parabel, das Geſchwindigkeitsdiagramm eine Gerade. *Finſterwalder.*

Geradſchlächtig, bei Holz ſ. v. w. mit geradlaufenden Faſern.

Geräte, im Bauweſen, 1. Werkzeuge, die zur Herſtellung eines Bauwerks von den Maurern, Zimmerleuten u. ſ. w. gebraucht werden; 2. bewegliche Ausſtattungsgegenſtände, z. B. Hausgeräte, Geräte in Kirchen, in Küchen u. ſ. w. — In der **Maſchinentechnik** alle zur Herſtellung von Maſchinen und Maſchinenteilen erforderlichen Werkzeuge und die zum Betriebe erforderlichen Teile (z. B. Schürhaken, Kohlenſchaufeln, Schubkarren bei Dampfkeſſeln); die landwirtſchaftlichen Geräte, Fiſchereigeräte, Jagdgeräte, Geräte für Tiefbohrungen u. ſ. w. Ferner gehören hierher die verſchiedenen Handwerksgeräte aller Art (ſ. die Spezialartikel), die Geräte zur Waſſerbeiſchaffung bei Brandfällen, wie: Butten, Tragkübel, Feuereimer, Rädertienen, Waſſerfuhrwerke und größere Saugfeuerſpritzen, ſogenannte Hydrophore (ſ. **Feuerſchutz und Feuerrettungsweſen**).

Gerätekammer, Nebenraum zur Aufbewahrung von Geſchirren, Möbeln u. ſ. w. in Wohngebäuden, bei Werkſtätten.

Gerätekaſten, ſ. v. w. Werkzeugkaſten.

Geraniol, ſ. **Geraniumöl** und **Riechſtoffe, künſtliche.**

Geraniumöl (Oleum Geranii) wird aus den Blättern mehrerer Pelargoniumarten durch Deſtillation mit Waſſer gewonnen.

Es kommen im Handel ſehr verſchiedene Sorten vor. Das feinſte iſt das ſpaniſche Oel, im Geruch dem Roſenöl ſehr nahe kommend. Gut ſind auch die franzöſiſchen und afrikaniſchen Oele, während das Réunionöl etwas geringer iſt. Der Hauptbeſtandteil aller Geraniumöle iſt **Geraniol**, ein Alkohol von der Formel $C_{10}H_{18}O$. Ferner iſt darin ein zweiter Alkohol, Citronellol $C_{10}H_{20}O$, enthalten, letzterer beſonders reichlich im Réunionöle. — Das ſogenannte türkiſche Geraniumöl oder Palmaroſaöl iſt kein Geraniumöl, ſondern ein Grasöl (vgl. **Grasöle, Indiſche**).

Literatur: Gildemeiſter und Hoffmann, Die ätheriſchen Oele, Berlin 1899. *Dotto.*

Gerberei, ſ. **Leder.**

Gerbereiabfälle, ſ. **Ledermehl.**

Gerberfett, ſ. **Dégras.**

Gerber-Träger, ſ. Auslegerbrücken.

Gerbſäure (Gallusgerbſäure, Tannin, Digallusſäure, Acidum tannicum) $C_{14}H_{10}O_9 + 2H_2O$ gehört zu der im Pflanzenreiche weitverbreiteten Gruppe der Gerbſtoffe. Dieſe ſind in Waſſer lösliche, herb-zuſammenziehend ſchmeckende Subſtanzen, die mit Eiſenoxydulſalzen dunkelblau oder grün gefärbte Löſungen geben, Leimlöſung fällen und mit tieriſchen Häuten Verbindungen eingehen; vgl. Leder.

Ihrer chemiſchen Konſtruktion nach ſcheinen einige dieſer Säuren, wie z. B. die Kaffeegerbſäure, Glykoſide (ſ. d.) der Gallusſäure zu ſein, da ſie beim Kochen mit verdünnten Säuren in dieſe Säure und Traubenzucker zerfallen; andre liefern bei dieſer Spaltung ſtatt Traubenzucker Phloroglucin. Je nach ihrer Herkunft unterſcheidet man eine ganze Reihe von Gerbſäuren, die auch durch ihre Zuſammenſetzung voneinander verſchieden ſind, wie die Kino-, Katechu-, Moringagerbſäure oder Maclurin, Kaffee-, Eichen-, Chinagerbſäure, Dividivi oder Libidibi, Algarobilla, Canaigre u. ſ. w. Ueber die Anwendung und Wirkungsweiſe derſelben ſ. Gerbſtoffe und Leder. In der Gallusgerbſäure ſind Gallusſäureanhydride enthalten, ihre chemiſche Natur iſt noch nicht aufgeklärt. Die Anſchauung von Schiff, daß Gallusgerbſäure aus Digallusſäure im weſentlichen beſtehe, iſt nach den neueren Unterſuchungen von Walden nicht haltbar. Digallusſäure iſt eine der Gallusgerbſäure ſehr ähnliche Verbindung; ſie entſteht beim Erhitzen von Gallusſäure (ſ. d.) mit Phosphoroxychlorid. Die Gerbſäure findet ſich in großer Menge in den Galläpfeln (ſ. d.), ferner im Sumach, im Tee, und iſt eine farbloſe oder ſchwachgelbliche, glänzende, amorphe Maſſe, die leicht löslich in Waſſer, wenig löslich in Alkohol und in Aether faſt unlöslich iſt, am Licht gelb bis braun werdend. Aus der wäſſerigen, ſauer reagierenden Löſung wird ſie durch Kochſalz und viele andre Salze ſowie durch Leimlöſung gefällt und der wäſſerigen Löſung durch die tieriſche Haut vollſtändig entzogen. Mit Eiſenchlorid entſteht eine dunkelblau gefärbte Löſung. Die Gerbſäure iſt eine ſchwache Säure, die Karbonate zerlegt; jedoch ſind Salze von konſtanter Zuſammenſetzung nur ſchwierig zu erhalten. Alle Salze ſind amorph. Beim Kochen mit verdünnten Säuren liefert die reine Säure unter Aufnahme von 1 Molekül Waſſer 2 Moleküle Gallusſäure. Man gewinnt das Tannin am leichteſten aus den Galläpfeln, die dasſelbe bis zu 70% enthalten. Dieſe werden fein gepulvert und mit einem Gemiſch von Waſſer, Alkohol und Aether in beſtimmten Verhältniſſen ausgezogen. Die erhaltene Löſung trennt ſich in zwei Schichten, von denen die untere, wäſſerige die Gerbſäure enthält. Die durch Verdunſten der getrennten wäſſerigen Löſung gewonnene Säure wird dann zu ihrer Reinigung mehrere Male in Waſſer aufgenommen und mit Kochſalz gefällt. Künſtlich entſteht ſie aus Gallusſäure durch Oxydation mit Silbernitrat, durch Erhitzen mit Phosphoroxychlorid oder durch Kochen mit Arſenſäure. Die Gerbſäure findet eine ausgedehnte Anwendung in der Medizin, in der Färberei, zur Darſtellung von Gallusſäure und Pyrogallol; ſie iſt das Rohmaterial für die Fabrikation von Tinte (ſ. d.), dagegen iſt ſie als Gerbmittel für Leder ungeeignet. Das damit hergeſtellte Leder zeigt einen „leeren Griff“ und iſt unhaltbar.

Literatur: Beilſtein, Handb. der organiſchen Chemie, 2. Aufl., Bd. 2, S. 1219—1221, Hamburg und Leipzig 1888; Fiſcher, F., Handb. der chemiſchen Technologie, S. 1078—1081, Leipzig 1893; Schmidt, Pharm. Chemie, org. Teil., Braunſchweig 1901. *Bujard.*

Gerbſtahl, unrichtige Schreibweiſe für Gärbſtahl (ſ. Stahl).

Gerbſtoffe. Gerbmaterialien im weiteſten Sinne des Wortes ſind alle Körper, die imſtande ſind, die tieriſche Haut (richtiger deren Cutis oder Lederhaut) in Leder (ſ. d.) zu verwandeln, d. h. die Cutis mehr oder weniger geſchmeidig und weich, für Waſſer impermeabel (Sämiſchleder ausgenommen), dauerhaft und gegen Fäulnis widerſtandsfähig zu machen.

Sie können allen drei Naturreichen entſtammen oder Produkte der chemiſchen Induſtrie ſein. Das Mineralreich liefert als Gerbſtoffe Kochſalz und Alaun, und die damit gegerbte Haut gibt das Alaun- oder weißgare Leder. Mit tieriſchem Fett (in Amerika nach alter Indianerweiſe mit dem Gehirn der Hirſche u. ſ. w.) behandelte Haut iſt als Sämiſch- oder Waſchleder vielfältig im Gebrauch. Von chemiſchen Verbindungen ſind die der Chromſäure und des Eiſens zu nennen, die das chromgare und eiſengare Leder ergeben. Chromgerbung, häufig in Verbindung mit vegetabiliſcher Gerbung, iſt jetzt derart verbreitet, daß ſie die Darſtellung des feinen Schuhoberleders geradezu beherrſcht. Beſonders wichtig ſind die vegetabiliſchen Gerbſtoffe, welche die Haut in das meiſtverwendete braune bezw. gelbbräunliche lohgare oder rotgegerbte Leder umwandeln. In ihnen ſind extrahierbare Stoffe, die Gerbſtoffe im chemiſchen Sinne, die Gerbſäuren (ſ. d.), enthalten [1], [28].

I. Rinden. Die größte Bedeutung für die Lohgerberei haben die Stamm- und Aſtrinden verſchiedener Bäume, da ſie nicht nur ausgiebige Mengen von Gerbſtoffen enthalten, ſondern auch in genügenden Maſſen und mit Leichtigkeit zu beſchaffen ſind. Allen voran ſtehen die mitteleuropäiſchen Eichenrinden, die von vier Arten, der Traubeneiche (Quercus sessiliflora *Salisb.*), der Stiel- oder Sommereiche (Quercus robur *L.* = Quercus pedunculata *Ehrh.*), der Zerreiche (Quercus cerris *L.*) und der Weiß- oder Schwarzeiche (Quercus lanuginosa *Lam.* = Quercus pubescens *Willd.*), geliefert werden. Die beiden erſten Arten ſind nicht nur wegen der gerbſtoffreichen Rinden und der großen Verbreitung von Wichtigkeit, ſondern auch deshalb, weil ihre Rinde bis zum 25. Jahre wenigſtens ſtellenweiſe borkenfrei bleibt [2], [29] S. 263–270. — Der ungariſche Schälbetrieb produziert über 300000 Meterzentner Eichenrinde; doch iſt das Haupteichenland Europas Kroatien-Slawonien.

Die Sorten der Eichenrinden nach dem Alter ſind: 1. Spiegel- oder Glanzrinde von

Stangen unter 10 cm Durchmeſſer; 2. riſſige Stangen-, Raitel-, Raidel-, Rauhrinde oder Pfeifenborke von 10—20 cm dicken Stämmen; 3. rauhe Stammborke, rauhe Grobrinde und 4. geputzte Grobrinde (ohne Borke). Die erſten zwei Sorten zerfallen in Erd-, Mittel- und Gipfelgut, je nach der Region des Stammes; das Erdgut iſt das beſte, gerbſtoffreichſte. Gute Glanzrinden dürfen nicht aufgeſprungen ſein, keine Borke beſitzen, ſollen ſogenannte Pocken (Lenticellen) führen und guten Glanz haben. Die Außenſeite iſt ſilbergrau, die Innenfläche hellbraun oder braunrot, längsſtreifig; die Rinde iſt im Bruche bandartig-faſerig, zähe, faſt geruchlos, riecht im feuchten Zuſtand nach Lohe, ihr Geſchmack iſt ſtark zuſammenziehend. Am Querſchnitt ſieht man unter einem dünnen Kork eine grünliche Mittelrinde, die von der blaßrötlichen, von radial und tangential geordneten Baſtfaſerbündeln feingefelderten Innenrinde durch eine geſchloſſene, helle Steinzellenſchicht getrennt iſt. Eiſenchlorid färbt die Schnittfläche ſchwarzblau. Ueber den mikroſkopiſchen Bau ſ. [3], auch [7], [9], [29]. Die Unterſcheidung der vier Eichenrindenarten iſt nicht von erheblicher Bedeutung, da die Differenzen im Gerbſtoffgehalt, gleiches Alter und beſte Standorte vorausgeſetzt, nur gering ſind. Der mittlere Gehalt der Traubeneichenrinde beträgt 12%, der der Stieleiche 13,39% [4]. Nach Neubrand [5] ſind die öſterreichiſchen und ungariſchen Rinden weniger gut als die mitteldeutſchen, während Weſſely [10] die Gerbkraft der norddeutſchen, mitteldeutſchen und niederöſterreichiſchen Rinde nach dem Verhältnis 4—5 : 5—5,5 : 6—7 feſtſtellt, ſomit die letztgenannte den Vorzug verdient. Ueber die Gewinnung, den Schälwaldbetrieb u. ſ. w. ſ. insbeſondere [2]. Eichenſpiegelrinde enthält 8,5—19,02% Gerbſtoff, ferner 1,59% *Gallusſäure*, 58,23% *Rohfaſer*, 8,33% *Apfelſäure*, *Zucker* und *Extraktſtoffe*, 6,31% Harze und Fette, 2,34% Eichenrot, 6,77% Pektinſäure. Für ſchwere mehrſtrichige Lederſorten iſt Eichenrinde (meiſt gemiſcht mit Fichtenrinde) eines der geſchätzteſten Gerbmaterialien. Sie kommt in band- oder rinnenförmigen Stücken oder zerſchnitten und geſtampft im Handel vor.

Von den ſüdeuropäiſchen, orientaliſchen und nordafrikaniſchen Eichenarten, die Gerbrinden liefern, ſind zu nennen: Die Kermeseiche (Quercus coccifera *L.*), (Südeuropa und Nordafrika); ſowohl die Stammrinde als auch die Wurzelrinde, Garouille oder Rusque genannt, werden im ſüdlichen Frankreich, in Algier und Spanien verwendet [2]. Die Korkeiche (Quercus suber *L.* und Quercus occidentalis *Gay*); ſie liefert in ihrer Außenrinde den bekannten Flaſchenkork, in der Innenrinde, die in Spanien Alcornoque genannt wird, ein vorzügliches Gerbmaterial (13,69% Gerbſtoff). Die Steineiche oder immergrüne Eiche (Quercus ilex) wird hauptſächlich in Algier und Südfrankreich auf ihre Rinde ausgebeutet. In Frankreich ſind 400000 ha Steineichenwälder vorhanden, deren Betrieb nach Art des Schälwaldes vor ſich geht. Man unterſcheidet eine weiße, rote oder ſchwarze und eine gelbe oder graue Rinde, ſie iſt außen glatt, ohne Spalten, die Gerbſtoffmenge verſchieden, von 6—11% [11]. — Ferner liefern noch Quercus Mirbeckii *Dur.*, Quercus Tozzae *Bosc.* u. a. Gerbrinden. — Die nordamerikaniſchen Eichen liefern ſehr gehaltreiche Rinden; die am häufigſten verwendete iſt die Kaſtanieneiche (Chestnut-oak, Quercus Prinus *L.*), die (in der Rinde) nach Eitner 16,15% Gerbſtoff enthält, in zwei Varietäten (Whit-Chestnut-oak und Rock-Chestnut-oak) auftritt und deren Rinde auch zu einem Extrakt mit 30% Gerbſtoff verarbeitet wird. — Beſonders wertvoll iſt die Rinde der Spanish-oak (Quercus falcata *Michx.*), weil ſie, obwohl gerbſtoffarm (8%), faſt gänzlich farbſtofffrei iſt.

Koniferenrinden. Zu dieſen gehört das billigſte, verbreitetſte, in Mitteleuropa am allermeiſten verwendete Gerbmaterial, die Fichtenrinde (Rottannenrinde, Picea vulgaris *Link* = Abies excelsa *Poir.*), die in Preußen, Sachſen, Württemberg, Bayern, im ganzen öſtlichen und nördlichen Deutſchland und ganz beſonders in Oeſterreich-Ungarn entweder (wohl ſelten) für ſich allein oder im Gemiſch mit Eichenrinde, in Rußland auch mit Weidenrinde verwendet wird [12]. Die Rinde iſt ſo billig, daß die Schälung ſich nicht rentieren würde. In den Alpen werden aber die Fichten im Sommer gefällt, müſſen daher (damit das Holz nicht ſtockig, fleckig und ſchimmlig wird) geſchält werden, und ſo gibt dieſe Schälung gewaltige Quantitäten Rinde. Man trocknet dieſelbe im Walde. Das fertige Produkt bildet 2—8 mm dicke bis 1 m lange und 5 dm breite, flache oder zuſammengebogene Stücke, die außen hellbraun, mit Borke beſetzt, innen hellgelb oder bräunlichgelb und glatt ſind. Die Borke iſt ſchuppig. Geruch harzig, Geſchmack harzig-zuſammenziehend. Der Gerbſtoffgehalt iſt nach der Güte der Rinde, die wieder vom Alter, Standort, Höhenlage u. ſ. w. abhängig iſt, ſehr verſchieden; die Grenzzahlen ſind 5—16%, der durchſchnittliche Gehalt 8% [13]. Hampel fand ſogar 24,6% als Maximum. Zur Verwendung wird die Rinde in Stampfen oder mittels des Dreſchens in Lohe verwandelt. Gegenwärtig wird aus Fichtenrinde das Extrakt bereitet und in den Handel gebracht; es ſoll auch zum Gerben von Sohlleder geeignet ſein. — Die nordamerikaniſche Weißfichte (Picea alba *Mill.*, White Spruce) liefert eine unſrer Fichtenrinde gleichwertige Rinde; außen graubraun, 3—5 mm dick, Borkenſchuppen klein. — Die Lärchenrinde von Larix decidua *Mill.*, nur in den Alpen und Karpathen im Gebrauch, ſchon äußerlich (durch die grobriſſige, dicke Borke) und mikroſkopiſch (durch die einzelſtehenden verzweigten Steinzellen, ſogenannten Spikularzellen) von der Fichtenrinde zu unterſcheiden, hat einen Gerbſtoffgehalt von 4—10%, nach Hampel [13] im Winter 0,1—3,9% (8 m über dem Boden beſaß die Stammrinde 8,3%). Der Gerbſtoff der drei angeführten Koniferenrinden iſt eiſengrünend. — Noch ſeltener wird die Tannenrinde von Abies alba *Mill.* (Abies pectinata *Dc.*) verwendet, und zwar im Gemiſch mit Myrobalanen, Dividivi, Lärchenrinde [14], z. B. in Steiermark, in der Schweiz, in Rußland. Die ſilbergraue glatte und borkefreie Rinde mit Spikularzellen und großen Harzlücken (mit farbloſem Balſam) iſt leicht zu erkennen. Sie enthält 4—8% eiſenbläuenden Gerbſtoff, mitunter ſoll derſelbe ſelbſt über 19% betragen. — Eines umfangreichen Gebrauches erfreut ſich die Rinde der Schierlings- oder Hemlocktanne (Abies canadensis *Michx.*) in Nordamerika ſowohl direkt zum Gerben als auch zur Erzeugung des Hemlockextraktes (Millers Tannin). Die Hemlockrinde gleicht der unſrer Schwarzkiefer [2] und iſt dadurch beſonders ausgezeichnet, daß der Hauptſitz des Gerbſtoffes die Borke und nicht die lebende Rinde (das „Fleiſch“ der Gerber) iſt. Erſtere hat 11,3%, letztere 7,7% Gerbſtoff.

Das Extrakt ſoll wegen der großen Menge beigemengten Farbſtoffes nicht empfehlenswert ſein [14]. Für die Gerbinduſtrie der Mittelmeerländer iſt die Rinde der Aleppokiefer (Pinus halepensis *Desf.*) von großer Wichtigkeit. Der Baum gedeiht beſonders in Nordafrika (Algier, Tunis), kommt aber auch noch in Dalmatien, Iſtrien gut fort. Er liefert zwei Gerbmaterialien, die Snobar- oder Snoubarrinde, die nach Eitner [15] und v. Hoehnel [2] die von der Borke befreite Innenrinde iſt, und Scorza-rossa (Corteggia-rossa oder Pino-rossa), welche die Borke desſelben Baumes iſt. Die Snobarrinde wird von gefällten Bäumen gewonnen und von der Borke befreit (Algier), die Scorza-rossa hingegen von lebenden Bäumen (Sizilien) vorſichtig, mit Erhaltung der lebenden Rinde abgenommen, ſo daß wieder neue Borke ſich entwickeln kann [5]. Dalmatiniſche Scorza-rossa hat aber auch „Fleiſch" (Innenrinde). Dieſe wird auch in der häuslichen Induſtrie zum Färben der Fiſchernetze, von Frauenkleidern u. dergl. benutzt und kommt aus Dalmatien in 1500—3000 Meterzentnern nach Trieſt und Venedig zur Ausfuhr. 50 kg = 2—3 Kronen [2]. In Südfrankreich iſt die Verwendung der Aleppokieferrinde ſehr beträchtlich, das damit gegerbte Leder wird Cuir d'Alger genannt [11]. Die Snobarrinde beſteht aus flachen oder konkaven, 1—8 mm dicken roten Stücken, die an der Außenſeite muſchelige Vertiefungen führen, innen glatt ſind, einen ſpröden, ebenen, feinkörnigen Bruch haben und ſich durch einen ſtark adſtringierenden Geſchmack auszeichnen. Gerbſtoffgehalt 13—15 %. Ueber andre verwandte Rinden ſ. [2]. Eine neuſeeländiſche Koniferenrinde, Toa-toa oder Takeha genannt, ſtammt von Phyllocladus asplenifolia *Hook.* und Phillocladus trichomanoides *Don.* (Kiritoa-toa oder Tanehaki-bark), enthält 23 % Tannin und kommt in flachen Rindenſtücken oder auch feingemahlen als faſeriges braunes Pulver zu uns.

Nur lokale Bedeutung für die Gerberei haben die Birken- und Erlenrinden. Dagegen ſind für Europa noch die Weidenrinden wichtig, in Rußland ſelbſt das wichtigſte Gerbmaterial (6500000 kg pro Jahr). Obwohl die Rinde aller Weidenarten Verwendung findet, ſo werden in Rußland doch hauptſächlich nur die Sandweide (Salix arenaria) und die Fieberweide (Salix Russelliana) auf ihre Rinden ausgebeutet. Mit dieſen Weidenrinden wird das ruſſiſche Juchtenleder hergeſtellt. Nebenbei wird auch noch die Sahlweidenrinde, von Salix caprea, ausgiebig verwendet, namentlich in Dänemark (Handſchuhleder), in Württemberg, in manchen Gegenden Oeſterreichs. Behufs Gewinnung der Rinde werden die im Februar geſchnittenen Zweige, in Haufen geſtellt, mit Erde bedeckt, dann im Frühjahr durch 8 Tage in Waſſer geſtellt und geſchält. Weidenrinden ſind außen graubraun oder grünlich, innen gelb, graugelb, bräunlich, zimtbraun, noch immer mit der Oberhaut verſehen. Ueber ihren mikroſkopiſchen Bau ſ. [2], wo auch eine Unterſcheidung der einzelnen Arten verſucht wird, ferner [3] und [9]. Die Angaben über den Gehalt an eiſenbläuendem Gerbſtoff lauten ſehr verſchieden, das Mittel iſt mit 8 % feſtzuſtellen.

Exotiſche Rinden. Durch die Weltausſtellungen iſt eine große Anzahl derſelben bekannt geworden. Hervorgehoben zu werden verdienen die Rinde von Persea Lingue *N. ab Es.* und Persea Meyeniana *N. ab Es.* (Chile; ſie liefert das wichtige Valdivialeder, 17—18 %) [7], Bd. 1, S. 756, Weinmannia glabra *L. fil.* [16], [17], Rhizophora Mangle *L.* (Mangle colorado), in allen Tropenländern zum Gerben, Schwarz- und Braunfärben, enthält 22,5—33,5 % Gerbſtoff, daneben aber viel rotbraunen Farbſtoff [2], [17], [30], [31], die Rinde verſchiedener Proteaceen (Protea mellifera *Thbg.*, der Sugarbush vom Kap, Leucadendron argenteum *R. Br.*, der Silverboom mit 16 % Gerbſtoff), von Elaeocarpus dentatus *Vahl* (Kirihinaurinde von Neuſeeland mit 21—22 % Gerbſtoff), von Malpighia punicaefolia *L.* (Nanciterinde von Weſtindien mit 21—23 % Gerbſtoff), von Oxalisarten (Churcorinde aus Chile mit 20—26 % Gerbſtoff), die Maletrinde von Eucalyptusarten, die Bankulrinde von Aleurites triloba *Forst.*, die Rinde von Pithecolobium dulce (Kamaſchilrinde, Afrika, Mexiko, 29 % Gerbſtoff) [35], die Acacia- bezw. Mimoſarinden (in Auſtralien Wattle-bark genannt), ſo namentlich von Acacia decurrens *Willd.* (30 % Gerbſtoff!), in Neuſüdwales in Schälwaldbetrieb. Auch Mimoſaextrakt wird dargeſtellt und iſt ſehr geſchätzt. Ueber dieſe und ähnliche Rinden ſ. hauptſächlich [2], [7], Bd. 1.

II. **Hölzer.** Nur wenige Hölzer ſind ſo gerbſtoffreich, daß ſie als Gerbmittel Verwendung finden können. Ein ziemlich gerbſtoffreiches Holz liefert die edle Kaſtanie (Castanea vesca *L.*); es dient zur Bereitung eines Extraktes, das jetzt zur Erzielung eines hellbraunen Leders Verwendung findet; auch aus Eichenholz wird ein Extrakt dargeſtellt [18]. Sehr reich an Gerbſtoff (10 %) iſt der Quebracho colorado, das Kernholz von Loxopterygium Lorentzii *Grieſch.* (Anacardiacee im Staate Corrientes in Argentina [19], [20]), aus dem auch ein Extrakt dargeſtellt wird. Als Gerbhölzer werden noch genannt: Cedrela brasiliensis, Juglans nigra *L.* var. boliviana *D. C.*, Zanthoxylon Coco *Gill.* u. a.

III. **Unterirdiſche Pflanzenteile.** Dieſelben haben mit Ausnahme des Canaigre als Gerbmittel gegenwärtig keine Bedeutung. Die Canaigrewurzel von Rumex hymenosepalus *Torrey* beſitzt 23 % Gerbſtoff und kommt aus Nordamerika (Texas) zu uns; ſie wird in neuerer Zeit viel verwendet [32], [33]. Einen ſehr hohen Gehalt an Gerbſtoff hat angeblich die Nelkenwurzel mit 30 % (von Geum urbanum *L.*) [3]; angeführt werden noch Statice coriaria *Hoffm.* (Rußland), Polygonum bistorta, Potentilla Tormentilla, Iris pseudacorus. In Aegypten dient die Wurzelrinde von Rhus oxycanthoides zum Gerben und Rotfärben [34].

IV. **Blätter.** Beblätterte Zweige, Kräuter ſind wegen ihrer leichten Gewinnung und Verarbeitung noch immer geſchätzte Gerbmittel. Unſre einheimiſchen Ericaceen, wie Ledum palustre *L.*, Calluna vulgaris, Vaccinium myrtillus *L.*, Vaccinium vitis idaea *L.*, waren noch im 18. Jahrhundert in Gebrauch. Gegenwärtig werden die Molleblätter von Lithraea Gilliesii, Quajacan von Caesalpinia melanocarpa *Gr.* (Argentina), die Blätter des weißen Quebracho, von Pistacia, Rhizophora, Terminalia verwendet. Beſonders wertvoll aber ſind die als Sumach oder Schmak bezeichneten Gerbmittel, von welchen folgende Sorten unterſchieden werden:

1. Echter, ſizilianiſcher (ſpaniſcher, portugieſiſcher) Sumach, die getrockneten und

zerkleinerten Blätter von Rhus coriaria *L.*, dem Gerberſumach. Die Blätter werden, nachdem ſie an den abgeſchnittenen Zweigen dürr geworden, in ein verſchieden feines Pulver vermahlen. Ueber ihre ausführliche Beſchreibung und Mikroſkopie ſ. [36] und [21]. Gerbſtoffgehalt 16 %. 2. Venezianiſcher, Trieſtiner, norditalieniſcher Sumach ſtammt vom Perückenſtrauch (Viſetholz), Cotinus coggygria *Scop.*, und iſt weniger wertvoll. 3. Provençaliſcher, ſüdfranzöſiſcher Sumach, Redoul, von der Gerbermyrte, Coriaria myrtifolia. Ausführliches darüber [22], [36], [37]. Sumach iſt ein vorzügliches Gerbmittel für feine, leichte Lederſorten, dient auch zum Schwarzfärben.

V. **Früchte** (und Fruchtteile). Hierher gehören einige ſehr verbreitete Gerbmittel: Valonea (Valonia, Wallonen, Velani, Ackerdoppen, levantiniſche Knoppern) [23] und [7], die Fruchtbecher mehrerer orientaliſchen Eichen, insbeſondere der Quercus Valonea *Kotschy* und Quercus macrolepis *Kotschy* (früher mit andern Arten als Quercus aegilops zuſammengefaßt) [24], ferner Myrobalanen, Dividivi, Bablah, Algarobilla und Tarihülſen.

1. Die zahlreichen Sorten Valonea kommen teils von Südoſteuropa (griechiſche, albaneſiſche, ioniſche Inſel-Ware), teils von Kleinaſien (Smyrna, Cilicien). Danach unterſcheidet man vier Haupttypen, die in beiläufig 60 Handelsſorten zerfallen: a) Kleinaſiatiſche oder Smyrna-Valonea, durch Größe der Becher, Weite des Höhlenrandes und aufwärtsſtehende oder ſeitlich zurückgekrümmte breite Schuppen charakteriſiert. b) Griechiſche Inſel- und griechiſche Feſtland-Valonea mit den etwas abweichenden Candia-, Metelino- und Moreaſorten. c) Albaneſiſche oder Golfo-Valonea. d) Caramania- und Adalia-Valonea. Die Fruchtbecher ſind halbkugelförmig ausgehöhlt (die albaneſiſchen ellipſoidiſch), 3—4,5 cm lang, an der Außenſeite mit zahlreichen ſpiralig angeordneten, entweder angedrückten (griechiſche) oder ſtark zurückgeſchlagenen (kleinaſiatiſche), lanzettlichen, feinflaumig behaarten, holzig-harten Schuppen dicht beſetzt. Die Becherhöhle iſt dicht feinflaumig. Die Schuppen ſind reicher an Gerbſtoff, daher reichbeſchuppte Valonea erwünſcht iſt. Die Schuppen, Drillo genannt, kommen auch für ſich zum Verkaufe. Die Sorten mit noch geſchloſſenen Bechern heißen Camata; ſind die Früchte noch klein und unreif, Camattina. Im Handel gilt die Regel, daß die Ware im Korn (d. h. im ganzen Zuſtande) groß und egal ſein muß. Sie laſſen ſich leicht pulvern und enthalten 20—30 % Gerbſtoff, Smyrnadrillo 34,6—41 %. Ihre Anwendung zum Gerben und Schwarzfärben iſt außerordentlich umfangreich. — 2. Myrobalanen (in den Handelsberichten der Zeitungen häufig Myrabolanen geſchrieben), die getrockneten Steinfrüchte mehrerer Arten der oſtindiſchen Combretaceengattung Terminalia, gegenwärtig faſt nur von Terminalia Chebula *Retz* ſtammend. Sie ſind dattel- oder länglich-birnförmig, nach beiden Enden verſchmälert, bis 6 cm lang, etwas gerundet-fünfkantig mit fünf ſtumpfen Längsrippen, an der Oberfläche kahl, glatt oder runzlig, grünlichgelb, rötlich- bis ſchwarzbraun und hart. Die ſpröde, grünlichbraune, ſehr zuſammenziehend ſchmeckende äußere Fruchtſchale umſchließt einen orangegelben Steinkern, in dem ein länglicher dünner, ölreicher, weißer, von einer bräunlichgelben Samenhaut umhüllter Samenkern enthalten iſt. In der Steinſchale ſind zahlreiche zerſtreute, mit einer gelben, bröckligen Maſſe verſehene Höhlungen zu ſehen, die ſich als Harzbehälter (Rieſenzellen) erweiſen [3], [7]. Die Myrobalanen enthalten bis 45 % Gerbſtoff; da ſie ſehr billig ſind (1 Ztr. = 11 sh.), ſo werden ſie als Gerb- und Schwarzfärbemittel in ausgedehnter Weiſe verwendet. Das Pulver wird auf maſchinellem Wege hergeſtellt. Die hier beſchriebenen echten Myrobalanen kommen von Bengalen. Die ſogenannten indiſchen oder ſchwarzen Myrobalanen (Indian or black Myrobalan) ſind die unreifen echten Myrobalanen; alle übrigen Sorten kommen nicht mehr in unſerm Handel vor. — 3. Dividivi (Libidibi), die S- oder ſchneckenförmig gekrümmten, bis 3 cm langen, glatten, kaſtanienbraunen Früchte von Caesalpinia coriaria *Willd.*, kommen von Caracas, Maracaibo und Curaçao in den Handel und werden ſeit Beginn dieſes Jahrhunderts gleich den Myrobalanen verwendet. Neueſtens ſind große Kulturen des Baumes in Vorderindien, in Britiſch-Burmah und auf Ceylon angelegt worden. Der Gerbſtoff iſt in dem Parenchym der Hülſen enthalten. — Dividivi von Bogotá, große flache, fuchsrote Hülſen, ſtammen wahrſcheinlich von Caesalpinia tinctoria (H. B. K.) *Benth.* und werden in Chile und Peru verwendet; falſche Dividivi, lederbraun oder gelb, ſchwach gekrümmt, vielleicht von Caesalpinia Palpae *Ruiz et Pav.* ſtammend (Chile), ſind ebenfalls reich an Gerbſtoff. — 4. Als Bablah, Garrat, Neb-Neb, indiſcher Gallus bezeichnet man die gerbſtoffreichen Gliederhülſen verſchiedener Acaciaarten, wie Acacia arabica, Acacia nilotica; im Handel finden ſich die Hülſen in der Regel in die 1—1,5 cm breiten, nahezu kreisrunden, etwas ſchiefgezogenen, flachen, graubraunen, feinwolligen oder kahlen Glieder zerfallen. Eine beſondere Sorte, die Gousses de Gonaké, ſtammt von Acacia Adansonii. Gerbſtoffgehalt ca. 16 %. Ausführliches ſ. in [7]. — 5. Algarobilla. Darunter verſteht man verſchiedene ſüdamerikaniſche gerbſtoffhaltige Hülſenfrüchte, hauptſächlich aber die Früchte von Balsamocarpum brevifolium *Phil.*, die in ihrem Gerbſtoffgehalt den beſten Gallen gleichkommen (bis 68 %). Ausführliche Beſchreibung ſ. in [25]. — 6. Tari- oder Terihülſen, die Früchte der in Vorderindien und im Malaiiſchen Archipel einheimiſchen Caesalpinia digyna *Rottl.*, enthalten 33,25 % Gerbſtoff, ſind 3—4,5 cm lang, 2—2,5 cm breit, flach, hochbuckig, wo die Samen liegen; braun, glatt, glänzend, ein- bis dreiſamig, im Innern durch eine ſchwammige Mittelſchicht (Gerbſtoffſpeicher) ausgezeichnet.

VI. **Samen.** Aus dieſer Gruppe iſt nur ein Same, die Areca- oder Betelnuß, zu nennen, die mit 15 % Gerbſtoff als Gerb- und Färbemittel wohl ſelten (viel häufiger aber in Südoſtaſien in Verbindung mit den Blättern als Kaumittel) Verwendung findet. Von Sumatra gehen große Mengen nach Hinterindien. Die Arecanuß iſt der Same der indiſchen Palme Areca Catechu *L.*; ſie beſitzt eine verkehrt-kreiſel- bis kurz-kegelförmige Geſtalt, iſt außen vertieft-grobnetzadrig, graubraun bis braunrot und ſetzt ſich hauptſächlich aus dem beinharten weißen, von den eindringenden blutroten Samenhautfortſätzen marmorierten Keimnährgewebe zuſammen [3], [26], [27].

Die auch als Gerbmittel verwendeten Extrakte Katechu, Kino und Gambir f. Farbſtoffe, pflanzliche.

Zuſammenſtellung der Gerbmaterialien und ihres Gehaltes an Gerbſtoff.

	% Gerbſtoff
I. Rinden.	
Eichenſpiegelrinde (im 1. Saft, 24jähr. Kernwuchs)	17,00
Glanzrinde, geklopft (im 1. Saft)	8,6
„ „ „ 2. „	14,6
Eichenſchnitzlohrinde „ 1. „	3,0
Junge Eichenrinde	9—16
Alte „ (60jährig)	5,6
Korkeichenrinde	14,0
Steineichenrinde	6—8
Chestnut-oak-Rinde	8—20
Fichtenrinde (15—20jährig)	10,8
20—30 „	8,0
30—40 „	7,5
40—50 „	10,7
80—100 „	8,7
Lärchenrinde	8—16
Tannenrinde	4—8
Hemlockrinde	8—12
Scorza-rossa	13—15
Snobar	25
Birkenrinde	1,6—5,3
Schwarzerlenrinde	8—20
Eſpenrinde	2,6
Buchenrinde	2,0
Haſelnußrinde	3,0
Ulmenrinde	2,9
Eſchenrinde	3,3
Weidenrinde (Sandweide)	13
Fieberweidenrinde	12—13
Korbweidenrinde	12
Purpurweide	5—8
Vogelbeerrinde	14,0
Persearinde	17—18
Sugarbushrinde	3 (?)
Silverboomrinde	16
Quebrachorinde	2—4
Weinmannia	10—11
Roßkaſtanienrinde	2
Churcorinde	20—26
Mangle colorado	22—33
Wattle von Acacia decurrens	30—35
Phyllocladus trichomanoides *Don.*	23,2
Coriaria ruscifolia *L.*	16,8
Elaeocarpus dentatus	21,8
Granatbaumrinde	22,0
Trujillo-Curtidor	24,0
Eucalyptus longif.	8
Kamaſchilrinde	29
Eugenia Smithii	17
Kirſchbaumrinde	24,0
Kornelkirſchrinde	19
Hollunderrinde	2,3
Italieniſche Pappel	3,5
II. Hölzer.	
Castanea vesca	8,0
Cedrela brasiliensis *St. Hil.*	5,61
Juglans nigra	5,0
Zanthoxylon Coco *Gill.*	6,13
Quebrachoholz	16—17,0
III. Unterirdiſche Pflanzenteile.	
Nelkenwurzel	30
Saſſafraswurzelrinde	58,0
Tormentillwurzel	46,0
Ratanhiawurzel	38—42,6
Canaigrewurzel	23
IV. Blätter (und Zweige).	
Sumach (Sizilien)	16,2
(Malaga)	16,4
(Carolina)	5,0
(Virginia)	10,0
Lithraea Gilliesii	8,5
Duvaua dependens *D. C.*	19—20,0
Caesalpinia melanocarpa *Gr.*	21,0
Weißer Quebracho	27,5
V. Früchte.	
Myrobalanen	45,0
Bablahhülſen	16,0
Algarobilla (Balsamoc. brevifol. *Phil.*)	59—68,4
Dividivi	42,71
Valonea	31,37
Tarihülſen	33,25
VI. Gallen.	
Aleppogalläpfel	60—66,0
Kleine ungariſche Galläpfel	25—30
Iſtriſche Galläpfel	24—41,0
Chineſiſche Galläpfel	69,13—77
Pistacia Terebinthus	60,0
Bokharagallen	32,0
Knoppern	30—33
VII. Pflanzenextrakte.	
Bombaykatechu	55,0
Bengalkatechu	44,0
Gambia	40,0
Buteagummi	73,2
Kinogummi	75,0
Hemlockextrakt	18—30,1
Eichenholzextrakt	20—31,0

Literatur: [1] Hanauſek, T. F., in Realencyklopädie der Pharmacie, 2. Aufl., Wien 1905, Bd. 5, S. 598 (Ueberſichtsartikel). — [2] v. Höhnel, Die Gerberrinden, ein monographiſcher Beitrag zur techniſchen Rohſtofflehre, Berlin 1880 (die ausführlichſte, vollſtändigſte Arbeit über dieſen Gegenſtand). — [3] Vogl, A., Kommentar u. ſ. w., Wien 1892, Bd. 2, S. 223—224. — [4] Büchner, in Dinglers Polytechn. Journ., Bd. 184, S. 250. — [5] Neubrand, Die Gerberrinde mit beſonderer Rückſicht auf die Eichenſchälwirtſchaft u. ſ. w., Frankfurt a. M. 1868. — [6] Vogl, A., Gerbmaterialien, in Karmarſch' und Heerens Techn. Wörterbuch, Prag 1878, Bd. 3. — [7] Wiesner, F., Die Rohſtoffe des Pflanzenreichs, 2. Aufl., Leipzig 1903, Bd. 1 und 2. — [8] Dammer, O., Illuſtriertes Lexikon der Verfälſchungen, Leipzig 1886, Art. „Gerbmaterialien". — [9] Möller, J., Anatomie der Baumrinden, Berlin 1882. — [10] Weſſely, Niederöſterreichs Eichenrinden, in Allg. Land- u. Forſtwirtſchaftsztg. 1860, Nr. 17 u. 18. — [11] v. Seckendorff, Die forſtlichen Verhältniſſe Frankreichs, Wien 1878. — [12] Eitner, W., Die Fichtenrinde als Gerbmaterial, Zentralbl. f. d. geſ. Forſtw. 1878, Aprilheft, S. 183 ff. — [13] Hampel, L., Gerbſtoffunterſuchungen, Zentralbl. f. d. geſ. Forſtw. 1878, S. 298. — [14] Eitner, W., in Zeitſchr. „Gerber" 1875, S. 267, 327. — [15] Derſ., ebend. 1879, S. 198. — [16] Ernſt, A., Die Beteiligung der Vereinigten Staaten von Venezuela an der Wiener Weltausſtellung. Caracas 1873, und Die Produkte Venezuelas auf der Internationalen Ausſtellung in Bremen 1874. — [17] Hanauſek, T. F., Die Gerbmaterialien Venezuelas, Zeitſchr. d. Allgem. öſterr. Apoth.-Ver. 1876, S. 378. — [18] Eitner u. Meerkatz, Ueber die Unterſcheidung der verſchiedenen

Extrakte, Bericht der öſterr. Geſellſch. zur Förderung der chem. Induſtrie, VII, 8. — [19] Vogl, A., in „Gerber" 1878. — [20] Möller, J., Bericht über die Weltausſtellung in Paris 1878, Wien 1879. — [21] Hanauſek, T. F., Sumach, in Realencyklopädie der geſamten Pharmacie, Bd. 9. — [22] Derſ., Redoul, in Pharmaceut. Poſt 1892, S. 1333 ff. — [23] Heldreich, Die Nutzpflanzen Griechenlands, Athen 1862, S. 16. — [24] Kotſchy, Die Eichen Europas und des Orients, Wien 1859—62. — [25] Hanauſek, T. F., Algarobilla, in Zeitſchr. d. Allgem. öſterr. Apoth.-Ver. 1879. — [26] Derſ., Die Nahrungs- und Genußmittel aus dem Pflanzenreich, Kaſſel 1884, S. 452. — [27] Apoth.-Ztg. (Berlin) 1894, S. 247 (Entwicklung der Arecanuß). — [28] Kunz-Krauſe, H., Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenſtoffe, Pharm. Centralh. 1898 (Fragmente zu einer Monographie der Tannoide). — [29] Hanauſek, T. F., Lehrbuch der techniſchen Mikroſkopie, Stuttgart 1901. — [30] Dammer, U., Die farbſtoff- und gerbſtoffliefernden Pflanzen Deutſch-Oſtafrikas, in A. Engler, Pflanzenwelt Deutſch-Oſtafrikas, V. — [31] Buſſe, Ueber gerbſtoffhaltige Mangroverinden in Deutſch-Oſtafrika, Arb. d. Kaiſ. Geſundheitsamtes 1898. — [32] Chem.-Ztg. 1895, Nr. 11, S. 217; „Der Gerber", Wien 1891, Nr. 401; 1893, Nr. 451; 1897, Nr. 554. — [33] Sakellario, Ueber die Kultur der Canaigrewurzel, Publ. d. k. k. Samenkontrollſtation in Wien, Nr. 280. — [34] Afcherſon, in Sitzungsber. d. Geſ. nat. Freunde, Berlin 1882, S. 13. — [35] Paeßler, in „Tropenpflanzer" 1905, S. 531. — [36] Hanauſek, T. F., Lehrbuch der techniſchen Mikroſkopie, Stuttgart 1901, S. 283. — [37] Villeneuve, Etude sur le Redoul. Thèse, Montpellier 1893. — [38] Hanauſek, T. F., Ueber die Gummizellen der Tarihülſen, Bericht d. Deutſch. Bot. Geſellſch. 1902, Bd. 20. — Ferner noch die verſchiedenen Berichte über Ausſtellungen von W. Eitner.

T. F. Hanauſek.

Gerenne, beim Oberharzer Bergbau ſ. v. w. Gerinne (ſ. d.).

Gericht der hölzernen Siele, ſ. v. w. Schlaggebinde der Tore der hölzernen Siele. Man unterſcheidet das Gericht der äußeren und der inneren Tore (Binnengericht, ſ. d.) und Schlaggebinde der Siele. *Frühling.*

Gerichtsgebäude, Gerichtshaus, öffentliches Gebäude von kleinem oder größerem Umfang zur Aufnahme der Gerichtsbehörden. In Deutſchland zerfallen dieſe nach der neuen Ordnung des Gerichtsverfahrens in vier Klaſſen: Amtsgerichte mit einem oder mehreren Einzelrichtern, Landgerichte mit Kollegien zu drei oder fünf Richtern für Straf- oder Zivilrecht und das Oberlandesgericht, über welchen allen das Reichsgericht ſteht.

Die Bedeutung dieſer Behörden erfordert eine würdige und ernſte Ausſtattung des Gebäudes; die Ausführung ſoll eine feuerſichere ſein. Als Beiſpiel diene das Gerichtsgebäude zu Frankfurt a. M. (Fig. 1—3).

Die Anforderungen an Raum in einem Amtsgerichtsgebäude ſind etwa folgende: Vorhalle, Arbeitszimmer des Richters, des Gerichtsſchreibers, und Kanzleien hierzu; Pfandkammer; Schöffengerichtsſaal mit Beratungszimmer, Zimmer für Zeugen, Diener. An Wohnungen: Dienſtwohnung für den Richter zu ca. ſieben Zimmern, Dienerwohnung zu vier Zimmern und Zubehör.

Die Räume eines Landgerichts ſollen umfaſſen: 1. Eingang, Vorhalle, Diener- und Wartezimmer. 2. Schwurgerichtsſaal von 150 bis 170 qm Grundfläche, 6 bis 7 m Höhe, Beratungszimmer der Richter, der Geſchworenen, Zimmer der Zeugen, der Anwälte, Zelle für den Angeklagten, zu welcher der Zugang getrennt von dem der Zeugen und Geſchworenen ſein ſoll. Ebenſo hat die Abteilung für das Publikum einen getrennten Zugang zu erhalten. 3. Gerichtsſitzungsſäle für Straf-, Zivil- und Handelskammern, 90—100 qm mit anſtoßenden Beratungszimmern; beim Zugang zum Sitzungsſaale der Strafkammer ſoll eine Trennung der Parteien, beſonders des Angeklagten, ſtattfinden. 4. Arbeitszimmer für den Präſidenten, Direktor, die Richter, Unterſuchungsrichter. 5. Zimmer für die

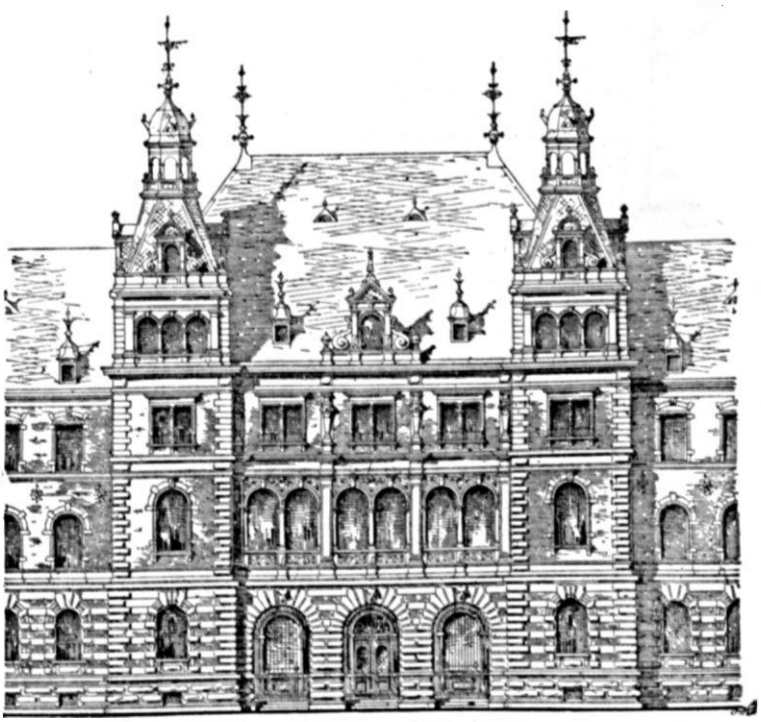


Fig. 1. Faſſade des Gerichtsgebäudes zu Frankfurt a. M. [4].

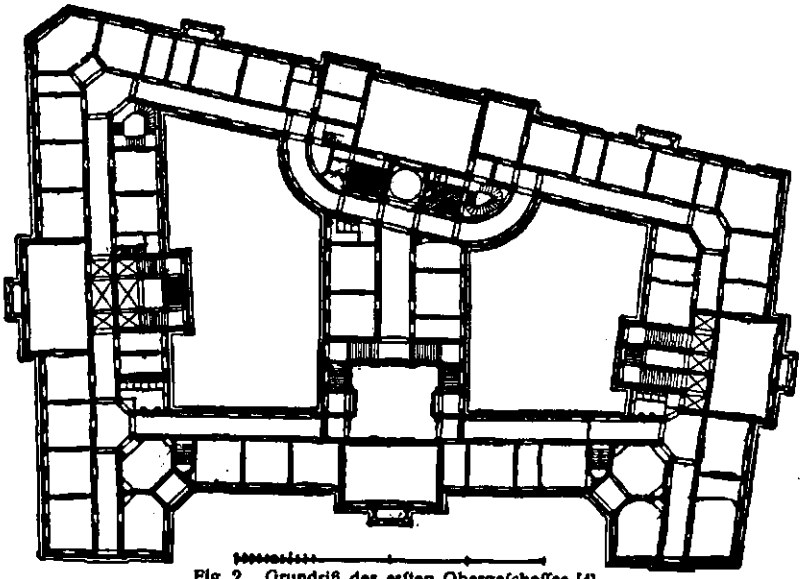


Fig. 2. Grundriß des erſten Obergeſchoſſes [4].

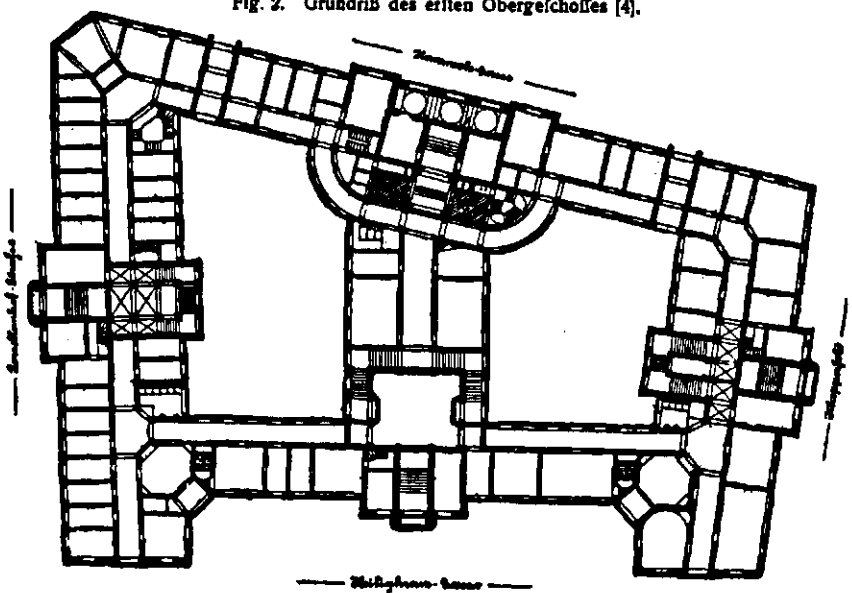


Fig. 3. Grundriß des Erdgeſchoſſes [4].

Zeugen, Parteien und Anwälte. 6. Kanzlei und Regiſtratur, Gerichtsſchreiberei und eine Bibliothek. 7. Für Staatsanwaltſchaft: mehrere Arbeitszimmer, Kanzleien und Regiſtratur. 8. Dienſtwohnungen: Wohnung des Präſidenten zu acht bis zehn Zimmern u. ſ. w., Wohnung für einen Diener oder Hauswart zu vier Zimmern u. ſ. w. Die höheren Gerichtshöfe erhalten ähnliche Raumanordnungen, doch kommen die Schwurgerichte in Wegfall. Die Geſchoßhöhen der einzelnen Säle und Schreibzimmer ſeien 4,0 bis 4,5 m im Lichten. Bei der Ausdehnung der Gebäude ſollte die Heizung eine zentrale ſein.

Literatur:
[1] Handbuch der Architektur, Darmſtadt 1887, 4. Teil, 7. Halbbd. — [2] Baukunde des Architekten, Berlin 1884: Gerichtsgebäude, Bd. 2, S. 478 ff. — [3] Klaſen, B., Grundrißvorbilder, 13. Abſchn., Gebäude für Gerichtszwecke, Leipzig 1884. — [4] Frankfurt a. M. und ſeine Bauten, herausgegeben vom Architekten- und Ingenieurverein, 1886.

Weinbrenner.

Gerinne (Rinne, Graben), die natürliche oder künſtliche, nach oben offene Umſchließung abfließender kleinerer Gewäſſer; beſonders aber verſteht man darunter die künſtlich hergeſtellten Zufluß- und Abflußkanäle für verſchiedene techniſche Zwecke (Ausführungen in Aſphalt, Beton, Eiſen, Erde, Holz, Mauerwerk, Stein, Steinzeug u. ſ. w.). Künette, Kanal, Arche, Gefluder, Keſſelgraben iſt mit Gerinne gleichbedeutend, doch wird der Ausdruck Künette häufig nur für die in größeren Kanälen angebrachten Niederwaſſerrinnen gebraucht.

Der Querſchnitt wird nach denſelben Regeln wie bei Kanälen (ſ. d. und Hydraulik) beſtimmt. Iſt der Querſchnitt kreisförmig, ſo heißt man das Gerinne Halbgerinne, wenn der Waſſerſtand bis zum Kreismittelpunkt, Hohlgerinne, wenn er über dieſen hinausgeht. Bei Triebwerken heißt man die Waſſerzuleitung auf den Motor das Obergerinne oder Aufſchlaggerinne, die Waſſerableitung vom Motor das Untergerinne. Schußgerinne bei oberſchlächtigen Waſſerrädern iſt das mit ſtärkerem Gefälle begabte Ende eines Obergerinnes. Bei unterſchlächtigen Waſſerrädern umſchließt das Gerinne das Rad; wird das letztere von der Umſchließung nur an einer Stelle berührt, ſo heißt das Gerinne Schnurgerinne; wird es längs eines Bogens konzentriſch umfaßt, Kropfgerinne. Abſchlußgerinne iſt jener Graben, in den bei Nichtbenutzung des Triebwerks, alſo beim Abſchluß des Aufſchlaggerinnes, das Waſſer fortgeführt wird. Das Ablaßgerinne (Freigerinne, wüſtes Gerinne) dient zur Entfernung überſchüſſigen Waſſers. Je

nach der Konstruktion der Triebwerke hat man früher auch Panster, Staber, Strauber und Sackgerinne unterschieden.

Gerinnedächsel, s. Dachsbeil, Bd. 2, S. 510.

Gerippe, s. Dachstuhl, Bd. 2, S. 520, und Lehrgerüste.

Geripplinien des Geländes nennt man die den geometrischen Aufbau des Geländes zum Ausdruck bringenden Linien wie Tallinien, lokale Wasserscheiden (Rückenlinien) und sonstige wichtige Fall- und Hanglinien. Die Feststellung ihres Verlaufes ist für die Geländedarstellung bei topographischen Aufnahmen (s. Topographie) und Flächennivellement (s. Nivellieren) von Wichtigkeit. *Reinhertz.*

Germanischer Lloyd, s. Schiffsklassifikation.

Germanium (*Ge*, Atomgew. 72,3, spez. Gew. 5,5), sehr seltenes, 1886 von Cl. Winkler in einem bei Freiberg gefundenen Minerale Argyrodit $GeS_2(Ag_2S)_3$ entdecktes grauweißes, sprödes Metall.

Schmelzpunkt 900°; an der Luft beständig, bei Glühhitze unter Bildung weißer Dämpfe zu Germaniumoxyd GeO_2 verbrennend. In Salzsäure unlöslich, Salpetersäure verwandelt es (wie das Zinn) in das Hydrat eines Dioxydes. Man kennt von diesem Element zwei Reihen von den Oxydationsstufen *GeO* und GeO_2 sich ableitende Verbindungen. Das Germanium war von Mendeljeff in seiner Tabelle des periodischen Systems als existierend und mit seinen mutmaßlichen Eigenschaften vorausgesagt und in jener Tabelle „Ekasilicium" genannt. Der obengenannte Entdecker nannte es Germanium.

Literatur: Die Lehrbücher der anorganischen Chemie, insbesondere Hollemann, Anorg. Chemie, Leipzig 1903. *Bujard.*

German silver, s. v. w. Neusilber (s. d.).

Geröll nennt man die durch einen natürlichen mechanischen Vorgang abgerundeten Gesteinsbrocken.

Haben sie eine flache, scheibenartige Form und ist ihre Abrundung mehr einem Schieben als einem Rollen zuzuschreiben, so spricht man wohl auch von Geschieben, dies besonders bei den vom Eis transportierten und durch sein Fließen abgerundeten Gesteinsbrocken. Die Gerölle entstehen vorzugsweise durch die gegenseitige Reibung und Rollung, welche die Gesteinsbrocken im Bett gefällreicher Flüsse infolge des Wasserstoßes erleiden. Abrundung der Kanten eckiger Brocken von Gestein kann auch durch die abschleifende Wirkung des Flugsandes an den Brocken erzeugt werden (Kantengerölle, -geschiebe, Vielkanter). Nur harte Gesteine bilden Gerölle und erhalten sich als solche sehr lange (Quarze, Quarzite u. s. w.). Weiche Gesteine werden bald zu Sand und Schlamm zerrieben. Gerölle bilden sich also in den Betten der Flüsse, durch die Meeresbrandung, am Grunde der Gletscher und durch Wind. Diejenigen der Gletscherablagerungen zeigen häufig Schrammen und Kritzer, erzeugt durch härtere Gesteine, die an dem Geröll vorbeigepreßt wurden. Die Wiederverkittung von Geröllanhäufungen führt zur Bildung von Konglomeraten. *Leppla.*

Gerstenzucker. Der reine Rohrzucker kristallisiert in großen monoklinen Prismen und wird dann Kandiszucker genannt. Dieser schmilzt bei 160° und erstarrt beim Abkühlen zu einer glasigen Masse, dem Gerstenzucker, der allmählich wieder kristallisiert. Wird dieser weiter auf 190—200° erhitzt, so verwandelt er sich in eine braune, krümelige, nicht mehr kristallisationsfähige Substanz (Karamel); s. a. Zucker. *Hernfeld.*

Geruchverschlüsse (Siphons), Wasserabschlüsse gegen Luftleitungen, insbesondere gegen die Kanalgase, bestehen in einem Wassersack mit freiem Ueberlauf, der die Kanalluft zurückhält und einer neu hinzukommenden Flüssigkeit freien Durchgang gestattet.

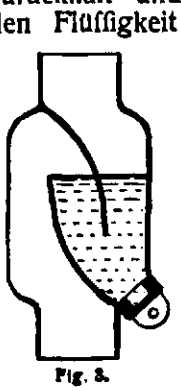


Fig. 3.

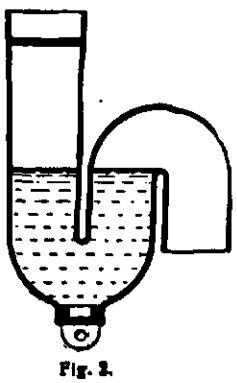


Fig. 2.

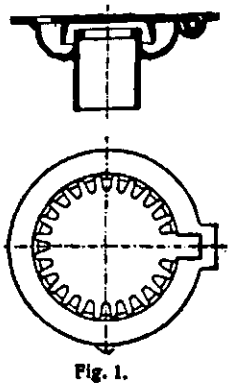


Fig. 1.

Es ist dafür zu sorgen, daß der Wassersack stets gefüllt bleibt und etwa verdunstendes Wasser wieder ergänzt wird, was nur bei häufigem Gebrauch der betreffenden Wasserleitungseinrichtungen von selbst geschieht.

Fig. 1—3 zeigen verschiedene Arten der Ausführung von Geruchverschlüssen, wie sie im Innern der Wohnungen bei Wandbrunnen, Wassersteinen u. s. w. angewendet werden; weitere Formen finden sich in den Art. Klosett, Aborte, Kanalisation. Die kleineren Geruchverschlüsse werden aus Metall (Fig. 1) oder Blei (Fig. 2 und 3) hergestellt. Bezugsquellen: Fabriken von Wasserleitungsarmaturen. Größere Geruchverschlüsse werden aus innen emailliertem Gußeisen (Bezugsquelle Eisenwerk Lauchhammer in Sachsen,

Eifenwerk Kaiferslautern in der Pfalz) oder aus glafiertem gebrannten Ton hergeftellt; letztere finden namentlich bei den Straßenkanälen Anwendung. *Blochem.*

Gerüft, f. Baugerüft.

Gerüftbrücken (Treftleworks), eine Art von hölzernen oder eifernen Viadukten, die durch nahe geftellte hölzerne oder eiferne Joche gekennzeichnet find, was kurze Spannweiten für die zur Anwendung kommenden Träger und geringe Belaftung des Baugrundes zur Folge hat und den Vorteil mit fich bringt, die einzelnen Joche durch etagenweifen Längsverband ficherm und hierdurch auch mit fehr großen Höhen ausführen zu können.

Ihre Konftruktion ift von Amerika ausgegangen. Auf den amerikanifchen Bahnen des Weftens, die waldreiche Gebiete durchziehen, find folche hölzerne Treftleworks in großer Zahl als zeitweifer oder bleibender Erfatz für Dammfchüttungen ausgeführt worden (Fig. 1). Die

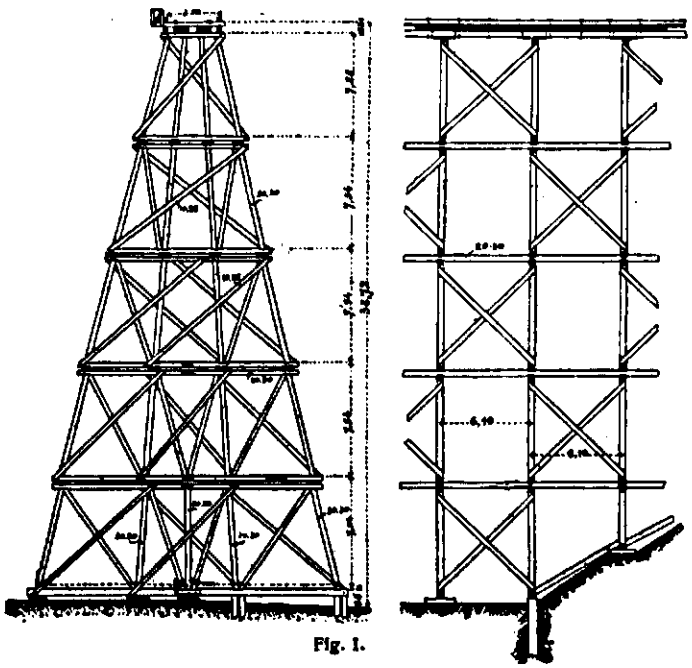


Fig. 1.

Joche ftehen auf Grundfchwellen in Abftänden von 4—8 m, und find die Träger entweder einfache oder durch Sattelhölzer und Sprengwerke unterftützte Balken [1], [2]. Eines der bedeutendften Bauwerke diefer Art war der 260 m lange und 62 m hohe Portageviadukt, der 1875 durch Brand zerftört und durch einen eifernen Viadukt erfetzt wurde. Der Holzaufwand in folchen amerikanifchen Gerüftbrücken kann bei Höhen bis zu 20 m mit 0,18—0,25 cbm pro 1 qm Anfichtsfläche angefetzt werden. Ein typifches Beifpiel für die ausgeführten eifernen Gerüftbrücken ift in Fig. 2 dargeftellt [3]. Die Gerüftpfeiler (f. Pfeiler, eiferne) mit 6—10 m weit abftehenden Jochen find 10—25 m voneinander entfernt und werden jetzt zumeift mit Blechträgern überfpannt. Früher find häufig armierte (Fink fche) Träger angewendet worden. Die Einzelheiten der Pfeilerkonftruktion find nach amerikanifcher Art mit Bolzenanfchluß der Ausfachungsftäbe ausgebildet und wird hierdurch insbefondere die Möglichkeit der unvergleichlich rafchen Aufftellung diefer Bauwerke erreicht. Einige neuere amerikanifche Treftleworks zeigen aber auch durchgehends Nietverbindung.

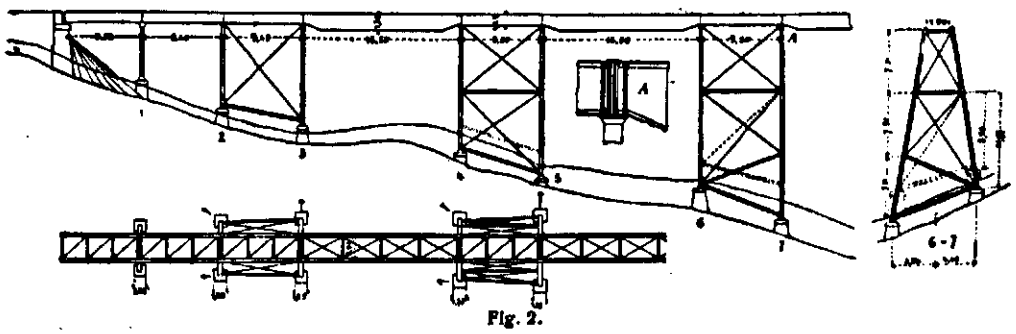


Fig. 2.

Die eifernen Gerüftbrücken find im Gegenfatz zu den hölzernen Bauten diefer Art vielfach als definitive Bauten in Ausführung gebracht worden, häufig auch im Anfchluß an größere Strombrücken zur Bildung der Anfahrtsrampen. Sie bieten gegenüber andern eifernen Viaduktkonftruktionen vornehmlich den Vorteil einer Materialerfparnis [4]. Auch in Europa find Bauwerke diefer Art, unfrer Konftruktionsweife entfprechend abgeändert, zur Ausführung gekommen. Beifpiele find der Viadukt bei Mittweida auf der fächfifchen Lokalbahn Annaberg–Schwarzenberg, die Seitenfelder des Wupperviadukts bei Müngften, die Talbrücke über das Ottertal in der Eifenbahnlinie Ziegenrück—Hof [5], die eifernen Gerüftbrücken der Lokalbahn Waidhofen—Gaming [6].

Literatur: [1] Pontzen, E., Ueber hölzerne Brücken mit befonderem Hinweis auf amerikanifche Gerüftbrücken, Zeitfchr. des öfterreich. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1876. — [2] Steiner, F., Ueber

Brückenbauten in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, Wien 1878. — [3] Ritter, W., Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas, Bern 1894. — [4] Biedermann, Beitrag zur Verwendung von Talbrücken nach dem Gerüſtbrückenſyſtem, Zeitſchr. des hannov. Arch.- u. Ingen.-Ver. 1895, S. 375. — [5] Zeitſchr. f. Bauw. 1896, S. 531. — [6] Zeitſchr. des öſterreich. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1899, S. 113.

Melan.

Gerüſthalter, ſ. Gerüſtverbindungen.

Gerüſtklammern, ſ. Gerüſtverbindungen.

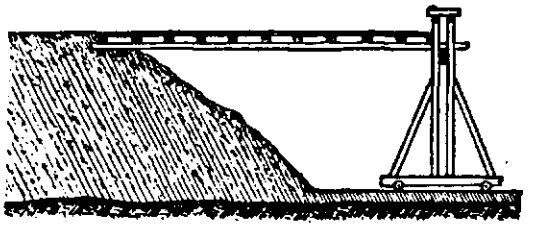
Gerüſtleitern dienen zum Beſteigen der Gerüſte und müſſen entſprechend lang und ſtark ſein. Hohe Leitern müſſen ein- oder mehreremal abgeſteift und jedenfalls mit dem oberen Ende am Gerüſt befeſtigt ſein. Sie führen in der Regel nur von einem Gerüſtſtockwerk zum andern.

Bei größeren Bauten werden ſtatt der Leitern auch Laufſteige in Form ſchräger Ebenen, einige Bretter breit, angeordnet, die mit Querleiſten zum beſſeren Halt beim Auftreten benagelt werden. In der Mitte bleibt auch wohl ein Streifen unbenagelt, der den Karrenrädern zur Bahn dient.

Literatur: Sicherheitsſproſſe für Leitern von G. Nackmann (D.R.P. Nr. 17200), Deutſche Bauztg. 1882, S. 49.

L. v. Willmann.

Gerüſtſchüttung wird bei hohen Dämmen entweder von feſten, ſogenannten amerikaniſchen Gerüſten aus, auf denen Gleiſe angebracht ſind, als eine Art Lagenſchüttung vorgenommen oder bei Kopfſchüttung von beweglichen Sturzgerüſten aus, welche vor den Schüttungskopf geſtellt werden und aus Längsträgern und einem beweglichen Bock beſtehen. Die erſteren dienen zur Aufnahme des Schienengleiſes und ruhen mit dem einen Ende auf dem Schüttungskopf, mit dem andern auf dem meiſt mit Rollen verſehenen Bock (ſ. die Figur). Dem Fortſchritt der Schüttung entſprechend wird dieſes Sturzgerüſt vorgerückt. Als Förderwagen können hier außer Vorder- und Seitenkippern auch Bodenkipper verwendet werden; ſ. a. Damm, Bodenbeförderung, Erdförderwagen.



Literatur: S. Damm.

L. v. Willmann.

Gerüſtverbindungen (Gerüſthalter, Gerüſtklammern). Je nachdem die Gerüſte aus kantig zugehauenen Balken oder aus Rundholz beſtehen, iſt die Verbindung der Standbäume oder Ständer mit den Streichſtangen oder Streichbalken eine verſchiedenartige. In erſterem Falle werden ſie meiſt überkämmt und durch Bolzen verbunden, in letzterem begnügt man ſich bei Ausbeſſerungsgerüſten und auch wohl bei kleineren Baugerüſten mit dem Zuſammenbinden durch Seile, oder es werden ſogenannte Rüſtkränze aus je drei gewöhnlichen Stricken geflochten, um Streichſtange und Standbaum gelegt und durch ein Holz, den ſogenannten Würgeknüppel, angezogen, der, um das Zurückſchnellen zu verhüten, an den Standbaum angebunden wird. Dabei werden gewöhnlich noch Klammern als Nebenverbindung oder als Stütze verwendet.

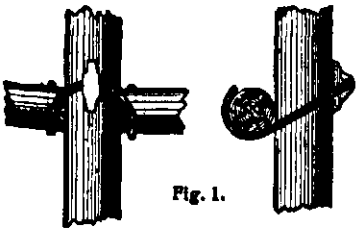


Fig. 1.

Statt der Klammern, und wohl auch neben dieſen, bedient man ſich langer Nägel (bis zu 17 cm Länge) mit großem Kopf, die eine feſtere Verbindung als die Klammern ergeben, deren Herausziehen aber mit Schwierigkeiten verbunden iſt.

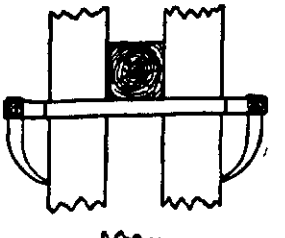


Fig. 2.

Dieſer letztere Umſtand ſowie die wenig zuverläſſige Befeſtigungsweiſe durch Stricke und Klammern hat die Erfindung verſchiedenartigſter Gerüſthalterausbildungen hervorgerufen, von denen die patentierten Gerüſthalter von Schaper [1], von Muth [2] und von Köttgen & Cie. [3] (ſ. Fig. 1) erwähnt werden mögen. Bezüglich andrer Gerüſthalter, die zum Teil als Haken-, zum Teil als Kettenverbindungen ausgebildet ſind, muß auf die Literatur [5]—[18] verwieſen werden. Recht zweckmäßig erſcheint die Streichſtangenverbindung an dem dem Zimmermeiſter Ernſt Heidrich in Chemnitz patentierten „abgebundenen und verſtellbaren Baugerüſt“ [4] (ſ. Fig. 2), das ſowohl als Baugerüſt als auch für Ausbeſſerungs-

zwecke zur einmaligen Anſchaffung empfohlen werden kann, da es neben dem Vorzug der feſten Verzimmerung noch den der beliebigen Verſtellbarkeit der Rüſtböden beſitzt, ſo daß es an Bauten mit verſchiedenſten Stockwerkhöhen ohne weiteren Verſchnitt an Hölzern zu verwenden iſt, während die feſten verzimmerten Gerüſte für eine jede neue Verwendung auch eine neue Verzimmerung erfordern.

Literatur: Gerüſtverbindung von Bouillant, Nouv. Ann. de la constr. 1876, S. 82; Dinglers Polyt. Journal 1878, Bd. 227, S. 30[illegible] Eiſerne Schlinge von Ewers (D.R.P. Nr. 3458, Kl. 37); Sicherheitshaken, Deutſche Bauztg. 1877. — [1] Patent. Gerüſthalter von Schaper, Baugewerksztg. 1883, S. 325. — [2] Patent. Gerüſthalter von Muth, ebend. 1883, S. 523; Neuer Gerüſthalter von J. Berger, ebend. 1884, S. 329. — [3] Neuer Gerüſthalter von Köttgen & Cie., Deutſche Bauztg. 1886, S. 188. — [4] Abgebundenes und verſtellbares Baugerüſt von Heidrich, ebend. 1888, S. 268, 233. — [5] Gerüſthalter von Erfurth, Baugewerksztg. 1888, S. 262, u. 1889, S. 416. — [6] Gerüſthalter auf der Unfallverhütungsausſtellung in Berlin, ebend. 1889, S. 416. — [7] Montgomeries Gerüſtkette, ebend. 1891, S. 146. — [8] Zweiteiliger Gerüſthalter von W. Brandt, ebend. 1895, S. 322. — [9] Gerüſtverbinder von Otto Fricke, ebend. 1896, S. 387. — [10] Kettengerüſthalter und Drahtſeilverbinder von Albin Kühn, Schweiz. Bauztg. 1894, II, S. 62; Deutſche Bauztg. 1897, S. 339; Südd. Bauztg. 1897, S. 276. — [11] Gerüſtklammer von Gauby, Baugewerksztg. 1898, S. 105. — [12] Gerüſthalter von M. Levy, ebend. 1898, S. 184; Gerüſthalter von Theoph. Müller, ebend. 1898, S. 437. — [13] Verbindungsſchuhe für hölzerne Baugerüſte, Zentralblatt der Bauverwaltung 1899, S. 328. — [14] Gerüſtklammer von Specht u. Wieter, ebend. 1900, S. 204. — [15] Gerüſthalter von Viertel, Deutſche Bauztg. 1901, S. 576. — [16] Gerüſthalter von Wieſenmüller, Zentralblatt der Bauverwaltung 1902, S. 468. — [17] Gerüſthalter von E. Altmann, ebend. 1903, S. 404. — [18] Gerüſthalter von Stein & Cie., Zeitſchr. f. Bauhandw. 1903, S. 23. *L. v. Willmann.*

Gerüſtwagen, Eiſenbahnfahrzeuge mit einem darauf erbauten Gerüſt für beſondere Zwecke, z. B. zur Prüfung des in Tunnels und Bahn- oder Wegeüberführungen erforderlichen freien Durchfahrtprofils, zur Feſtſtellung etwaiger Abweichungen der Tunnelleibung (Innenfläche der Mauerung) von der vorgeſchriebenen Form u. ſ. w., oder auch zum Erſatz eines feſten Gerüſtes bei Vornahme von Bauarbeiten, wie z. B. Ausbeſſerungen an Tunnelgewölben, elektriſchen Leitungen u. dergl. mehr.

Solche Gerüſte werden fahrbar hergeſtellt, um die Gleiſe jederzeit wieder frei machen, ſomit den Betrieb aufrechterhalten zu können. Sie werden geeignetenfalls auch auf der Plattform des Wagengeſtells drehbar hergeſtellt, z. B. um in zweigleiſigen Tunnels von dem einen Gleiſe aus über das andre hinweg die Tunnelleibung erreichen und nach Drehung um 90° das zweite Gleis wieder fahrbar machen zu können. (Literatur: S. das gleiche Stichwort in Röll's Encyklopädie des Eiſenbahnweſens, Bd. 4, Wien 1890—95.) *Goering.*

Geſättigte Dämpfe, ſ. Dampf, geſättigter.

Geſamtwärme heißt die Wärmemenge, welche nötig iſt, um bei konſtantem Drucke 1 kg trockenen Dampfes (ſ. Dampf) aus 1 kg Flüſſigkeit von 0° zu erzeugen. In erſter Linie pflegt hierbei an geſättigten Dampf gedacht zu werden.

Für ſolchen drückte Regnault [1] auf Grund ſeiner Verſuche zwiſchen den nachſtehenden Temperaturen die Geſamtwärmen in Kalorien (ſ. d.) aus:

für Waſſer	(0—195°)	$\lambda = 606{,}5 + 0{,}305\,t$	
„ Aceton	(0—140°)	$\lambda = 140{,}5 + 0{,}36644\,t - 0{,}000516\,t^2$	
„ Aether	(0—120°)	$\lambda = 94 + 0{,}45\,t - 0{,}00055556\,t^2$	
„ Benzin	(0—210°)	$\lambda = 109 + 0{,}24429\,t - 0{,}0001315\,t^2$	
„ Chlorkohlenſtoff C_2Cl_8	(0—160°)	$\lambda = 52 + 0{,}14625\,t - 0{,}000172\,t^2$	
„ Chloroform	(0—160°)	$\lambda = 67 + 0{,}1375\,t$	
„ Schwefelkohlenſtoff	(0—140°)	$\lambda = 90 + 0{,}14601\,t - 0{,}0004123\,t^2$	

Für Alkohol gelang es nicht, die Verſuchsreſultate durch eine ähnliche Formel darzuſtellen, betreffend Ammoniak, ſchweflige Säure, Kohlenſäure ſ. [5], S. 242, 247, 252. Winkelmann und Avenarius ſuchten die Regnaultſchen Zahlenwerte genauer als durch obige Formeln wiederzugeben, wozu Winkelmann z. B. für Waſſer ſetzte (vgl. [3], S. 829, und dagegen [4], S. 773): $\lambda = 589{,}5 + 0{,}7028\,t - 0{,}0031947\,t^2 + 0{,}000008447\,t^3$,
während Wüllner ([4], S. 773) bis $t = 175{,}5°$ befriedigende Uebereinſtimmung fand mit:

$$\lambda = 589 + 0{,}6003\,t - 0{,}001246\,t^2.$$

Nach Dieterici [7] ſteht mit dem vorliegenden Verſuchsmaterial beſſer im Einklang:

$$\lambda = 594{,}8 + 0{,}4393\,t - 0{,}00005184\,t^2 - 0{,}0000015428\,t^3,$$

wobei als Kalorie nicht wie bei Regnault die Wärmemenge zur Erwärmung von 1 kg Waſſer von 0 auf 1°, ſondern der 100. Teil der Wärmemenge zur Erwärmung von 1 kg Waſſer von 0 auf 100° gewählt iſt.

Ueber die Zerfällung der Geſamtwärme des geſättigten Dampfes in die den verſchiedenen Verwendungen entſprechenden Teile ſ. Bd. 1, S. 539, 542. Mit Rückſicht hierauf kann $\lambda = q + r = q + \varrho + Apu$ für Waſſerdampf auch aus der Tabelle Bd. 2, S. 540, für alle obenerwähnten Dämpfe, ausgenommen Benzin, jedoch einſchließlich Alkohol, Ammoniak, ſchwefliger Säure und Kohlenſäure, aus den am Schluſſe von [5] gegebenen Tabellen entnommen werden. Ueber die Geſamtwärme des überhitzten Waſſerdampfes ſ. Bd. 2, S. 547; vgl. Erzeugungswärme.

Literatur: [1] Regnault, Relations des expériences etc., I, Paris 1847, S. 635 (Waſſer); II, Paris 1862, S. 761 (übrige Dämpfe). — [2] Landolt und Börnſtein, Phyſikaliſch-chemiſche Tabellen, Berlin 1894, S. 347, 350. — [3] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Bd. 2, 2. Abt.,

Wärme, Breslau 1896, S. 826. — [4] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, II, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 761, 767, 773, 780. — [5] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, II, Die Lehre von den Dämpfen, Leipzig 1901, S. 21, 242, 233, 247, 252. — [6] Chwolſon, Lehrbuch der Phyſik, III, Die Lehre von der Wärme, Braunſchweig 1905, S. 645. — [7] Dieterici, Die kaloriſchen Eigenſchaften des Waſſers und ſeines Dampfes bei hohen Temperaturen, Zeitſchr. d. Vereines deutſcher Ingen. 1905, S. 362 (ſ. a. Wiedemanns Annal. 1905, XVI, S. 593). *Weyrauch.*

Geſchabte Manier, ſ. Kupferſtecherkunſt.

Geſchäftsbücher. Dauerhaftigkeit und Handlichkeit dieſer Bücher erfordern eine beſondere Feſtigkeit des Papiers, exakte Liniatur, gutes Aufſchlagen und Widerſtandsfähigkeit der Decke und des Buchkörpers gegen äußere Einflüſſe.

Aus praktiſchen Gründen hat man ſich über gewiſſe Formate geeinigt, die unter folgenden Benennungen faſt überall eingeführt ſind: Schmalfolio $33\frac{1}{2} \times 14$, Propatria-Folio $33\frac{1}{2} \times 20$, Propatria-Langfolio $41\frac{1}{2} \times 17$, Propatria-Halbfolio $33\frac{1}{2} \times 10$, Einhorn-Folio $33 \times 23\frac{1}{2}$, Einhorn-Langfolio 47×19, Kleinmedian $40\frac{1}{2} \times 26$, Großmedian $44\frac{1}{2} \times 28\frac{3}{4}$, Royal $46\frac{1}{2} \times 30\frac{1}{2}$, Superroyal $48\frac{1}{2} \times 35\frac{1}{4}$, Imperial $55\frac{1}{2} \times 39$ cm.

Das Liniieren der meiſt in roter und blauer Anilin- oder Karmintinte gezogenen Längs- und Querlinien geſchieht auf der Liniiermaſchine (ſ. Fig. 1). Der eingelegte Bogen gleitet unter einer mit Federn oder Rollen aus Meſſing beſetzten Querleiſte hindurch, die mittels Mechanik beliebig gehoben und geſenkt werden kann. Um das Trocknen der waſſerlöslichen, durch Flanellſtreifen den Federn und Rollen zugeführten Farben zu bewirken, wird der Bogen durch Lauftücher und Schnüre mehrmals innerhalb der Maſchine hin und her geführt und ſchließlich am hinteren Ende aufgeſchichtet, um dann noch mehrmals die Maſchine zu paſſieren, da ſtets nur eine Richtung auf einer Blattſeite mit einmaligem Durchlaufen hergeſtellt wird; das Eindrucken von Kolumnenköpfen wird ebenfalls ſeparat bewirkt.

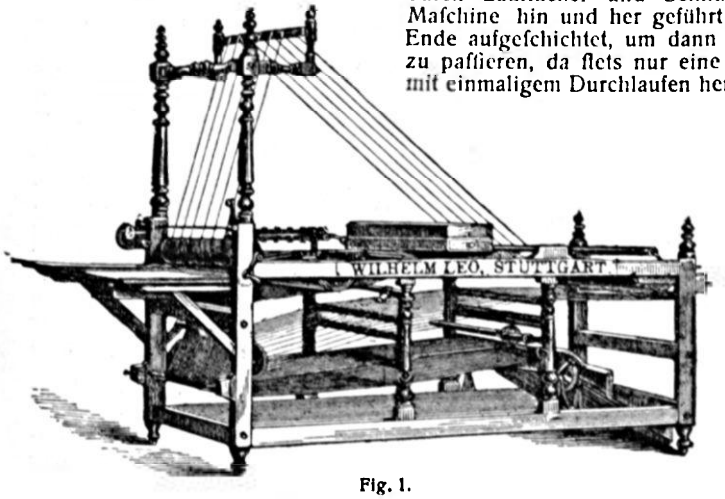


Fig. 1.

Fig. 2.

Nach ſorgfältigem Falzen und Zuſammenſtecken, eventuell Einkleben von Schirtingfälzen in die erſten und letzten Lagen jedes Buches, gelangt dasſelbe zum Heften mittels Hand oder Maſchine (ſ. Buchbinderei). Leimen und Beſchneiden weicht meiſt wenig von dem gewöhnlichen Verfahren ab; der Schwerpunkt liegt in der Anfertigung des Sprungrückens. Dieſer beſteht aus einer Anzahl dünner Pappſtreifen, die entweder feſt aufeinander geleimt (kaſchierter Rücken) oder nur an den Rändern zuſammengeklebt (losſchichtiger Rücken), mittels der Buchrückenrundemaſchine (vgl. die D.R.P. Nr. 59470, 62713, 63096) in eine überhalbrunde Form gebracht worden ſind (ſ. Fig. 2). Die fertig zugeſchnittenen und geklebten Rücken werden auf einem Metalltuch gegen die Form geſchoben und zwiſchen ein geheiztes Rohr und das Tuch gezwängt, wodurch eine elaſtiſche, federnde Zweidrittelsröhre entſteht, die mittels eines Stoffſtreifens über den Rücken auf dem am Vorſatz befeſtigten ſchwachen Deckel angeleimt wird. In einiger Entfernung vom Rückenfalz wird nun erſt der eigentliche ſtarke Deckel aufgeklebt, der nach dem Antrocknen in der Preſſe vermittelſt Meſſer oder Formiermaſchine auf eine beſtimmte Kantengröße zugeſchnitten wird. Beim Ueberziehen, zu welchem Segeltuch, Leinen und Moleskin, vor allem aber die ſtärkſten und haltbarſten Lederſorten Verwendung finden, wird die zwiſchen Rückenkante und Abſatzdecken entſtehende Rinne durch Einlegen eines entſprechend ſtarken Pappſtreifens, einer Holzleiſte oder eines Tauendes niedergepreßt, um ſo dem beim Oeffnen des Buches ſeitwärts drängenden Sprungrücken Spielraum zu gewähren. Die Federkraft desſelben bewirkt dann, daß das Buch aus der Rückenrundung heraus„ſpringt" und, vollſtändig flach aufliegend, bis zum Rückenbruch beſchrieben werden kann. Ebenſo erfolgt beim Schließen des Buches vermöge des Seitendruckes ein Zurückſchnellen in die urſprüngliche Lage (ſ. Fig. 2). Vor dem Ueberziehen pflegt man durch Ausſchneiden der oberen Papplagen auf Rücken und Decke eine vertiefte Lage der Titelſchilder zu ermöglichen; auch werden in der Regel die Ecken leicht gerundet ſowie der Rücken durch aufgelegte Pappleiſten oder reichen Blind- und Golddruck, angeſetzte Lederteile, angeſchlagene Metallbeſchläge oder eingezogene Leder- oder Pergamentſtreifen verziert. Nach Fertigſtellung erfolgt meiſt erſt das Paginieren oder Foliieren der Blätter auf der ſpeziell dazu gebauten Paginiermaſchine oder Handapparat (ſ. Numeriermaſchine) ſowie das Einſchneiden des Regiſters.

Literatur: Adam, Lehr- und Handbuch der Buchbinderei, Dresden 1885, S. 299 u. f.

Leos Buchbinderkalender; letzter Katalog der Firma W. Leos Nachf., Stuttgart 1906; Allgemeiner Anzeiger für Buchbinderei, Stuttgart 1894, S. 75; 1891, S. 193; 1903, S. 43. *Saalfeld.*

Geſchicke, ſ. Erze.

Geſchiebe, ſ. Geröll.

Geſchiebefänge (Schotterfänge), alle Anlagen, welche die Zurückhaltung des vom fließenden Waſſer fortgetriebenen Geſchiebes bewirken.

Dazu iſt gewöhnlich eine Ermäßigung der Geſchwindigkeit, dann ein Raum zur Ablagerung des Materials nötig. In großem Maße ſind die Talſperren, insbeſondere die Stauſperren bei den Wildbachverbauungen, Geſchiebe zurückhaltend; ferner ebenſo die Ablagerungsplätze am Auslaufe der Wildbäche auf den Talboden, die durch niedrige Eindämmung entſprechend große Flächen, auf welchen ſich das Waſſer ausbreiten und beruhigen kann, gebildet werden. Vor oder am Einlaufe von Durchläſſen für Wildbäche und Runſen dienen die den geraden Lauf unterbrechenden kurzen Querdämme oder Flechtwerke, ferner baſſinartige Aushebungen ſowie die gehörig unter die Abflußſohle vertieften Fallkeſſel als Geſchiebefänge; in gleicher Weiſe wirken auch die an Werkskanälen und -gerinnen angebrachten Ablaßſchleuſen mit unter deren Sohle liegendem Boden oder Fallſchacht, vgl. Kieſelſchleuſe.

Geſchiebeführung, die auf beſtimmten Strecken eines Waſſerlaufes mit dem Waſſer ſich vollziehende Fortbewegung von Schlamm, Sand, Geröllen, Geſchieben und eventuell großen Steinen. Das Material (die Sinkſtoffe) geht einer ſolchen Strecke teils von oben zu, teils wird es der Strecke ſelbſt entnommen, ſofern auf derſelben das Bett des Waſſerlaufes aus Sinkſtoffablagerungen oder ſonſt angreifbarem Boden beſteht.

Die Ablöſung und Abſchiebung des in einem Waſſerlaufe gelagerten Materials beginnt, je nach der Beſchaffenheit des letzteren, bei einer gewiſſen Grenzgeſchwindigkeit der Strömung an einer beſtimmten Stelle. Dabei kommt hinſichtlich des Vorganges ſelbſt und der Folgen in Betracht: 1. die Größe, die Form, die Rauhigkeit und das ſpezifiſche Gewicht des Materials; 2. die Art der Einbettung dieſes Materials (ob loſe oder mit Gefüge); 3. die mit der Sohlenzerſtörung Hand in Hand gehende Aenderung des Sohlengefälles. Theoretiſche Unterſuchungen über den Vorgang ſind in [1] und [3] nachzuſehen; ſie bedürfen noch der Vervollſtändigung durch weitere Verſuche. Bei den mit Hilfe von bekannten Verſuchen feſtgeſtellten obengedachten Grenzgeſchwindigkeiten hat man zu unterſcheiden, ob jene beobachtet ſind, bei welchen das Material ſich an der Sohle löſt, oder jene, bei welchen dieſe Löſung aufhört. Die erſte Wirkung der mit ſteigendem Waſſerſtande zunehmenden Strömung beſteht in der Löſung und Fortbewegung von Schlick und Sand; damit beginnt die Trübung des Waſſers. Steigt die Geſchwindigkeit der Strömung, ſo nehmen auch Kieſelſteine, Geſchiebe und größere Steine an der Bewegung teil.

Unter Geſchwindigkeit der Waſſerbewegung (ſ. S. 431) ſind die Reſultate der Verſuche von Telford mitgeteilt; es ſind dort die Geſchwindigkeiten bekannt gegeben, bei welchen das Waſſer beginnt, die Sohle anzugreifen. Du Buat hat dagegen die Grenzgeſchwindigkeiten v (an der Sohle) beſtimmt, bei welchen das Waſſer aufhört, die Materialien fortzubewegen; es ſind die folgenden:

Tonige Subſtanz	$v = 0{,}081$	m/sec
Sandiger Rückſtand aus Tonerde	0,162	„
Grober ſcharfkantiger Sand	0,216	„
Kies in der Korngröße eines Aniskornes . . .	0,108	„
„ „ „ „ einer Erbſe (Erbſenkies) .	0,189	„
„ „ „ „ einer Bohne (Bohnenkies)	0,325	„
Abgerundete Kieſel (bis 27 mm Durchmeſſer) . .	0,650	„
Kantige Geſchiebe in Hühnereigröße	0,975	„

Wie ſelbſtverſtändlich ſind die Werte von Telford durchweg größer als jene von Du Buat. In Rückſicht auf 2. iſt zu beachten, daß die Sohlenerоſion um ſo ſchwieriger wird, je länger es dauert, bis ſich in beſtimmtem Waſſerlaufe die zur Löſung des Materials erforderliche Geſchwindigkeit einſtellt, je länger alſo das Material in der zwiſchen den Hochwaſſerſtänden liegenden Ruheperiode Zeit hat, ſich feſtzulegen bezw. innig zu verbinden. Bei 3. kommt in Erwägung, daß erfahrungsgemäß in Flüſſen mit beweglicher Sohle die letztere größeren Geſchwindigkeiten als 5—6 m/sec überhaupt nicht widerſtehen kann. Entſtehen urſächlich von Hochwaſſer größere Geſchwindigkeiten, ſo hat die ſtarke Eroſion eine Verringerung des Sohlengefälles durch Anhäufung von Geſchieben zur Folge und damit weiterhin eine Verminderung der Waſſergeſchwindigkeit; eventuell entſtehen andre zerſtörende Verwendungen des Arbeitsvermögens vom Waſſer. Bei Feſtſtellung des letzteren [2] (ſ. a. Schleppkraft) iſt auch zu erwägen, daß trübes Waſſer bei beſtimmtem Gefälle ein größeres Arbeitsvermögen hat als reines Waſſer.

Die Schwimmfähigkeit des Materials [3] iſt dadurch gegeben, daß: 1. in einem beſtimmten Waſſerquerprofil von der Sohle bis in die Nähe des Spiegels eine Geſchwindigkeitszunahme ſtattfindet, ebenſo ein gewiſſer Auftrieb, Wirbelbewegungen u. ſ. w.; 2. jede Strömung die in ihr ſchwimmenden Gegenſtände in die Zone des Geſchwindigkeitsmaximums hineinzudrängen ſucht; 3. ein Gleichgewichtszuſtand denkbar iſt, bei welchem die Kraft des vertikalen Auftriebs der Schwere eines ſuspendierten Teilchens das Gleichgewicht hält.

Bei jedem großen Waſſerlaufe, deſſen Bett aus beweglichem Material beſteht, wird bei größerer Strömungsgeſchwindigkeit nicht bloß die obere Sohlenſchicht abgeriſſen, ſondern auch

die Sohle ſelbſt bis zu einer gewiſſen Tiefe aufgewühlt. Die ſo angetriebenen Sinkſtoffe werden dabei nicht nur in Translation, ſondern urſächlich der von unten nach oben zunehmenden Geſchwindigkeit auch in Rotation verſetzt und gelangen auf dieſe Weiſe in die höheren Strömungsſchichten. Die Zunahme der Geſchwindigkeit von unten nach oben iſt aber nicht gleichmäßig, ſondern unten ſtärker als in den oberen Schichten; mithin iſt die Kraft, welche die von der Sohle abgelöſten Sinkſtoffe in die Höhe treibt und die dieſer Zunahme proportional ſein muß, in Nähe der Sohle ein Maximum und nimmt nach oben ab. Das iſt die Urſache, daß im allgemeinen während der Geſchiebeführung die Korngröße der ſchwebenden Sinkſtoffe von unten nach oben abnimmt, abgeſehen natürlich von den durch Wirbelbildungen bewirkten Abweichungen. Das gleiche gilt hinſichtlich der Bewegung von den Ufern gegen den Stromſtrich. — Die Geſchwindigkeit, welche notwendig iſt, damit ein ſenkrecht nach oben gerichteter Waſſerſtrom einen feſten Körper (von größerem ſpezifiſchen Gewicht als Waſſer) ſchwebend (im Gleichgewicht) erhält, iſt nach Verſuchen von Thoulet [4] u. a. eine ganz minimale. Man pflegt dementſprechend bei der Geſchiebebewegung anzunehmen, daß zu dieſem Zwecke eine Vertikalkomponente (nach oben gerichtete Auftriebsgeſchwindigkeit) genügt, welche etwa einem Zehntel bis einem Dreißigſtel der mittleren Abflußgeſchwindigkeit im Waſſerquerprofile gleichkommt.

Die Ablagerung der Sinkſtoffe erfolgt bei Abnahme der Geſchwindigkeit auf das für einzelne Materialien obenangegebene Maß. Dieſe Geſchwindigkeitsabnahme wird aber nicht allein durch das Zurückgehen des Waſſerſtandes, ſondern auch durch Strömungshinderniſſe im Fluſſe ſelbſt, beſonders durch Krümmungen, Einbauten u. ſ. w. hervorgerufen. Letztere werden in vielen Fällen direkt zur Bewirkung von Ablagerungen benutzt (vgl. z. B. Gebirgsflußregulierung, Gehänge u. ſ. w.). Die Ungleichheit der Waſſertiefe in einem Flußquerprofil läßt im übrigen an den ſeichteren Stellen die Ablagerung früher zuſtande kommen als an den tiefen (im Talweg). Die Krümmungen in den Waſſerläufen ſind für die Waſſertiefen beſtimmend und damit auch für die Eroſion des Bettes und die Ablagerungen von größter Bedeutung; vgl. hierüber [5]; die zeitliche Reihenfolge der Ablagerungen entſpricht der Größe bezw. dem Gewichte der mit dem Strome transportierten Materialien: in der Regel zuerſt die groben, dann allmählich die feineren Sinkſtoffe. Von einer gewiſſen Grenze ab bleiben überhaupt in dem Waſſerlaufe die feinſten Suspenſionen erhalten und als Trübung des Waſſers ſichtbar.

Der Nutzen der Geſchiebeführung iſt unter Umſtänden ein ganz hervorragender. Die in den oberen Waſſerſchichten enthaltenen feinen Trübungen werden landwirtſchaftlich zur düngenden Bewäſſerung (ſ. d.) verwendet, im größten Maßſtabe z. B. in Aegypten die Trübungen des Nils. Für Kolmationen (ſ. d.) iſt das Vorhandenſein geſchiebeführender Gewäſſer Bedingung. Soweit zuläſſig iſt auch die Benutzung der abgelagerten Sande und gröberen Gerölle (Kies, Kieſel, Steine) für Zwecke des Straßenbaues, als Baumaterial zur Mörtel- und Betonbereitung u. ſ. w. von großer Bedeutung. Bei Flußkorrektionen bezw. Regulierungen erfolgen die Verlandungen der abgeſchnittenen Flußarme meiſt unter Benutzung der Geſchiebeführung. Auch der hygieniſche Nutzen, welchen die Geſchiebeführung hinſichtlich Säuberung des Flußbettes gewährt, ſei erwähnt.

Die Menge des in den Waſſerläufen transportierten Materials iſt vielfach eine ſehr bedeutende. Relativ gering ſind bei der größten Zahl aller Waſſerläufe die Mengen der feineren Suspenſionen, der tonigen und ſchlammigen Subſtanzen (vgl. Kolmation); die größten Mengen beſtehen aus Sanden und Geröllen (Geſchieben). Nach Unterſuchungen im Miſſiſſippi [6] führt dieſer Fluß jährlich 180 000 000 cbm Sinkſtoffe in den mexikaniſchen Golf; der Oberrhein ſoll dem Bodenſee jährlich ca. 50 000 cbm Sinkſtoffe zuführen. Genaue Beobachtungen der geführten Waſſermengen ſind übrigens ſelten.

Die Nachteile der Geſchiebeablöſung und der Geſchiebeführung beſtehen in der Hauptſache in unerwünſchten Uferzerſtörungen und Sohlenerоſionen ſowie Sohlenerhöhungen an den Flüſſen. Die Sohlenerhöhungen — beſonders erwähnt ſeien die ſogenannten wandernden Kiesbänke (ſ. Sinkſtoffbänke) — bilden in den größeren Flüſſen ein weſentliches Hindernis für die Schiffahrt; außerdem aber ſind ſie häufig Veranlaſſung zur Verſumpfung des an den Fluß angrenzenden Geländes, während größere Sohlenvertiefungen das letztere trockenlegen, alſo zu koſtſpieligen Bewäſſerungsanlagen zwingen. Im höchſten Maße nachteilig werden die Geſchiebeführungen dort, wo das Hochwaſſer über die Ufer tritt und große Geländeflächen mit gröberen Sinkſtoffen überlagert (Vermuhrung). Auch für Werkkanäle, Schiffahrtskanäle u. ſ. w. iſt das Eintreten von Geſchieben mit dem Waſſer ſehr nachteilig und ſind deshalb beſondere Einrichtungen zum Abhalten der Geſchiebe vorzuſehen (vgl. Geſchiebefänge, Kiesſchleuſe, Kiesſchwelle).

Man iſt in der neueren Zeit beſtrebt, durch Regulierungen an den Oberläufen der Flüſſe (ſ. Wildbäche) die Geſchiebezufuhr zu vermindern bezw. auf das nützliche Maß einzuſchränken. Erhalten die Flüſſe auf beſtimmter Strecke von oben her ſtets ſo viel Geſchiebezufuhr, als ſie auf dieſer Strecke durch Eroſion und Abtrieb verlieren, und ändert die Zufuhr ihre Beſchaffenheit nicht, ſo bildet ſich der bei allen Regulierungen angeſtrebte Normalzuſtand aus, vgl. a. [7]. Daß im Laufe der Bewegung das Geſchiebe „abgerieben“ und verkleinert wird, daß im Unterlauf der Flüſſe infolgedeſſen nur Gerölle kleineren Durchmeſſers vorkommen, während die größeren im Oberlaufe verbleiben, und anderes iſt bekannt. Vgl. a. Geröll, Geſchiebelehm, Sand, Sinkſtoffe, Längenprofil und Querprofil der Flüſſe, Hydraulik.

Literatur: [1] Kurz zuſammengeſtellt findet man die ſogenannte Theorie der Geſchiebeführung in der Encyklopädie der mathematiſchen Wiſſenſchaften, Hydraulik, von Ph. Forchheimer, Leipzig 1906, Anhang, S. 462 ff.; längere Ausführungen in andern Werken ſind dort erwähnt (umfangreiche Literaturangaben). — [2] Kreuter, F., im Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, 3, Waſſerbau, 2. Abt., 1. Hälfte, Leipzig 1899; Du Boys, Ann. d. ponts et chauss. 1879, S. 149;

vgl. a. die Richtigſtellung in [1], S. 465. — [3] Flamant, A., Hydraulique, Paris 1900. — [4] Thoulet, Annales des mines 1884; vgl. a. Hookes, E. H., The suspension of solids in flowing water, Americ. Soc. of Civil Engineers, Bd. 36, 1896, S. 239 ff. — [5] Fargue, O., Ann. d. ponts et chauss. 1868 und [1], S. 467 ff. — [6] „La Nature" 1879. — [7] Siedeck, R., Normalprofil geſchiebeführender Flüſſe, Wien 1905. — Vgl. a. Chriſten, Th., Die Geſchiebeführung der Flußläufe, Zeitſchr. f. prakt. Geologie 1906, ferner die Werke über Geophyſik und Geologie. *Lueger.*

Geſchiebelehm (Gletſcher-, Blocklehm) wird ein grauer, auch gelblicher oder brauner, ſandig-grandiger, ſich rauh anfühlender, durchaus ungeſchichteter Lehm genannt, der oft (bis zu 12%) kalkhaltig (Geſchiebemergel) und als das Zermalmungsprodukt der von Gletſchern transportierten Geſteine anzuſehen iſt. Er enthält größere Blöcke von Geſteinen (ſ. Erraticum) in durchaus unregelmäßiger Lagerung und Anordnung.

Der Geſchiebelehm bildet einen Hauptbeſtandteil des Untergrundes des niederdeutſchen, weſtruſſiſchen und polniſchen Tieflandes und beſteht hier faſt ausſchließlich aus kleineren und größeren Splittern und Brocken nordiſcher, meiſt ſkandinaviſcher und baltiſcher Geſteine (Feuerſteine, Sandſteine, Quarzite, Gneis, Granit, Syenit, Porphyr, Diabas, Diorit, Baſalt u. ſ. w.). Die Beſchaffenheit des Geſchiebelehms wechſelt natürlich je nach der Herkunft der Geſteine. Man unterſcheidet (ſ. Diluvium) im niederdeutſchen Tiefland zwei Geſchiebelehme, die als Grundmoränen zweier verſchiedenen Vereiſungen oder Vergletſcherungen (Inlandeis, wie in Grönland) angeſehen werden. Der obere Geſchiebelehm beſitzt gelblichbraune, der untere blaugraue Färbung. Zwiſchen beiden liegt ein grobkörniger und grandiger Sand, der das vom fließenden Waſſer aus dem unteren Geſchiebelehm zuſammengeſchwemmte feinere Material darſtellt. Der Geſchiebelehm bildet durch ſeinen hohen Kalkgehalt und ſeine tonige Beſchaffenheit einen ſehr fruchtbaren Ackerboden und hat für die Bodenbewirtſchaftung des norddeutſchen Tieflandes die größte Bedeutung. Der Reichtum an tonigen Teilchen macht ihn in vielen Fällen ſchwer durchläſſig; daher bilden ſich an ſeiner oberen Grenze Grundwaſſer, wenn durchläſſige Sande und Schotter auflagern. Die großen und kleineren Blöcke von harten Geſteinen ſind zur Straßenunterhaltung ſehr geſucht. Die kalkreichen Mergel werden vielfach zum Düngen und Verbeſſern kalkarmer, ſandiger Böden verwendet. Der Kalkgehalt ſchwankt im allgemeinen zwiſchen 5 und 15%. *Leppla.*

Geſchiebeſammler, ſ. Geſchiebefänge und Kanaliſation der Städte und Ortſchaften.

Geſchiebeſand (Geſchiebedeckſand, Deckſand), ein ſchüttiger, hellgefärbter Sand und Grand genannt, der auf dem Geſchiebemergel oder -lehm (zumeiſt dem oberen) auflagert und zahlreiche Gerölle enthält.

Viele von ihnen ſind durch Windſchliff zu Kantengeröllen umgeformt. Der Geſchiebeſand iſt das von den Schmelzwaſſern der ſich zurückziehenden Gletſcher aus deren Grundmoränen zuſammengeſchwemmte feinere Material, das ſich zwiſchen die Blockmaſſen der Unterlage einfügt und ſie überlagert. Der Sand dient zur Mörtelbereitung. *Leppla.*

Geſchirr, 1. im Bauweſen Handwerkszeug der Zimmerleute, Maurer, Steinhauer, von welchen das Notwendigſte in manchen Gegenden die Geſellen ſelbſt halten müſſen, während das Geräte von den Meiſtern zu ſtellen iſt; 2. in der Tonwarenfabrik ein Gefäß (ſ. Bunzlauer Geſchirr, Tonwaren); 3. im Transportweſen die Einſpannvorrichtung für die Zugtiere. *Weinbrenner.*

Geſchirr des Webſtuhles, ſ. Weberei.

Geſchirrkammer, ſ. Pferdeſtälle.

Geſchlecht, ſ. Kurven.

Geſchleppe, ſ. Kraftübertragung im Bergbau.

Geſchloſſenes Geſtein, ſ. Gewinnungsarbeiten.

Geſchloſſenfachmaſchine, beſondere Schaft- oder Trittmaſchine der Weberei [1]. Bei den Geſchloſſenfach-(Schlußfach-)Schaftmaſchinen wird nach jedem Schuß für die Anſchlagſtellung der Lade das Fach (die Kehle) geſchloſſen, ein jeder Schaft bewegt ſich für jeden Schuß einmal auf und ab. Dies liefert für den Anſchlag gleiche Kettenfädenſpannung, aber für jeden Schuß wiederholte Inanſpruchnahme der Fäden innerhalb großer Grenzen. S. dagegen Offenfachmaſchinen und Weberei.

Literatur: [1] Lembcke, Mechan. Webſtühle, Fortf. 5, Braunſchweig 1893. *Ernſt Müller.*

Geſchmacksmuſter, ſ. Urheberrecht an Muſtern und Modellen.

Geſchoß, im Bauweſen, Stockwerk eines Gebäudes.

Als einheitliche Bezeichnung ſind von dem Verband deutſcher Architekten- und Ingenieurvereine in Vorſchlag gebracht: Kellergeſchoß für ein ganz oder teilweiſe unter dem Erdboden liegendes; Erdgeſchoß, um einige Stufen über den Straßenboden erhöht; darüber Obergeſchoß, und zwar erſtes, zweites u. ſ. w.; Zwiſchengeſchoß, niederes Stockwerk zwiſchen oder neben den Hauptgeſchoſſen; Dachgeſchoß für bewohnbare Dachräume. Ein aus dem Erd- und einem Obergeſchoß beſtehendes Gebäude heißt zweiſtöckig, zweigeſchoſſig; Keller- und Dachgeſchoß werden nicht mitgezählt. *Weinbrenner.*

Geſchoß, ſ. Munition, Balliſtik.

Geſchoßaufzug, -trage, ſ. Munitionsaufzug.

Geſchoßraum, ſ. Munitionskammer.

Geſchoßtreibmittel. Man teilt die große Zahl der Exploſivſtoffe zweckmäßig nicht auf Grund ihrer Zuſammenſetzung, ſondern nach ihrer Verwendung ein in Geſchoßtreibmittel, Initialzündungen (ſ. d.) und Sprengſtoffe (ſ. d.). Geſchoßtreibmittel ſind Stoffe oder Stoffmiſchungen einheitlicher, auch verſchiedener Aggregatzuſtände, die durch Expanſion oder willkürlich eingeleitete chemiſche Umſetzung Gaſe mit ſolcher Geſchwindigkeit zu entwickeln vermögen, daß ſie zum Treiben von Geſchoſſen praktiſch ausgenutzt werden können. Die chemiſche Zerſetzung erfolgt durch Schlag oder Zündung und wird weſentlich beſtimmt durch die Natur des Treibmittels ſelbſt. Die unter Auftreten von Wärme ſich bildenden Gaſe erlangen eine hohe Temperatur und üben auf Geſchoß und Wandung der Waffe einen beſtimmten Druck aus. Die Höhe der Temperatur und des Druckes dürfen die Haltbarkeit der Waffe nicht gefährden.

Die Geſchoßtreibmittel beſtehen entweder aus einheitlichen chemiſchen Stoffen oder einem Gemiſch mehrerer Körper und ſind völlig oder nur zum Teil vergasbar. Die Verbrennungsdauer iſt im allgemeinen bei chemiſch einheitlichen Stoffen eine kürzere als bei Subſtanzgemiſchen, wird aber in hohem Grade durch die phyſikaliſche Struktur des Treibmittels beeinflußt. — Die Geſchoßtreibmittel dürfen keine das Metall der Waffe angreifenden Verbrennungsprodukte liefern. Sie müſſen außerdem gewiſſen Mindeſtanforderungen hinſichtlich Handlichkeit, Unempfindlichkeit, Stabilität und balliſtiſcher Leiſtungsfähigkeit entſprechen, wenn ſie mehr als eine vorübergehende Beachtung finden ſollen.

Handlichkeit. Ein Treibmittel muß pro Volumeneinheit eine möglichſt große Kraftäußerung entwickeln. Da dies Verhältnis bei gasförmigen Körpern, ſelbſt in komprimiertem Zuſtande, ſehr ungünſtig iſt, kommen dieſe für die meiſten Zwecke nicht in Betracht, ſind auch, ebenſo wie Flüſſigkeiten, ſchon wegen der unbequemen Handhabung ungeeignet. Es ſoll auch gut ladefähig ſein, d. h. bei gewiſſem Volumen ſtets einem beſtimmten Gewicht entſprechen, weshalb die einzelnen Aggregate nicht aneinander haften dürfen.

Unempfindlichkeit. Ein Geſchoßtreibmittel muß gefahrlos gehandhabt und transportiert werden können, weshalb eine gewiſſe Unempfindlichkeit gegen Reibung, Stoß und Schlag gefordert wird.

Stabilität. Es darf ſich während des Transportes und Lagerns weder phyſikaliſch noch chemiſch verändern, deshalb auch durch die hierbei vorkommende Temperatur, die ſich innerhalb der Grenzen von −30° bis +40° C. bewegen dürfte, nicht beeinflußt werden.

Balliſtiſche Leiſtung. Ein Geſchoßtreibmittel muß unter Berückſichtigung der Querdichte dem Geſchoſſe hohe Anfangsgeſchwindigkeit bei möglichſt geringem Gasdruck erteilen. Unter Querdichte (Querſchnittsbelaſtung) verſteht man das Gewicht, das auf die Flächeneinheit des Geſchoßquerſchnittes entfällt, alſo $\frac{\text{Geſchoßgewicht in Gramm}}{\text{Querſchnitt des Geſchoſſes in Quadratzentimetern}}$. Der mit einer beſtimmten Gewichtsmenge erzielte Effekt muß innerhalb gewiſſer, durch die Praxis gezogener enger Grenzen unter allen Umſtänden derſelbe bleiben.

Schwarzpulver, auch Schießpulver oder allgemein Pulver genannt, iſt das älteſte der bekannten Geſchoßtreibmittel. Es beſteht aus einem innigen Gemenge von Salpeter, Kohle und Schwefel. Das bisherige deutſche Militärpulver enthält 74% Salpeter, 16% Kohle und 10% Schwefel; die Pulver andrer Staaten haben eine ähnliche Zuſammenſetzung. Das deutſche Jagdpulver beſteht aus 78% Salpeter, 12% Kohle (gewöhnlich Rotkohle) und 10% Schwefel. Durch einfaches Miſchen aus den Beſtandteilen hergeſtelltes Pulver, „Mehlpulver“, iſt zum Schießen nicht geeignet, da es ſehr langſam verbrennt und ſich beim Transport entmiſcht. Um eine ſchnelle Zerſetzung der Pulverteilchen zu bewirken, müſſen dieſe in möglichſt innige Berührung zueinander gebracht werden. Man dichtet daher das Pulver und körnt es hierauf zu eckigem oder rundem Korn, wodurch einem Entmiſchen vorgebeugt und zugleich die Verbrennungsdauer je nach der Größe des Kornes reguliert wird. Das eckige Pulver des deutſchen Mauſergewehres hat eine Korngröße von 0,5—1 mm, das ebenfalls eckige der Feldartillerie 4—9 mm, feines Jagdpulver 0,3—0,5 mm Durchmeſſer.

Rohſtoffe: Der Kaliſalpeter muß rein ſein und darf nur Spuren von Chlornatrium und Perchloraten enthalten. Der Schwefel wird nur als Stangenſchwefel verwendet, da Schwefelblumen ſtets durch ſchweflige bezw. Schwefelſäure verunreinigt ſind; auch muß er frei ſein von Arſen, erdigen Beimengungen u. a. Die Holzkohle ſoll porös, leicht entzündlich und weich ſein. Von weſentlichem Einfluß auf die Beſchaffenheit der Pulverkohle iſt neben der Wahl des zu verwendenden Holzes die Art ſeiner Verkohlung. Man benutzt Kohle von Faulbaumholz (Rhamnus Frangula), Weide, Erle, Pappel, Linde, Haſelſtrauch, Hanf, Flachs u. ſ. w. Die Verkohlung des entrindeten Holzes geſchieht jetzt faſt allgemein in Zylindern, die vermittelſt direkter Feuerung oder überhitzten Waſſerdampfes erwärmt werden. Je nach der angewendeten Temperatur erhält man verſchiedene Grade der Verkohlung, die durch die Farbe der Kohle, vom Rötlichen anfangend durch Rotbraun bis zum tiefſten Schwarz, ſich zu erkennen geben. Bei 270° C. bildet ſich die ſogenannte Rotkohle mit 70—75% Kohlenſtoff, 5—4,5% Waſſerſtoff, 24—20% Sauerſtoff und Aſche; bei 340° C. und höher Schwarzkohle mit 80—90% Kohlenſtoff, 3—2% Waſſerſtoff, 7,5—5% Sauerſtoff und Aſche. Die Pulverkohle iſt alſo niemals reiner

Kohlenſtoff; ihr Gehalt an Kohlenſtoff iſt abhängig von der angewendeten Temperatur und ſteigt mit derſelben. Die Ausbeute nimmt mit ſteigender Verkohlungstemperatur ab und ſinkt bei 280—1500° von 36 auf 15%; außerdem erhält man bei langſamer Verkohlung größere Ausbeute als bei ſchneller. Lufttrockenes Faulbaumholz (mit 10% Waſſer) gibt eine mittlere Ausbeute von etwa 27% Schwarzkohle. In den preußiſchen Pulverfabriken wurde eine Verkohlungsſtufe von 29% innegehalten. Die friſch bereitete Pulverkohle beſitzt Neigung zur Selbſtentzündung, darf daher erſt nach längerem Lagern verwendet werden.

Erzeugung. Die Fabrikation des Pulvers umfaßt eine lange Reihe von Operationen. Das Zerkleinern und Miſchen der Pulverbeſtandteile geſchieht jetzt meiſt in zylindriſchen Trommeln aus Eiſen oder Holz durch Bronzekugeln (Kugelmühlen). Man zerkleinert entweder jeden Rohſtoff für ſich oder „binäre Sätze“, Salpeter und Kohle einerſeits, Kohle und Schwefel anderſeits. Die binären Sätze ſind ſo zuſammengeſtellt, daß ihre Miſchung, der „ternäre Satz“, vorgenommen in Trommeln von dickem Sohlleder vermittelſt Pockholzkugeln, die geforderte Zuſammenſetzung der Pulvermaſſe ergibt. Das ſo erhaltene lockere Pulvermehl wird mit ca. 10% Waſſer angefeuchtet und auf einer Kollermühle (Läuferwerk) gedichtet. Um die bei dieſer Operation beſtehende Exploſionsgefahr der Pulvermaſſe zu vermeiden, hat Grufon die Läufer aufgehängt, ſo daß ſie den Läuferteller niemals berühren können. Nach den Läufern paſſiert die Maſſe ein- oder mehreremal das Quetſchwerk, aus paarweiſe übereinander liegenden geriffelten Bronzewalzen beſtehend, wird hierauf geſiebt und durch Preſſen unter einem beſtimmten Druck zu Pulverkuchen geformt. Dieſe werden zerſchlagen und entweder durch Siebe gedrückt (Lefèbvreſche Körnmaſchine) oder zwiſchen längs- und quergeriffelten bronzenen Walzenpaaren gekörnt (Walzenkörnmaſchine). Die Walzenkörnmaſchine arbeitet einfacher, ſtaubfreier, gibt auch gleichmäßigeres Korn als die Lefèbvreſche Maſchine, deren Benutzung bei der Verwendung harter und dicker Pulverkuchen überhaupt ganz ausgeſchloſſen iſt. Das gekörnte Pulver wird getrocknet, in Holztrommeln ohne oder mit geringem Graphitzuſatz poliert, ausgeſtäubt, ſortiert, wieder getrocknet und hierauf beſchoſſen. Rundpulver erhält man aus Kornpulver im „Rundſack“, in dem die Körner durch gegenſeitige Reibung Ecken und Kanten verlieren und den gebildeten Staub wieder aufnehmen. Je nach dem Ausfall der balliſtiſchen Prüfung vermengt man einzelne Tagesarbeiten zu „Lieferungen“ von 5000—10000 kg, um die Unterſchiede, die ſich in bezug auf Zuſammenſetzung, Dichte u. ſ. w. ergeben haben, auszugleichen. Durch das Polieren ſchleift man ſcharfe und leicht abbrechende Kanten des Kornes ab und verſtopft die Poren desſelben. Das Pulver wird hierdurch wohl ſchwerer entzündlich, jedoch leichter rollend und unempfindlicher gegen Feuchtigkeit. Das Pulvergemenge wechſelt während der verſchiedenen Stadien der Fabrikation die Zuſammenſetzung. Nach Verſuchen mit deutſchen Pulvern enthielt der normale Satz 74% Salpeter, 16% Kohle und 10% Schwefel, jedoch das fertige Pulver 74,49% Salpeter, 15,79% Kohle und 9,72% Schwefel.

Gepreßte Pulver. Mit Einführung der Panzerſchiffe und der hierdurch bedingten Beſchaffung von Geſchützen großen Kalibers entſtand die Aufgabe, ein für dieſelben geeignetes Pulver zu fabrizieren, da die Verbrennung des gewöhnlichen Geſchützpulvers zu ſchnell vor ſich ging und die dabei auftretende Gasſpannung zu hoch war. Das Treibmittel durfte anfangs nur ſo viel Gas entwickeln, um die Trägheit des Geſchoſſes zu überwinden, und die entwickelte Gasmenge mußte dann progreſſiv zunehmen, ſo daß dem Geſchoß, ſolange es im Geſchütze weilt, eine ſteigende Geſchwindigkeit erteilt wird. Rodman wurde durch ſeine Verſuche belehrt, daß der Gasdruck von grobkörnigem Pulver geringer ſei als von feinkörnigem, und zur Darſtellung des erſten grobkörnigen Geſchützpulvers, des ſogenannten Mammutpulvers, geführt. Dieſes beſtand aus unregelmäßigen, klumpenartigen Körnern von 15—22 mm Durchmeſſer. Bei Verwendung desſelben konnte die Pulverladung ohne Gefahr für das Geſchütz erhöht werden. Durch die ungleiche Korngröße des Mammutpulvers wurde jedoch die Treffſicherheit ſehr beeinträchtigt. Doremus verwandelte daher zuerſt Kornpulver durch leichte Preſſung in zylindriſche Formen, was zur Herſtellung des prismatiſchen Pulvers führte.

Das braune prismatiſche Pulver, in Deutſchland erfunden, zuerſt von Heidemann und von Duttenhofer hergeſtellt, wurde als vorzügliches Treibmittel von allen größeren Staaten angenommen. Es beſteht aus 79% Salpeter, 3% Schwefel und 18% brauner Kohle und wird aus Kornpulver in Stahlhülſen vermittelſt Meſſingſtempeln und hydrauliſchen Preſſen zu regelmäßigen ſechseckigen Prismen von 25 mm Höhe und (über die Seiten gemeſſen) 34 mm Breite geformt, die mit einem mittleren Zündkanal von 10 mm Weite verſehen ſind. Die einzelnen Prismen wiegen 42—45 g und haben ein ſpez. Gew. von 1,7—1,9.

Die Prüfung des Kornpulvers erſtreckt ſich auf:

I. Aeußeres Anſehen. Es ſoll eine völlig gleichmäßige, ſchiefergraue Farbe und matten Glanz haben. Pulver, die Rotkohle enthalten, zeigen braunſchwarze Farbe.

II. Kornfeſtigkeit und Korngröße. Die Körner müſſen die vorgeſchriebene Größe beſitzen, beim Drücken zwiſchen den Fingern nicht knirſchen und nicht zu leicht zerreiblich ſein.

III. Abbrennen. Nach Abbrennen ſoll es weder ſchwarze Flecken noch gelbe Streifen oder einen Rückſtand hinterlaſſen. Schwarze Flecken bezw. gelbe Streifen deuten auf Anweſenheit überſchüſſigen oder ſchlecht gemengten Kohlebeſtandteils bezw. Schwefels.

IV. Feuchtigkeit. Sie ſoll nicht weniger als 0,5% und nicht mehr als 2% betragen und wird durch Trocknen des Pulvers bei 100° C. ermittelt.

V. Entzündungstemperatur. Man bringt Pulver in eine kleine Schale, erhitzt dieſe in einem mit Thermometer verſehenen Oelbade und lieſt nach erfolgter Entzündung die Temperatur des Oeles ab. Die Entzündungstemperatur wird weſentlich beeinflußt durch Feuchtigkeit, Beſchaffenheit der Kohle, Dichte und Größe des Pulverkornes. Staubpulver entzündet ſich ſchon bei 265°, Kornpulver bei 270—320°.

VI. Volumengewicht. Das Gewicht eines Liters Pulverkörner einſchließlich Zwiſchenräumen beträgt bei deutſchen Pulverſorten 0,9—0,98 kg.

VII. Spezifiſches Gewicht. Gewehrpulver haben 1,5—1,6, gepreßte Pulver 1,7—1,9.

VIII. Kalorimetriſche Meſſung der Verbrennungswärme. Man beſtimmt die durch Verbrennung von 1 g Pulver erzeugte Wärmemenge in Kalorien. Berthelot fand für Schwarzpulver im Mittel 750 Kalorien.

IX. Chemiſche Analyſe. Dieſe beſtimmt den Gehalt des Pulvers an Salpeter, Kohle und Schwefel.

X. Balliſtiſche Leiſtung. Man ermittelt Gasdruck, Geſchoßgeſchwindigkeit u. ſ. w.

Die Verbrennungsprodukte des Schwarzpulvers ſind teils gasförmiger, teils feſter Natur, und es hängt ihre Beſchaffenheit von dem bei der Verbrennung herrſchenden Druck und der entwickelten Temperatur ab. Die chemiſchen Vorgänge bei der Verbrennung wurden zuerſt von Bunſen und Schiſchkoff (1857), Károly, ſpäter von Noble und Abel, Vieille und Sarrau, Macnab u. a. unterſucht. Die erhaltenen Reſultate können indeſſen der Praxis wenig nützen, da die Verbrennung des Pulvers in der Waffe unter andern Verhältniſſen erfolgt und die Analyſe der abgekühlten Gaſe nicht der Zuſammenſetzung im Entſtehungsmoment entſpricht. Noble und Abel ließen wechſelnde Gewichte verſchiedener Pulverſorten in ſtählernen Hohlkörpern verbrennen und änderten das Verhältnis zwiſchen Volumen des Pulvers und Verbrennungsraum. Sie verwendeten 100—750 g Pulver und beobachteten während der Exploſion Drücke von 155—5580 kg auf 1 qcm. Im Mittel erhielten ſie 42,28 % Gaſe und 57,72 % feſte Stoffe, und zwar lieferte 1 g trockenes Pulver ein Gasvolumen von 234—278 ccm, auf 0° Temperatur und 760 mm Druck reduziert. Debus ſtellte über den Verlauf der Verbrennung des Pulvers chemiſche Gleichungen auf [1].

Vom Schwarzpulver abgeleitete Pulver. Man hat eine große Zahl von Pulvern hergeſtellt, die ſich vom Schwarzpulver entweder nur durch ein andres Miſchungsverhältnis der Komponenten unterſcheiden oder bei denen einzelne Beſtandteile durch Körper von gleichartiger Wirkungsweiſe erſetzt wurden. Pulver, die an Stelle des Kaliſalpeters Natron- oder Ammoniakſalpeter enthalten, haben als Geſchoßtreibmittel nur hiſtoriſches Intereſſe, da ſie wegen der hygroſkopiſchen Eigenſchaften der genannten Sauerſtoffträger nicht Verwendung finden können. Barytſalpeter iſt zwar nicht hygroſkopiſch, jedoch haben ſich die Barytſalpeterpulver wegen des höheren Preiſes und großen Verbrennungsrückſtandes nicht einzubürgern vermocht. Chlorſaure Kalipulver ſind, was Herſtellung und Handhabung anbelangt, im allgemeinen zu gefährlich und aus letzterem Grunde vom Eiſenbahntransporte ausgeſchloſſen. Man erſetzte auch Holzkohle oder Schwefel durch andre Stoffe, wie Steinkohle, Holz, Celluloſe, pikrinſaure Salze, nitrierte Stoffe u. a. Pulver, die Celluloſe enthalten, ſind ſehr hygroſkopiſch.

Wir erwähnen folgende Pulverſorten:

Kaliumchloratpulver. Die Empfindlichkeit der Kaliumchloratpulver gegen Reibung u. ſ. w. ſuchte man durch Umhüllung jedes Chloratkörnchens vermittelſt einer elaſtiſchen Schicht herabzuſetzen (Küchelſches Wachspulver, v. Braukſches Pulver, Schnebelit). v. Braukſches Pulver beſteht aus einer Miſchung von ca. 79 Teilen chlorſaurem Kali, ca. 16 Teilen Karnaubawachs, ca. 5 Teilen Lycopodium und erhält bei der Bereitung einen geringen Zuſatz von Tragant oder einer andern Gummiart, aufgelöſt in Spiritus. Nach einem ſpäteren Patente miſcht v. Brauk chlorſaures Kali mit Harzen, verrührt hierauf mit ſchleimigen Abkochungen eines Mooſes oder der Althäawurzel, walzt, trocknet und körnt. Die Pulver ſind infolge ihres Gehaltes an Stärke und Pflanzengummi hygroſkopiſch. Schnebelin verkleiſtert Stärkemehl unter Zuſatz von Holundermark mit einer Kaliumchloratlöſung. Dieſes Präparat, genannt Schnebelit, iſt wegen der hygroſkopiſchen Eigenſchaften der Celluloſe und Stärke gleichfalls ohne Intereſſe.

Pikratſchießpulver. Freie Pikrinſäure enthaltende Miſchungen werden nicht als Geſchoßtreibmittel verwendet; letztere beſtehen meiſt aus pikrinſauren Salzen. Die Pikrate der Alkalien ſind gegen Stoß und Schlag empfindlicher als das Ammonſalz und dieſes wieder mehr als die freie Säure. Die Pikratſchießpulver wurden im Jahre 1869 ziemlich gleichzeitig von Abel, Déſignolle und Brugère empfohlen und letzteres zu größeren Verſuchen in der franzöſiſchen Armee herangezogen. Die Herſtellung war eine dem Schwarzpulver ähnliche. Obgleich die Pikratſchießpulver lagerbeſtändig und die mit ihnen erhaltenen Reſultate durchaus günſtige waren, wurden ſie doch durch die gelatinierten Schießwollpulver bald völlig verdrängt. Abels Schießpulver, ein Gemiſch aus 40 Teilen Ammonpikrat und 60 Teilen Kaliſalpeter, wurde jedoch nur als Granatfüllung benutzt. Déſignolles Pulver, für Gewehre, Geſchütze, Seeminen und Hohlgeſchoſſe beſtimmt, enthält pikrinſaures Kali, Salpeter und Kohle in wechſelnden Mengen. Kohlefrei waren Pulver für Seeminen und für Granatfüllung. Déſortiaux gibt die Zuſammenſetzung der verſchiedenen Pulverſorten an, z. B. Gewehrpulver mit 28,6 (bezw. 22,9) Teilen pikrinſaurem Kali, 65 (bezw. 69,4) Teilen Kaliſalpeter und 6,4 (bezw. 7,7) Teilen Kohle. Brugères Pulver, 54 Teile pikrinſaures Ammon und 46 Teile Salpeter, gab gute Reſultate im Chaſſepotgewehr. Bobœufs Pulver iſt dem Pulver Déſignolles analog zuſammengeſetzt.

Pulver beſtehend aus nitrierten Materialien und Nitraten. Das erſte Pulver dieſer Art, von Schultze im Jahre 1865 gefertigt, veranlaßte die Entſtehung einer großen Zahl ähnlicher Miſchungen, wie das E.C.-Pulver (Exploſives Company), T.B.-Pulver (Judſon und Borland) u. a. Das Schultzeſche Pulver enthält Nitroholzcelluloſe, Kali- und Barytſalpeter, die mit oder ohne Zuſatz von Stärkemehl oder ähnlichen Körpern gekörnt ſind. Zur Feſtigkeit des Kornes wird das Pulver mit einer Kollodiumwollparaffinlöſung oder dergl. behandelt. E.C.-Pulver enthält an Stelle von Nitroholzcelluloſe gemahlene Schießwolle, außerdem Kampfer, Farbſtoffe u. ſ. w. Die Pulver, die ſich infolge ihrer ungleichmäßigen

Wirkung und hohen Gasſpannung nicht für Militärgewehre eignen, ſind bis auf den heutigen Tag als ſogenannte rauchſchwache Pulver für Jagdzwecke beliebt, obwohl ihre Wirkung durch wechſelnde Hygroſkopizität des Kornes beeinflußt wird.

Rauchloſes Pulver. Die Eigenſchaft der Schießwolle, ohne Rauch und Rückſtand zu verbrennen, veranlaßte eine große Zahl von Verſuchen, den Körper in geeignete Form zu bringen, um ihn als Geſchoßtreibmittel verwenden zu können. Vergeblich waren die Bemühungen von v. Lenk, Abel u. a., Schießwolle durch Preſſen zu dichten, um ihre Verbrennung zu verlangſamen. Die Erfindung des Schultze- und E.C.-Pulvers und die Behandlung der gekörnten Maſſe zwecks Dichtung mit Aetheralkohol, ein Schießwolle auflöſendes, gelatinierendes Mittel, mögen Vieille veranlaßt haben, 1886 ein aus Pikrinſäure und gelatinierter Schießbaumwolle beſtehendes rauchloſes Pulver herzuſtellen, dem alsdann die reinen Schießwollpulver Deutſchlands und andrer europäiſchen Militärſtaaten folgten. 1888 erzeugte Alfred Nobel, von ſeiner Sprenggelatine ausgehend, aus Kollodiumwolle und Nitroglyzerin ein rauchloſes Pulver, genannt Balliſtit. Dieſes, deſſen Herſtellung in Deutſchland durch die Köln-Rottweiler Pulverfabriken weſentlich vervollkommnet wurde, diente Abel und Dewar als Vorbild für ihren Cordit, hergeſtellt aus Nitroglyzerin und mit Aceton gelatinierter, höchſtnitrierter Celluloſe. Da Nitrocelluloſe wegen ihrer briſanten Wirkung nicht ohne weiteres als Geſchoßtreibmittel verwendet werden kann, iſt es erforderlich, ihre lockere Struktur zu zerſtören und ſie in eine kolloidale, langſam verbrennende Form überzuführen, ohne jedoch die chemiſche Zuſammenſetzung zu verändern. Man erreicht das durch einen Löſungs- bezw. Quellungsprozeß, die ſogenannte Gelatinierung. Als Gelatiniermittel dienen entweder leichtflüchtige Agenzien, wie Aetheralkohol, Aceton, Eſſigäther, Amylacetat u. a., oder ſchwerflüchtige Stoffe, wie Nitrobenzol, Nitroglyzerin. Man unterſtützt den Gelatinierprozeß ſelbſt durch Umrühren, Kneten u. ſ. w. bei gewöhnlicher oder erhöhter Temperatur, formt die erhaltene Maſſe durch Auswalzen oder Auspreſſen und gibt ihr die endgültige Geſtalt, wie Blättchen und Würfel. Gelatiniermittel, ſofern ſie ſelbſt keine Explosivſtoffe ſind, werden entfernt, was bei leichtflüchtigen durch Verdunſten geſchieht. Die Korngröße des für eine Waffe beſtimmten Pulvers richtet ſich nach Kaliber, Drall, Rohrlänge, Verbrennungsraum, Geſchoßgewicht, Querdichte, Geſchoßgeſchwindigkeit und andern Faktoren, ſo daß in der Tat für jede Waffengattung ein beſonderes Pulverkorn geſchaffen werden muß.

Nitrocelluloſepulver (Schießwollpulver).

Als Rohmaterial verwendet man gemahlene Nitrocelluloſe und dieſelbe gelatinierende Agenzien, wie Eſſigäther, Aceton, Amylacetat, Aetheralkohol, mit oder ohne Zuſatz geringer Mengen von Kampfer, Harz, Vaſeline und ähnlichen Körpern. Die zu verwendende Nitrocelluloſe muß den höchſten Anforderungen bezüglich Stabilität genügen (ſ. Sprengſtoffe), das Gelatiniermittel rein und frei ſein von Säure. Je nach der Form, die man dem Pulver gibt, unterſcheidet man Blättchenpulver, Würfelpulver, Röhrenpulver, Kornpulver u. a.

a) Blättchenpulver. Die Fabrikation erfordert, wie Schwarzpulver, mehrere Operationen. Das Trocknen der Nitrocelluloſe erfolgt in Trockenhäuſern bei einer Temperatur von 40—50° C. Man hat die Gefahr, die mit der Trocknung und weiteren Handhabung getrockneter Nitrocelluloſe verbunden iſt, vermieden, indem man naſſe Nitrocelluloſe (30—35% Waſſer) in Verdrängeranlagen mit Alkohol behandelt, ihr ſyſtematiſch das Waſſer entzieht und die mit Alkohol befeuchtete Nitrocelluloſe (ca. 35%) in die Knetmaſchine einfällt und hier erſt das Gelatiniermittel zuſetzt. Die Gelatinierung erfordert etwa eine Stunde Knetzeit, während welcher der Trog der Maſchine verſchloſſen iſt, um der Verflüchtigung des Gelatiniermittels vorzubeugen. Das Walzen der gekneteten plaſtiſchen Maſſe hat den Zweck, die Gelatinierung zu vollenden und Streifen von beſtimmter Dicke herzuſtellen. Die aus dem Walzwerke kommenden durchſcheinenden Streifen werden aufgerollt und zur Schneidſtation befördert. Das Schneiden der Streifen zu quadratiſchen oder auch rechteckigen Blättchen erfolgt vermittelſt Schneidemaſchinen. Das Pulverblatt wird durch zwei Meſſerwalzen mit vertikal angeordneten Meſſern erſt in parallele Längsſtreifen und dieſe hierauf durch horizontale Meſſer in rechtwinklige Blättchen übergeführt. Die zu kleinen und zu großen Blättchen werden nach dem Schneiden durch Sieben ausgeſchieden, und das Pulver, das genau die verlangte Blättchengröße hat, wird getrocknet, graphitiert, poliert, vermengt und mit einer normalen Feuchtigkeit von 0,9—1,5% in hermetiſch verſchließbaren Büchſen verpackt. Bei Herſtellung von Blättchenpulver vermeidet man vielfach Walzen der Gelatine, preßt vielmehr die Maſſe zu Streifen und ſchneidet dieſe zu quadratiſchen Blättchen. Würfelpulver wird wie Blättchenpulver erhalten, Röhrenpulver (Geſchützpulver) durch Preſſen der Knetmaſſe über einen oder mehrere Dorne auf beſtimmte Länge, Trocknen u. ſ. w.

b) Gekörnte Pulver. Man preßt geknetete Maſſe in dünne Schnüre und ſchneidet ſolche alsdann in kleine Zylinder. Wolff & Cie., Walsrode, erzeugen ein gekörntes Jagdpulver, indem ſie die durch Eſſigäther gelatinierte Maſſe mit heißem Waſſer behandeln. Troisdorfer Scheiben-, Jagd- und Manöverpulver ſind in ähnlicher Weiſe wie Schultze-Pulver gekörnt. Güttler in Reichenſtein fertigt ein Plaſtomenit genanntes Kornpulver aus Nitrocelluloſe und Nitrokohlenwaſſerſtoffen.

Pulver aus Nitroglyzerin und Nitrocelluloſe.

Nobels Pulver (Balliſtit, Filit). Nach dem Patent bringt man in ein Gefäß 6 bis 8 Teile Nitroglyzerin und 1 Teil Kollodiumwolle (ſ. Sprengſtoffe) und pumpt den Behälter luftleer, um innigſte Berührung beider Stoffe zu erreichen. Hierauf wird unter einer Preſſe oder vermittelſt einer Zentrifuge ſo viel Nitroglyzerin entfernt, daß der Rückſtand aus gleichen Teilen Kollodiumwolle und Nitroglyzerin beſteht, zur Gelatinierung auf 60—90° erwärmt, zwiſchen heißen Walzen zu Streifen geformt und dieſe in Blättchen oder Würfel zerſchnitten. Zur Erhöhung der chemiſchen Stabilität ſetzt man dem Nitroglyzerin 1—2% Diphenylamin zu. — Lundholm und Sayers vereinfachten die Herſtellung des Nobelpulvers wie folgt:

Nitroglyzerin und Kollodiumwolle werden im endgültigen Verhältnis in Waſſer von 60° eingetragen, umgerührt und bis zur Gelatinierung unter Beibehaltung der Temperatur in demſelben belaſſen. Die durch Auspreſſen von Waſſer befreite und wiederholt zwiſchen 50—60° warmen Walzen gepreßte Maſſe ſchneidet man in Blättchen oder in Würfel. Runde Blättchen oder dünne Fäden (Filit) werden, wie beim Nitrocelluloſepulver angegeben, durch Preſſen der Pulvermaſſe erzeugt. Balliſtit iſt entweder graphitiert oder ungraphitiert und hat in letzterem Falle eine licht- bis dunkelbraune Farbe. Er iſt weich, läßt ſich mit dem Meſſer leicht ſchneiden und hat ein ſpez. Gew. von 1,6.

Cordit. Dies in der engliſchen Armee eingeführte Pulver beſteht aus 58 Teilen Nitroglyzerin, 37 Teilen Nitrocelluloſe und 5 Teilen Vaſeline und wird mit Hilfe eines Nitrocelluloſe gelatinierenden Mittels (Aceton) nach dem Abel-Dewarſchen Patente hergeſtellt. Balliſtit und Cordit unterſcheiden ſich alſo nur durch die Art der verwendeten Nitrocelluloſe. Während erſteres Pulver aus Kollodiumwolle beſteht, enthält letzteres vorwiegend Schießbaumwolle (ſ. Sprengſtoffe). Dies führte Nobel zu dem intereſſanten Patentprozeß gegen Anderſon, den Chef der engliſchen Staatspulverfabriken, der zugunſten des letzteren entſchieden wurde [2]. Zur Herſtellung des Cordits verarbeitet man Schießwolle, Nitroglyzerin, Vaſeline und Aceton in einer mit Kühlmantel verſehenen Knetmaſchine, preßt den Teig vermittelſt hydrauliſcher Preſſen zu dünnen Fäden, wickelt dieſe auf Trommeln und verdunſtet das Aceton in Trockenhäuſern. Die Corditfäden haben eine gelbe bis braune Farbe, ſind elaſtiſch und zeigen noch den Acetongeruch. Eine beſtimmte Anzahl Fäden wird zu einem Bündel vereinigt und auf gewiſſe Länge, entſprechend einem beſtimmten Ladungsgewichte, abgeſchnitten.

Außer Nobels Pulver und Cordit gibt es noch eine große Zahl Sprengöl enthaltender Nitrocelluloſepulver mit oder ohne Zuſatz andrer Körper (Amberit, Pulver von Leonard, Maxim u. a.).

Allgemeines über rauchloſe Pulver.

Die Verbrennung (Zerſetzung) der Nitrocelluloſepulver erfolgt nach parallelen Flächen; die Dauer derſelben hängt ab von der Dicke der abbrennenden Schichtenfolge. Aus dem Umſtande, daß dieſe 2—3 mm nicht überſchreiten darf, ergibt ſich die Notwendigkeit der lamellaren Geſtalt der Nitrocelluloſepulver [3]. — Nitrocelluloſepulver unterſcheiden ſich im allgemeinen voneinander nach Nitrierungsſtufe der Celluloſe, Art der Zuſätze und des verwendeten Gelatiniermittels. Pulver, die noch erhebliche Mengen leichtflüchtiger Stoffe enthalten, ändern durch Verdampfung derſelben ihre balliſtiſche Leiſtung. Nitrocelluloſepulver leiden unter der Eigenſchaft der Nitrocelluloſe, an der Luft bis zu 3% Waſſer aufzunehmen, und ändern dieſen Gehalt je nach wechſelnder Witterung. Balliſtit, Cordit und andre nehmen im allgemeinen weniger Feuchtigkeit auf, da Sprengöl die Nitrocelluloſeteilchen umhüllt. Beide Pulver werden in der Regel in hermetiſch geſchloſſenen Büchſen aufbewahrt. Die Lagerung eines in geladenen Patronen befindlichen Pulvers entſpricht einer Magazinierung in luftdicht verſchloſſenen Gefäßen. Die bekannteſten und bewährteſten Nitrocelluloſepulver ſind das Rottweiler, Troisdorfer, Walsroder und Schwab-Pulver (öſterreichiſches Militärpulver). Man hat ſich bemüht, Nitrocelluloſepulver von progreſſiver Struktur zu erzeugen (Progreſſivpulver), die an der Oberfläche langſamer abbrennen ſollten als im Innern, um ihre volle Kraft erſt zu entwickeln, wenn das Geſchoß im Lauf ſich in Bewegung befindet. Auch werden Pulver ohne Mündungsfeuer hergeſtellt.

Chemiſche Prüfung rauchloſer Pulver.

An die chemiſche Stabilität rauchloſer Pulver werden hohe Anforderungen geſtellt, zumal Haltbarkeit der Nitrocelluloſe nur durch exakte Fabrikation zu erreichen iſt. Nitrocelluloſe enthält, von der Fabrikation herrührend, geringe Mengen leicht zerſetzlicher Körper, und wird ihre Zerſetzung durch den Zerfall dieſer unſtabilen Verbindungen eingeleitet. Die zur Pulverfabrikation dienende Nitrocelluloſe muß daher ſcharfen Unterſuchungsvorſchriften genügen (ſ. Sprengſtoffe).

I. Prüfung bei 80° C. 5 g Pulver werden in ein 16—20 mm weites Reagenzglas gefüllt und dieſes mit einem Korke verſchloſſen. Der Kork iſt durchbohrt und trägt an einem Glasſtabe einen ſchmalen Streifen Jodzinkſtärkepapier, das am unteren Teile mit einer dünnen Glyzerinlöſung in Waſſer befeuchtet iſt. Fünf ſolcher präparierten Gläſer werden in ein Waſſerbad von 80° C. eingeſetzt, ſo daß ſie bis 10 cm vom oberen Rande im Bade ſtehen. Nach verſchiedenen beſtehenden Vorſchriften darf ſich vor 30—60 Minuten auf dieſem Papier an der Scheidung zwiſchen Feucht und Trocken kein bläulicher oder gelber Streifen zeigen. An Stelle des Jodzinkſtärkepapieres wird auch Papier verwendet, das man mit einer Löſung von Diphenylamin in Schwefelſäure und Glyzerin benetzt; vor Ablauf von 10 Minuten darf keine Blaufärbung der befeuchteten Stelle eintreten.

II. Prüfung bei 135° C. Dieſe Methode wird in einigen Staaten vorgeſchrieben, läßt ſich aber nur für Nitrocelluloſepulver anwenden, auch beeinflußt der Gehalt an Diphenylamin u. ſ. w. das Reſultat. 2,5 g des zu unterſuchenden Pulvers werden in eine dickwandige Eprouvette von ca. 32 cm Länge und 1,5 cm Weite gebracht, dieſe mit einem Korkſtopfen loſe verſchloſſen und in einem Apparate, der konſtant eine Temperatur von 134—135° C. zeigt, 10 cm tief eingeſetzt. Empfehlenswert iſt es, ſich eines geſchloſſenen Behälters zu bedienen, der mit Amylacetat gefüllt und mit einem Kühler verbunden iſt. Es dürfen ſich, bevor die Erwärmung 60 Minuten gedauert, keine roten Dämpfe zeigen.

III. Die Verpuffungstemperatur des Nitrocelluloſepulvers iſt von den gleichen Faktoren abhängig wie beim Schwarzpulver und gibt daher keinen Aufſchluß über die Qualität des Pulvers. Sie beträgt für Gewehrpulver etwa 178° C. Zuweilen wird auch Pulver 8 Tage hindurch, und zwar täglich 8 Stunden, auf +70° C. erwärmt und muß nach dieſer Zeit den unter I. und II. angegebenen Bedingungen genügen.

IV. Vieille-Teſt. Das Pulver wird 2 Stunden bei 100° C. getrocknet, ½ Stunde an freier Luft gekühlt und zu je 10 g in Glasflaſchen eingefüllt, die Flaſchen durch aufgeſchliffene Glasſcheiben und Metallbügel verſchloſſen. An der Peripherie des zylindriſchen Teiles jeder Flaſche liegt ein Lackmuspapierſtreifen von 20 mm Breite und 80 mm Länge. Die Glasflaſchen werden in einem Spezialapparat auf 110° C. erhitzt und darf ſich das Lackmuspapier vor 6 Stunden nicht röten.

Literatur: Im allgemeinen: Upmann, Das Schießpulver, ſeine Geſchichte, Fabrikation, Eigenſchaften und Proben, Braunſchweig 1874; Stohmann und Kerl, Muspratts Chemie in Anwendung auf Künſte und Gewerbe, 4. Aufl., Bd. 5, Braunſchweig 1878; Défortiaux, Traité sur la poudre, les corps explosifs et la pyrotechnie, Paris 1896; Chalon, Traité théorique et pratique des explosifs modernes et dictionnaire des poudres et explosifs, Paris 1889; Gody, Traité théorique et pratique des matières explosives, Namur 1893; Berthelot, M., Sur la force des matières explosives d'après la thermochimie, Paris, Gauthier-Villars 1893; Cundill, Dictionnaire des explosifs, édition française par Désortiaux, Paris 1893; Häußermann, Sprengſtoffe und Zündwaren, Ueberſicht über die bis zum 26. Juni 1893 ausgegebenen Patentſchriften, Stuttgart 1894; Guttmann, Die Induſtrie der Exploſivſtoffe, Braunſchweig 1895; v. Romocki, Geſchichte der Exploſivſtoffe, Berlin 1895/96; Zeitſchriften: Mémorial des Poudres et Salpêtres, Paris; Arms and Explosives, London; The Field, London; Mitteil. über Gegenſtände des Artillerie- und Geniewesens, Wien; Zeitſchr. für das geſamte Schieß- und Sprengſtoffweſen von R. Escales, München. Im Artikel angezogen: [1] Liebigs Ann., S. 265, 311. — [2] Chem.-Ztg. 1894, S. 255. — [3] Vieille, Mémorial des Poudres et Salpêtres, Paris 1894, Bd. 6, S. 365. *Seyfferth.*

Geſchoßwirkung, ſ. Munition, Gewehr.

Geſchoßzünder, ſ. Munition.

Geſchränke, ſ. v. w. Abdeckungen mit Platten aus Eiſen, Stein und Beton.

Geſchrotete Manier, ſ. Holzſchneidekunſt.

Geſchütz, ſ. Geſchütze, Geſchützfabrikation, Küſtenartillerie, Landungsgeſchütze, Schiffsgeſchütze, Schnellfeuerkanonen.

Geſchützarmierung der Kriegsſchiffe umfaßt die Ausſtattung derſelben mit Schiffsgeſchützen nach techniſchen und taktiſchen Grundſätzen. Die ſachgemäße Wahl der einzelnen Geſchützkaliber und ihrer Munition, die Feſtſetzung der Geſchützzahl der einzelnen Kaliber, die günſtigſte Aufſtellung der Geſchütze mit Bezug auf großen Beſtreichungswinkel, große Elevation und angemeſſene Höhenlage über Waſſer, die Anwendung eines entſprechenden Panzerſchutzes für die Geſchütze, ihre Unterbauten und Munitionstransporte, die Einrichtungen für Munitionstransport und Munitionsſtauung ſowie endlich die Einheitlichkeit der Befehlsübermittlung und Gefechtsleitung bilden die Grundlagen für die Aufſtellung des Armierungsplanes der Linienſchiffe, der großen und kleinen Kreuzer.

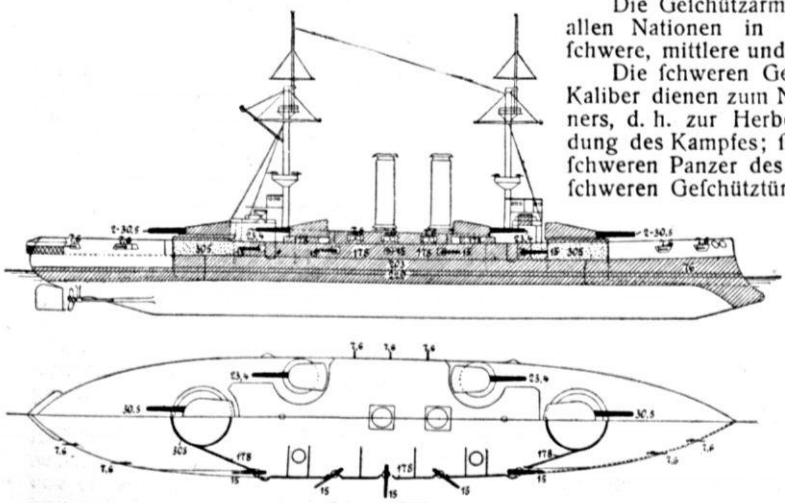


Fig. 1. „King Edward VII." 1902 (England).

Die Geſchützarmierung gliedert ſich bei allen Nationen in drei Gruppen: in die ſchwere, mittlere und leichte Artillerie [1], [3].

Die ſchweren Geſchütze von 20—34 cm Kaliber dienen zum Niederkämpfen des Gegners, d. h. zur Herbeiführung der Entſcheidung des Kampfes; ſie müſſen demnach den ſchweren Panzer des Kommandoturmes, der ſchweren Geſchütztürme und des Panzergürtels mit Stahlgeſchoſſen durchſchlagen können, um hiernach mit durchſchlags- und ſprengkräftigen Granaten den Gegner vollends zu vernichten.

Die Mittelartillerie von 10,5—20 cm Kaliber richtet ihr Schnellfeuer vornehmlich gegen die feindliche Mittelartillerie und ihren leichteren Panzer ſowie gegen die ungepanzerten Teile des Schiffsrumpfes, gegen Maſten, Schornſteine, Aufbauten u. ſ. w.; auch ſie führt Panzergeſchoſſe und Granaten.

Die leichte Artillerie, beſtehend aus Maſchinen- und Schnellfeuergeſchützen von 3,7—8,8 cm Kaliber, bezweckt vornehmlich die Abwehr der Torpedobootsangriffe und findet im Nahkampf Verwendung zum Beſchießen der Decks und der Bedienungsmannſchaft der leichten Geſchütze.

Bezüglich der Zahl und Aufſtellung der Geſchütze auf den einzelnen Schiffstypen gehen die Anſichten der einzelnen Nationen nicht mehr ſo weit auseinander wie früher (vgl. Fig. 1—6 Die Stärke des Panzers zum Schutz der ſchweren und mittleren Artillerie iſt der Bedeutun

und dem Gefechtswert der einzelnen Geſchütze angepaßt und es gilt im allgemeinen der Grundſatz, jedes ſchwere und mittlere Geſchütz durch einen kalibermäßigen Panzer, d. h. mit einer Panzerſtärke gleich der Kaliberſtärke, zu ſchützen. Die leichte Artillerie erhält keinen vertikalen Panzerſchutz; ſie ſteht entweder ganz frei oder erhält nur leichte Schutzſchilde an den Lafetten. Das Streben, die gepanzerten Flächen zum Schutz der Artillerie einzuſchränken ſowie die gegenſeitige Beeinfluſſung der Geſchütze beim Feuern durch den Druck der Pulvergaſe nach Möglichkeit zu vermeiden und zugleich eine einheitliche Gefechtsleitung zu ermöglichen, haben dazu geführt, die Mittelartillerie zwiſchen den beiden Türmen der ſchweren Geſchütze aufzuſtellen. Bei Linienſchiffen und großen Kreuzern werden daher die 4 ſchweren Geſchütze in zwei gepanzerten Drehtürmen auf etwa ein Viertel der Schiffslänge von den Steven entfernt aufgeſtellt in einer Höhenlage der Geſchützmündungen von 8—9 m über Waſſer. Zwiſchen dieſen beiden Haupttürmen findet dann die Mittelartillerie in gepanzerten Kaſematten oder Türmen Platz in zwei Decks übereinander, und zwar die Türme im oberen Deck. Die leichte Artillerie wird auf die ganze Schiffslänge ziemlich gleichmäßig verteilt, teils unter Deck an den Schiffsenden, teils auf den oberen Decks, den Aufbauten und Brücken ſowie in den Gefechtsmarſen; ſie erhalten möglichſt großen Beſtreichungswinkel [2], [4], [5].

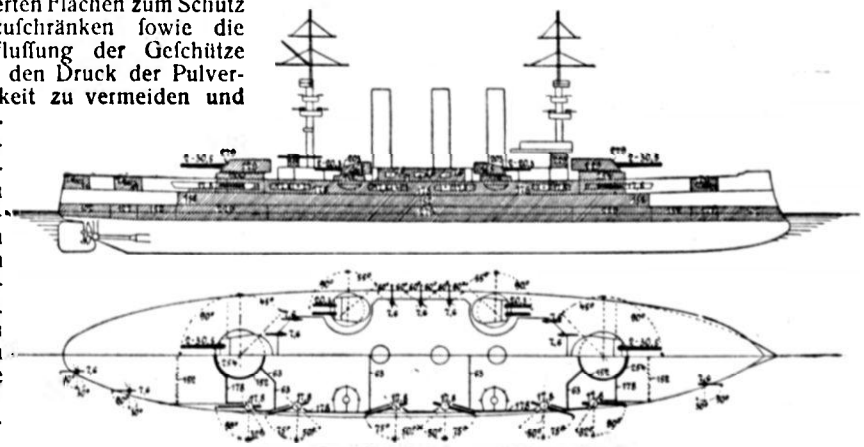


Fig. 2. „Louiſiana" 1902 (Vereinigte Staaten).

Verſchieden iſt in der Hauptſache noch die Aufſtellungsart und der Panzerſchutz der Mittelartillerie. Während England, die Vereinigten Staaten und Deutſchland die zentrale Kaſematte mit Splitterſchotten bevorzugen, verwenden Frankreich, Italien und Rußland vorzugsweiſe Drehtürme für 1 oder 2 Geſchütze. Auch tritt in England und Amerika das Streben auf, die Mittelartillerie weiter zu gliedern in 23-cm- und 15-cm-Geſchütze — England — oder in 20,3-cm- und 17-cm-Geſchütze — Nordamerika —. Von beſonderer Bedeutung für die Schnellfeuerkanonen der Mittelartillerie iſt ein bequemer und geſchützter Munitionstransport, der bei Anordnung einer zentralen Kaſematte am leichteſten durchzuführen iſt und zugleich einen bequemen Munitionsaustauſch geſtattet. Bei Einzelaufſtellung in Kaſematten und Türmen ſind beſondere Munitionsgänge mit direkten Aufzügen zu den Geſchützen nicht zu vermeiden.

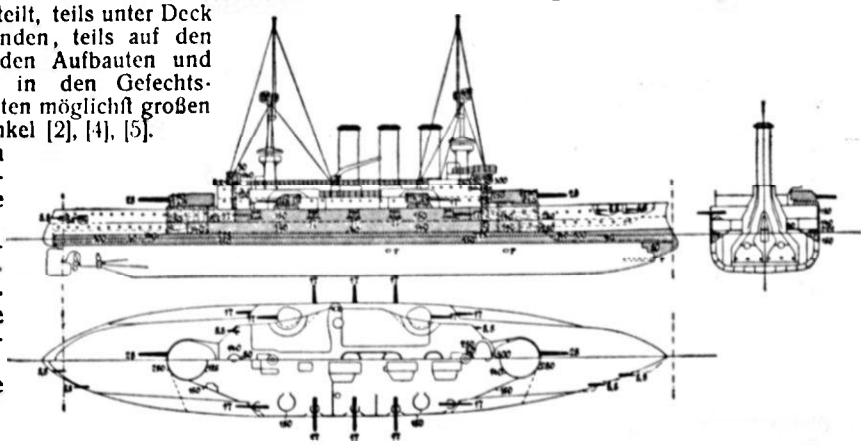


Fig. 3. „Braunſchweig" 1901 (Deutſchland).

Infolge der Erhöhung der Torpedoſchußweiten auf 2000 bis 3000 m ſowie im beſonderen durch die japaniſchen Erfolge im

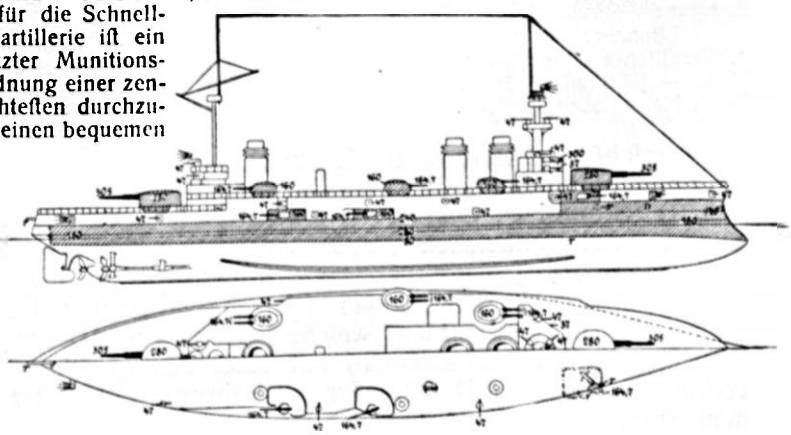


Fig. 4. „République" 1902 (Frankreich).

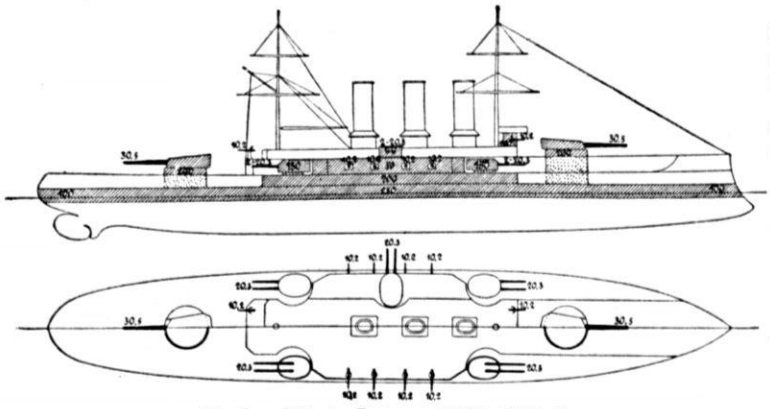


Fig. 5. „Vittorio Emanuele“ 1901 (Italien).

Fernſchießen angeregt, hat ſich in allen Kriegsmarinen eine Umgeſtaltung der Linienſchiffsarmierungen angebahnt. Das Streben, die Schußentfernungen zu vergrößern, um möglichſt frühzeitig eine Feuerüberlegenheit zu erzielen, hat zu einer Vermehrung der ſchweren Geſchütze von 4 auf 10—12 Stück geführt. England hat bereits im Jahre 1905 das Linienſchiff „Dreadnought“ von 18000 t Deplacement mit 10 Stück 30,5 cm-Geſchützen in Doppeltürmen unter gänzlichem Fortfall der Mittelartillerie auf Stapel geſetzt, nachdem es bereits 1904 beim Bau der Linienſchiffe „Lord Nelſon“ und „Agamemnon“ die bisherige Mittelartillerie von 4 Stück 23,4-cm- und 10 Stück 15-cm-Schnellfeuerkanonen auf 10 Stück 23,4-cm-Schnellfeuerkanonen erhöht hatte. Auch in Frankreich, den Vereinigten Staaten und Deutſchland hat die projektierte Verſtärkung der ſchweren Artillerie der Zahl nach bei teilweiſer Aufgabe der Mittelartillerie zu weiteren Deplacementsſteigerungen geführt. Durch die Aufſtellung der ſchweren Geſchütze in Doppeltürmen auf Oberdeck ergibt ſich durchweg eine große Feuerhöhe über Waſſer, während bei Aufſtellung der leichten Artillerie im Batteriedeck ein Panzerſchutz für Antitorpedobootsgeſchütze erzielt werden kann.

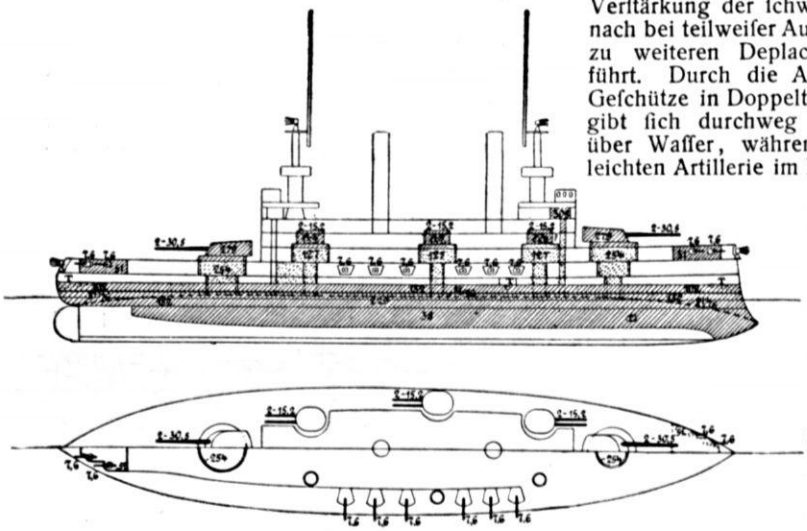


Fig. 6. „Borodino“ 1900 (Rußland).

Auch für die Panzerkreuzer treten bereits die Vorteile ſchwererer Geſchütze von genügender Wirkung auf weite Entfernungen mehr und mehr in den Vordergrund und haben zum teilweiſen oder gänzlichen Erſatz der 15-cm-Schnellfeuerkanonen durch die 19—25-cm-Schnellfeuerkanonen geführt, ſo daß auch für dieſen Kriegsſchiffstyp auf die ſchnellfeuernde Mittelartillerie verzichtet wird. „Warrior“- und „Minotaur“-Klaſſe (England), „S. Giorgio“ (Italien) [4].

Für die kleinen Kreuzer fällt ſowohl die ſchwere und mittlere Artillerie als auch der vertikale Panzerſchutz fort. Die Armierung beſteht aus 15—10,5-cm- und leichteren Geſchützen, der Panzerſchutz beſchränkt ſich auf ein leichtes Panzerdeck. Die Armierung der Kanonenboote ſowie der ſonſtigen Kriegsfahrzeuge ſteht an Zahl und Kaliberſtärke der Geſchütze den kleinen Kreuzern weſentlich nach.

Literatur: [1] Canon, Croneau, Torpilles et Cuirasse, Paris 1904. — [2] Ueber den artilleriſtiſchen Gefechtswert von Schiffen, Mitteilungen aus dem Gebiete des Seeweſens, Pola 1896. — [3] Braſſay, The naval annual, Portsmouth 1890—1905. — [4] Nauticus, Jahrbuch für Deutſchlands Seeintereſſen 1902—05. — [5] Schwarz, Tjard, Das Linienſchiff einſt und jetzt, Berlin 1903.

T. Schwarz.

Geſchützaufſtellung auf Kriegsſchiffen, ſ. Geſchützarmierung.

Geſchützbank, ſ. Feſtungsbau.

Geſchützblau, eine in der Nuance verſchiedene blaue Farbe, meiſt hellblau, die zum Anſtreichen der Geſchützlafetten dient. *Andés.*

Geſchütze, Feuerwaffen, deren Seelenweite, Leiſtung und — vielſeitige — Wirkung die der Handfeuerwaffen bedeutend überragt und die auf Schießgerüſten (Lafetten) verwendet werden, welche teils fahr- oder tragbar, teils (in manchen Befeſtigungen und auf Schiffen) mit einer engbegrenzten Oertlichkeit dauernd verbunden ſind. Den Durchmeſſer der Bohrung (Seele) der Geſchützrohre nennt man Seelenweite oder Kaliber.

Man unterſcheidet nach der Einrichtung der Seele: glatte und gezogene Rohre; nach der

Ladeweiſe: Vorder- und Hinterlader (glatte Rohre und Vorderlader ſind veraltet); nach dem Werkſtoff: Rohre von Bronze (Schmiedebronze — Oeſterreich-Ungarn) und von Stahl (Nickelſtahl); nach der Anordnung des Rohrkörpers: Voll- oder Maſſivrohre und ſolche mit „künſtlicher Metallkonſtruktion“ (ſ. Geſchützfabrikation); nach der Art des Verſchluſſes: Rohre mit Keil-, Schrauben- und Fallblockverſchluß; nach der Rohrlänge: lange und kurze Kanonen, Haubitzen und Mörſer (L/40 bedeutet z. B. eine Rohrlänge von rund 40 Seelenweiten oder Kalibern); nach der Geſtalt (Krümmung) der Flugbahn und der dadurch bedingten balliſtiſchen Leiſtung: Flachbahngeſchütze für den direkten und Steilbahngeſchütze für den indirekten Schuß; in der Regel ſteht die Geſtalt der Flugbahn in unmittelbarer Beziehung zur Rohrlänge: lange Kanonen ſind Flachbahn-, kurze Kanonen, Haubitzen und Mörſer Steilbahngeſchütze; nach Ort, Art und Zweck des Gebrauchs: Feldgeſchütze, Geſchütze der ſchweren Artillerie des Feldheeres, Gebirgs- (Kolonial-), Belagerungs-, Feſtungs-, Küſten-, Schiffs-, Boots- und Landungsgeſchütze; nach dem mittels der Einrichtungen des Verſchluſſes, der Richtgeräte, des Schießbedarfs und der Lafette (ſ. Lafettierung) erreichbaren Maß der Feuergeſchwindigkeit gewöhnliche und Schnellfeuergeſchütze. Letztere ſind ſchon jetzt in der Feldartillerie faſt ausſchließlich, in der Schiffsartillerie überwiegend und auch in der ſchweren Artillerie des Feldheeres ſowie in der Gebirgs-, Belagerungs-, Feſtungs- und Küſtenartillerie vielfach vertreten. Wahrſcheinlich wird man künftig alle Geſchütze für eine ſolche Beſchleunigung des Feuers (und Erleichterung der Bedienung) einrichten, wie ſie ihr Gebrauchszweck erheiſcht und die Rückſicht auf ausreichende Verſorgung mit Schießbedarf geſtattet.

Aeußerlich gliedern ſich die Geſchützrohre in das lange Feld (vorn) und das Verſchlußſtück, zwiſchen denen in der Regel noch das Ring-, Mantel- oder Zapfenſtück eingeſchaltet iſt. Das kegelförmige lange Feld wird vorn durch die ebene Mündungsfläche begrenzt, in deren Mitte ſich die Mündung der Seele befindet; einige Rohre ſind an der Mündungsfläche durch walzen- oder trompetenförmige Ausladungen (Mundfriefe oder Kopf) verſtärkt. Das Verſchlußſtück iſt meiſt walzenförmig geſtaltet; bei einem Teil der Rohre mit Keilverſchluß (ſ. Verſchlüſſe der Geſchütze) bildet es einen Vierkant, durch den das Widerlager für den Keil und die Zerreißfläche (Stege über und unter dem Keilloch) vergrößert wird. Die hintere Begrenzungsebene des Rohrs heißt Bodenfläche; in ihr mündet die rückwärtige Verlängerung der Seele, das Ladeloch, das zum Einbringen der Ladung dient und bei Rohren mit Schraubenverſchluß (ſ. Verſchlüſſe der Geſchütze) auch dieſen aufnimmt. Die wagerechte Durchbohrung des Verſchlußſtücks (in der Querrichtung) für den Keilverſchluß wird Keilloch genannt. Bei neueren Feldgeſchützen mit Keilverſchluß wird in der Regel der hinter dem Keilloch liegende Teil des Vierkants neben dem Ladeloch, und zwar auf der Ladeſeite (der linken, wenn ſich der Verſchluß nach rechts öffnet), bis zur Bodenfläche ausgeſchnitten (Fig. 1), um das Laden zu erleichtern und um zu verhüten, daß die Hand des ladenden Kanoniers bei vorzeitigem Schließen des Verſchluſſes feſtgeklemmt und verletzt werden kann. Zwei ſeitliche walzenförmige Anſätze, die Schildzapfen, dienen zur Lagerung des Rohrs in der Lafette und geſtatten ihm eine Drehung in ſenkrechter Richtung; ſie ſind an den Innenkanten mit Schildzapfenſcheiben, außen mit ringförmigen Bunden verſehen und werden durch beide gegen ſeitliche Verſchiebung in den Schildzapfenlagern der Lafette geſichert; neuerdings gibt man den Schildzapfen häufig eine kegelförmige Höhlung, die ihr Gewicht verringert, ohne ihre Widerſtandsfähigkeit zu beeinträchtigen. Manche Turm- und Schiffsgeſchütze, Schnellfeuerkanonen u. ſ. w. haben ſtatt der Schildzapfen eine Anzahl kreisförmiger Rinnen, in die ein Rohrträger eingreift, der ſie mit der Lafette oder dem Panzerturm verbindet. Schnellfeuerkanonen in Wiegenlafetten mit Rohrrücklauf ſind in der Regel nur durch Längsleiſten oder Klauen, die dem Rohr Führung in der Wiege geben, mit der Lafette verbunden.

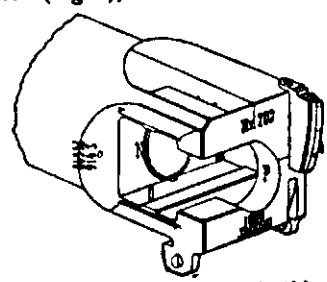


Fig. 1. Verſchlußſtück der deutſchen Feldkanone 96. *N* Seele. *O* Keilloch. *P* Ladeloch.

An den Außenflächen der Rohre befinden ſich ferner: Vorkehrungen zum Nehmen der Richtung, zur Anbringung von Verſchlußteilen, zur Verbindung des Rohrs mit der Richtmaſchine und dem Rohrhalter der Lafette, ſenkrechte und wagerechte Striche zur Bezeichnung der Seelenachſe und der Viſierlinie ſowie verſchiedene Bezeichnungen (Rohr- und Gußnummer, Fertigungsjahr und -ort (Fig. 1), Hoheitszeichen, Inſchriften und Verzierungen. — Die Seele, der innere Hohlraum des Rohrs zwiſchen Verſchluß und Mündung, nimmt Geſchoß und Ladung auf, dient als Einſchließung für die beim Schuß ſich entwickelnden Pulvergaſe und überträgt deren Treibkraft auf das Geſchoß; dies erhält dadurch an der Mündung eine beſtimmte Geſchwindigkeit und Richtung ſowie durch die in den vorderen Teil der Seele eingeſchnittenen, ſchraubenförmig gewundenen Rinnen (Züge) eine Drehung um ſeine Längsachſe. Die Seele ſetzt ſich (von vorn nach hinten) in der Regel aus dem gezogenen Teil, dem Uebergangskegel und dem glatten Teil zuſammen. Ihre Länge ſoll theoretiſch ſo bemeſſen ſein, daß die Kraftäußerung der Pulverladung vollſtändig ausgenutzt iſt, ſobald das Geſchoß die Mündung verläßt. Dieſe Bedingung würde indes bei Geſchützen mit hohem Ladungsverhältnis (Kanonen) meiſt zu Seelenlängen führen, die für die praktiſche Anwendung zu groß ſind. Im allgemeinen hat die Seele eine angemeſſene Länge, wenn ihre Vergrößerung (bei Verwendung des geeignetſten Pulvers) die relative Leiſtung oder die Verwertung des Geſchützrohrs, d. h. das Verhältnis der Mündungsarbeit des Geſchoſſes zum Rohrgewicht, nicht mehr ſteigern würde. Doch auch dieſe Verwertungsgrenze läßt ſich in Wirklichkeit häufig nicht innehalten, weil andre Rückſichten der Praxis auf die ſtatthafte Rohrlänge dies verbieten (Ort und Art des Gebrauchs; Beweglichkeit der Feldgeſchütze in unebenem Gelände; Verwendung hinter Scharten, in Türmen, auf Schiffen u. ſ. w.;

Leichtigkeit der Rohre und Sicherheit gegen Verbiegen durch den Rücklauf beim Schuß). Für die Treffähigkeit der Geſchütze iſt die gebräuchliche und durch tunlichſte Ausnutzung der Pulverkraft gebotene Seelenlänge unter allen Umſtänden völlig ausreichend. Sie iſt gegenwärtig, in Seelenweiten (Kalibern) ausgedrückt, bei mittleren und ſchweren Schiffsgeſchützen bis auf rund 52 (Rohrlänge $= L = 55$), bei leichten auf 58 ($L = 60$) geſtiegen, während ſie in älteren Feldkanonen 17—28 ($L = 20$—30), in neueren 24—33 ($L = 27$—35), bei Mörſern, Haubitzen und kurzen Kanonen 5—12 Seelenweiten beträgt.

Der gezogene Teil reicht von der Mündung bis zum Beginn der Züge im Uebergangskegel; in letzterem verlaufen die zwiſchen den vertieften Zügen ſtehen bleibenden Rippen (Felder) allmählich bis zur Tiefe der Züge, um den Eintritt des Geſchoſſes in den gezogenen Teil zu erleichtern. Die Seelenweite wird zwiſchen zwei einander diametral gegenüberliegenden Feldern gemeſſen. Parallelzüge ſind ſolche, deren Sohlen überall die gleiche Breite haben; bei Keilzügen dagegen nimmt die Sohlenbreite nach der Mündung zu ſtetig ab, die Felderbreite alſo zu. Während der Bewegung des Geſchoſſes durch die Seele ſchneiden ſich die Felder in ſeinen Führungsteil ein, und ihre Windung, der Drall, verſetzt daher das Geſchoß in Drehung, die für die Stetigkeit ſeines Fluges in der Luft notwendig iſt. Winden ſich die Züge von oben über rechts nach unten, ſo haben ſie Rechtsdrall; die Windung in entgegengeſetztem Sinne, der Linksdrall, wird ſeltener angewendet; der Rechtsdrall bedingt eine Ablenkung des fliegenden Geſchoſſes nach rechts, der Linksdrall nach links; im übrigen ergeben beide Dralliformen keinerlei Unterſchied in balliſtiſcher Hinſicht. Die Seitenfläche bezw. Kante der Felder, die den Stoß des von der Pulverkraft zunächſt in der Richtung der Mittellinie der Seele (Seelenachſe) vorwärtsgetriebenen Geſchoſſes aufnimmt, heißt Führungsfläche bezw. Führungskante; bei Rechtsdrall iſt dies die rechte Fläche bezw. Kante des oberſten Feldes, an den andern Feldern die entſprechende, mithin am unterſten Feld die linke.

Das Längenmaß, auf welches die Züge eine volle Umdrehung (360°) machen, iſt die Drallänge, der Winkel, den ſie mit der Seelenachſe bilden, der Drallwinkel. Je größer die Drallänge, deſto kleiner der Drallwinkel, und umgekehrt. Beide werden an der Führungskante gemeſſen, deren Windung bei Keilzügen von der Windung der andern Kante abweicht. Bezeichnet man die Seelenweite mit d, die Drallänge mit l und den Drallwinkel mit α, ſo iſt $l = \frac{d\pi}{\operatorname{tg}\alpha}$; $\operatorname{tg}\alpha = \frac{d\pi}{l}$. Da $\operatorname{tg} 1° = 0{,}01746 = \text{rund}\,\frac{1}{60}$ iſt, ſo erhält man als Näherungswert: $\alpha = \frac{60\,d\pi}{l}$. Sind Drallänge und Drallwinkel an der Mündung ebenſo groß wie am Uebergangskegel, ſo iſt der Drall gleichförmig (ſtetig); wird die Drallänge nach der Mündung hin kleiner, der Drallwinkel alſo größer, ſo erhält man zunehmenden oder ſteigenden Drall. Bei erſterem bildet die abgewickelte Führungskante eine gerade ſchräge Linie, bei zunehmendem Drall eine gekrümmte Linie (Parabel oder Kreisbogen); der flachſte Drall (am Uebergangskegel) heißt Anfangsdrall, der ſteilſte (an der Mündung) Enddrall. Der zunehmende Drall beginnt teils mit einem kleinen Winkel, teils mit Null (Drallänge $= \infty$). Im vorderſten Teil der Seele erhalten die Züge auch bei ſonſt zunehmender Windung gewöhnlich gleichförmigen Drall, wodurch die regelmäßige Geſchoßbewegung beſſer geſichert werden ſoll. — Das für den ſtetigen Flug des Geſchoſſes und die davon abhängige gute Treffähigkeit erforderliche Maß des Dralls wird hauptſächlich durch das Verhältnis der Geſchoßlänge zur Seelenweite und durch die Mündungsgeſchwindigkeit bedingt. Je größer die relative (in Kalibern ausgedrückte) Länge des Geſchoſſes iſt, deſto ſteiler muß, je größer die Mündungsgeſchwindigkeit des Geſchoſſes, deſto flacher kann im allgemeinen der Drall ſein. Jedenfalls iſt er für neue Geſchütz- und Geſchoßkonſtruktionen ſtets durch umfangreiche Schießverſuche zu beſtimmen. Auch bei Flachbahngeſchützen erweiſt ſich ein etwas zu ſteiler Drall in der Regel günſtiger für die Treffähigkeit als ein zu flacher.

Die vom franzöſiſchen Hauptmann Vallier aufgeſtellten Drallformeln gehen von einem für das Geſchoß charakteriſtiſchen und für alle ähnlichen Geſchoſſe gleichen Wert K aus. Wird der Drallwinkel mit α, die Seelenweite mit d, das Geſchoßgewicht mit p und die Mündungsgeſchwindigkeit mit v_0 bezeichnet, ſo iſt für Flachbahngeſchütze mit großer Geſchwindigkeit $\operatorname{tg}\alpha = 0{,}2\,K\,v_0\sqrt{\frac{d^5}{p}}$, dagegen für Steilbahngeſchütze mit kleiner Geſchwindigkeit $\operatorname{tg}\alpha = 2K\sqrt{5}$.

Zurzeit ſind durchſchnittlich folgende Drallängen und -winkel in Gebrauch:

Geſchützart	Geſchoßlänge	Drallänge	Drallwinkel
Lange Kanonen	2,5—2,8 Seelenweiten	45—35 Seelenweiten	4,0— 5,1°
	3,0—4,0 "	35—25 "	5,1— 7,2°
Kurze Kanonen, Haubitzen und Mörſer	2,5—3,0 "	35—25 "	5,1— 7,2°
	4,0—5,0 "	25—15 "	7,2—11,8°

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Das Profil der Züge iſt teils rechteckig (Fig. 2; die Schnittlinien der beiden Seitenflächen jedes Zuges ſind einander gleichlaufend; deutſche Form; Krupp), teils muldenförmig (Fig. 3; de Bange), teils bogenförmig (Fig. 4; neuere engliſche Form; Maitland). Entſcheidende Vorzüge der einen oder andern Form in bezug auf geringen Widerſtand, ſichere Geſchoßführung und befriedigende Treffähigkeit ſind nicht erkennbar.

Die Beziehungen zwiſchen der Zahl der Züge (n) und der Seelenweite (d) laſſen ſich in neueren Rohren häufig annähernd ausdrücken durch $n = 4d$. Die deutſche Feldkanone 96 hat bei 7,7 cm Seelenweite 32 Züge. Die Zugbreite iſt ſtets größer als die Felderbreite und, da die Zugzahl mit der Seelenweite wächſt, bei verſchiedenen Kalibern meiſt nicht erheblich abweichend. Für Stahlrohre und Kupferführung genügt durchſchnittlich eine Felderbreite von rund 2 mm. Die Zugtiefe wird im allgemeinen zweckmäßig zu ungefähr 1% der Seelenweite beſtimmt; in der deutſchen Feldkanone 96 beträgt ſie 0,75 mm. — Der Uebergangskegel begrenzt beim Laden des Geſchützes den Vorſchub des mit ſeiner Führung an ihn anſtoßenden Geſchoſſes. Ein ſteiler Uebergangskegel begünſtigt deſſen regelmäßiges Anſetzen und die Gleichförmigkeit der balliſtiſchen Leiſtung, weil der anfängliche Verbrennungsraum des Pulvers ſtets nahezu gleichlang ausfällt; dagegen leiſtet er dem Eintritt des Geſchoſſes in die Züge beträchtlichen Widerſtand. — Der glatte Teil (Ladungsraum) reicht vom Seelenboden (Verſchluß) bis zum Beginn der Züge. In den älteren Rohren bildet er entweder einen glatten Zylinder oder er gliedert ſich in einen hinteren — weiteren — und einen vorderen — engeren — Zylinder, die durch einen (hinteren) Uebergangskegel verbunden ſind (9-cm-Kanone 73/88 der deutſchen Fußartillerie, ehemalige Feldkanone); der hintere Zylinder dient dann als Kartuſch-, der vordere als Geſchoßraum. In neueren Rohren mit zunehmendem Drall kann die Führung, da ſich die Richtung der Felder und ihrer Einſchnitte in der Führung fortwährend ändert, nur an einer Stelle des Geſchoſſes angebracht werden; letzteres erhält daher nahe am Boden einen Führungsring, der beim Anſetzen bis zum Beginn der Züge vorgeſchoben wird, ſo daß der größere Teil des Geſchoſſes zwiſchen den Feldern liegt, in denen es vorn durch eine flache Wulſt des Geſchoßkerns mit ſehr geringem Spielraum (0,3—0,5 mm) zentriert wird (gezogener Geſchoßraum mit Eiſenzentrierung). Durch dieſen völlig zentralen Eintritt des Geſchoſſes in die Züge werden Führung und Treffähigkeit weſentlich verbeſſert. Alle Rohre, die mit Metallkartuſchen feuern, haben, um das Laden und namentlich das Auswerfen der leeren Kartuſchhülſe nach dem Schuß zu erleichtern, einen kegelförmigen Kartuſchraum; iſt die Metallkartuſche mit dem Geſchoß nicht dauernd zu einer Patrone verbunden und daher kürzer als der glatte Teil der Seele, ſo wird dem zwiſchen Kartuſche und Uebergangskegel liegenden Raum gewöhnlich eine walzenförmige Geſtalt gegeben (deutſche Feldkanone 96).

Der (anfängliche) Verbrennungsraum iſt der bei geladenem Geſchütz vorn vom Geſchoß-, hinten vom Seelen- bezw. Kartuſchboden begrenzte Teil des Ladungsraums. Durch ſeine Größe wird die Umſetzung (Vergaſung) des Pulvers beim Schuß und daher die geſamte Leiſtung des Geſchützes weſentlich beeinflußt. Bei zu kleinem Verbrennungsraum ſetzt ſich das Pulver zu raſch um, der Gasdruck wächſt erheblich, das Rohr wird übermäßig angeſtrengt, Geſchoßführung und Treffähigkeit leiden. Zu groß, beeinträchtigt er die Verwertung des Pulvers und die Regelmäßigkeit der Umſetzung; es ergeben ſich bedeutende Unterſchiede in der Spannung und Mündungsgeſchwindigkeit und daher gleichfalls eine Verringerung der Treffähigkeit. Die relative Größe des Verbrennungsraums (im Verhältnis zum Ladungsgewicht) iſt hauptſächlich durch die Eigenſchaften des Schießmittels bedingt. Auf 1 kg Schwarzpulver rechnete man in Kanonen rund 1,1—1,5 l Verbrennungsraum, je nachdem es ſich langſamer oder raſcher umſetzte. Rauchſchwaches Pulver bedarf, wenn es nicht unvorteilhaft ſchnell vergaſt werden ſoll, einen relativ größeren Raum; bei Neukonſtruktion von Rohren gibt man ihm deshalb 1,8—2,0 l für das Kilogramm. In den urſprünglich für Schwarzpulver konſtruierten Rohren hat die gleichwertige Ladung rauchſchwaches Pulver, da ihr Gewicht zwei- bis dreimal kleiner iſt, in der Regel mindeſtens 3 l Verbrennungsraum auf 1 kg. — Ueber Geſchoſſe, Zünder, Kartuſchen und Patronen ſ. Munition für Geſchütze; über Lafetten ſ. Lafettierung der Geſchütze; Abbildungen mehrerer Rohre ſ. Geſchützfabrikation.

Literatur: Leitfaden für den Unterricht in der Artillerie an Bord des Artillerieſchulſchiffs, herausgegeben von der Inſpektion des Bildungsweſens der Marine, 2. Aufl., Berlin 1902—03; Sondervorſchriften für die Fußartillerie, A. Geſchützrohre, Berlin 1903; Marſchner, Lehrbuch der Waffenlehre, 3. Aufl., Wien 1903—05; Girardon, Organisation du matériel d'artillerie, 2. Aufl., bearbeitet von de Lagabbe, Paris 1903; Berlin, Handbuch der Waffenlehre, Berlin 1904; Korzen u. Kühn, Waffenlehre, Wien 1905; Wille, Waffenlehre, 3. Aufl., Berlin 1905. *R. Wille.*

Geſchützfabrikation. Als Werkſtoff für die Fertigung von Geſchützrohren kommt gegenwärtig faſt nur noch Stahl (Nickelſtahl) in Betracht; außer dieſem wird in Oeſterreich-Ungarn für Feldgeſchütz- und andre leichte Rohre auch die ſogenannte Schmiedebronze verwendet, welche ſich von der früher benutzten Hart- oder Stahlbronze durch ein andres Legierungsverhältnis der beiden Beſtandteile (Kupfer und Zinn), das Schmieden der Gußblöcke und ein verbeſſertes Preßverfahren unterſcheiden ſoll.

Ihre Zugfeſtigkeit wird zu 53 kg/qmm, die Elaſtizitätsgrenze zu 34 kg/qmm und die Dehnung zu 20% angegeben. Näheres über ihre Zuſammenſetzung, Darſtellung und Bearbeitung iſt auch nicht bekannt geworden.

Als beſter Stahl für Rohre gilt der (in feuerfeſten Tongraphittiegeln von rund 40 kg Inhalt geſchmolzene) Tiegelflußſtahl; doch werden auch mit andern Flußſtahlarten (z. B. Martin-Siemens-Stahl) recht gute Ergebniſſe erzielt. Die Gußblöcke, welche Friedr. Krupp bis zu einem Gewicht von 85000 kg herſtellt, werden unter ſchweren Dampfhämmern und neuerdings in noch vollkommenerer Weiſe mittels ſehr kräftiger Flüſſigkeitspreſſen weiter verarbeitet. Auch bewirkt man das Lochen und Formgeben des Blocks (von quadratiſchem Querſchnitt) nach dem Ehrhardtſchen Preß- und Ziehverfahren. Die Kanonenfabrik Bofors (Schweden) wendet für blaſenfreien Guß eiſerne Formen an, deren Höhe ſo bemeſſen iſt, daß der Gußblock

eine Länge erhält, welche die des fertigen Werkſtückes um etwa 50 % überſteigt („verlorener Kopf"). Die Form iſt innen mit einer dünnen Schicht Formſand ausgekleidet, deren Stärke, ebenſo wie die Zuſammenſetzung des Sandes und des Stahls ſelbſt, als weſentlichſte Vorbedingungen für die Güte des Guſſes geheimgehalten werden. Der Block wird maſſiv (ohne Kernſpindel bezw. innere Kühlung) gegoſſen und weder geſchmiedet noch gepreßt. Die beim Gießen entſtehenden Gasblaſen ſammeln ſich teils im verlorenen Kopf, teils in den innerſten Schichten des Blocks längs ſeiner Mittellinie, alſo in Teilen, die ſpäter ſämtlich durch Abſtechen und Ausbohren entfernt werden. Durch Zuſatz von Nickel hat man in neuerer Zeit eine noch vor kurzem für unerreichbar gehaltene Steigerung der phyſikaliſchen Eigenſchaften des Kanonenſtahls erzielt. Einige Beiſpiele der letzteren, wie ſie gegenwärtig von verſchiedenen Fabriken erreicht werden, ſind in nachſtehender Zuſammenſtellung*) wiedergegeben:

Art und Herkunft des Stahls	Bruchgrenze kg/qmm		Streckgrenze kg/qmm		Elaſtizitätsgrenze kg/qmm		Dehnung %		Querſchnittverringerung %	
	a[1])	b[1])	a	b	a	b	a	b	a	b
„Sprengſicherer" Kanonenſtahl von Friedr. Krupp	70	—	—	—	40	—	15	—	—	—
Ehrhardts Kanonen-Nickelſtahl[2])	80		—	—	45		16	20	—	—
Nickelſtahl der Skodawerke in Pilſen	60	65	46	50	30	40	14	17	50	65
Ungeſchmiedeter Nickelſtahl von Bofors	63 64 [3])	69[4])	36 40 [5])	43	35	41[6])	15	17,5 [7])	20	35
Nickelſtahl der Geſellſchaft Cockerill in Seraing (Belgien)[8]) 1894	77,6		—	—	52,4		25,3		—	—
Nickelſtahl der Geſellſchaft Cockerill in Seraing (Belgien)[8]) 1895	78,2		—	—	53,8		22,0		—	—
Nickelſtahl der Geſellſchaft Cockerill in Seraing (Belgien)[8]) 1898	71,6		—	—	56,0		18,0		—	—
Martin-Siemens-Stahl von Elswick (Armſtrong, Mitchell & Co.)	—	63	—	—	33	—	17	—	—	—
Nickelſtahl der Bethlehem-Werke (Verein. Staaten)	62—68		—	—	38—40		18—24		—	—
Anforderungen der franzöſ. Artillerie (ſeit 1891)	69		—	—	40		16		—	—

[1]) a: Mindeſtwert; b: Mittelwert. [2]) Streffleurs Oeſterreichiſche militäriſche Zeitſchrift 1903, Bd. 2, S. 803. [3]) Die obere Zahl gilt für Kernrohr, Mantel und Ringe, die untere für Verſchlußſchraube und -lager. [4]) Höchſter Wert 75 kg/qmm und mehr. [5]) Höchſter Wert 45 kg/qmm und mehr. [6]) Auf 100 mm Länge des Probeſtabs von 18 mm Durchmeſſer bezogen. [7]) Revue de l'armée belge, Januar-Februar-Heft 1903, S. 56.

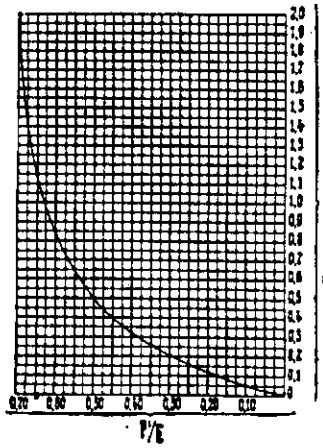


Fig. 1. Beziehungen zwiſchen Wandſtärke und Widerſtandsfähigkeit der Vollrohre.

Vermöge der Elaſtizität des Metalls erfahren die inneren Schichten des Rohrkörpers eine ſtärkere Ausdehnung durch den Gasdruck als die äußeren und tragen daher auch mehr als dieſe zur Widerſtandsfähigkeit des Rohrs bei. Die Widerſtände der verſchiedenen Wandſchichten würden ſich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Halbmeſſer verhalten, wenn nicht auch die bei der Beanſpruchung durch den Schuß eintretenden Veränderungen der Flächengrößen des Rohrquerſchnitts berückſichtigt werden müßten. Daraus folgt dann eine noch erheblich geringere Beanſpruchung der äußeren Schichten gegenüber den inneren, und es kann daher bei den aus einem einzigen Gußblock hergeſtellten Voll- oder Maſſivrohren die Widerſtandsfähigkeit gegen den Gasdruck niemals in gleichem Verhältnis mit der zunehmenden Metallſtärke wachſen. Bedeutet P den Gasdruck, E die höchſte zuläſſige Beanſpruchung des Rohrmetalls in Atmoſphären auf 1 kg/qcm, R den äußeren, r der inneren Halbmeſſer des Rohres, und wird $\frac{R}{r} = k$ geſetzt, ſo iſt (nach Winkler) $E = \frac{2P^1}{3} \cdot \frac{2k^2+1}{k^2-1}$. Daraus ergeben ſich folgende Werte (ſ. a. Fig. 1):

Wandſtärke in Seelenweiten	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
K	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
P^1/E	0,17	0,34	0,50	0,58	0,63	0,66	0,68	0,69	0,70
E (für $P^1 = 2500$ Atmoſphären) kg	14710	7350	5000	4310	3970	3790	3675	3625	3570

Eine Vergrößerung der Wandſtärke über 1,5 Seelenweiten ergibt ſonach überhaupt keinen nennenswerten Zuwachs an Widerſtandsfähigkeit. Die ſtetig ſteigenden Anforderungen an die Leiſtung und damit auch an die Anſtrengung der Geſchütze nötigte deshalb, den Rohrkörper oder wenigſtens den hinteren, am meiſten beanſpruchten Teil aus mehreren konzentriſchen Lagen aufzubauen und dieſen eine beſtimmte gegenſeitige Spannung zu geben, um ſo die in den einzelnen Lagen verkörperten Widerſtände tunlichſt gleichmäßig in Anſpruch zu nehmen und die geſamte im Rohr verkörperte Widerſtandsfähigkeit möglichſt vollkommen auszunutzen. Dies

*) Aus Wille, Waffenlehre, 3. Aufl., Berlin 1905, Bd. 2, S. 9.

geſchieht durch die ſogenannte künſtliche Metallkonſtruktion, bei der jede äußere Lage vor dem Zuſammenbau des Rohrs einen kleineren inneren (lichten) Durchmeſſer erhält, als der äußere Durchmeſſer der von ihr umſchloſſenen inneren Lage beträgt. Dieſer Unterſchied der Durchmeſſer benachbarter Rohrlagen, das Schrumpfmaß, wird nach den phyſikaliſchen Eigenſchaften des Metalls aus Verſuchen und durch Rechnung in der ſorgfältigſten Weiſe beſtimmt, weil von ſeiner zutreffenden Größe die Brauchbarkeit der Konſtruktion weſentlich abhängt. Um die äußeren Lagen trotz ihrer geringeren lichten Weite auf die inneren aufziehen zu können, werden ihre Durchmeſſer durch Anwärmen um das erforderliche Maß vergrößert. Nach dem Aufbringen erkaltend, ziehen ſie ſich wieder zuſammen und üben daher auf die inneren Lagen eine Preſſung aus, die dem Gasdruck des Schuſſes entgegenwirkt. Da der Ausdehnungskoeffizient des Flußſtahls für 1 Wärmegrad (C.) nur 0,000135 ausmacht, ſo muß auch das Schrumpfmaß entſprechend klein gewählt werden; es beträgt z. B. für Feldkanonen (zwiſchen Kernrohr und Mantel) gegen 0,18 mm, für 21- und 28-cm-Kanonen (ebenfalls zwiſchen Kernrohr und Mantel) 0,40 mm und für 28-cm-Kanonen (zwiſchen den beiden äußeren Ringlagen) 0,80 mm. Abweichungen des Schrumpfmaßes um nur 0,1 mm von ſeinem normalen Wert können ſchon zu einer verhältnismäßig beträchtlichen Mehrbeanſpruchung der beteiligten Rohrlagen führen.

In welchem Maße durch die künſtliche Metallkonſtruktion die Widerſtandsfähigkeit der Rohre geſteigert wird, läßt ſich aus dem Vergleich der nachſtehenden Zuſammenſtellung mit den vorhin für Vollrohre angegebenen Zahlen ohne weiteres entnehmen.

Beziehungen zwiſchen Wandſtärke und Widerſtandsfähigkeit der Rohre mit künſtlicher Metallkonſtruktion.

Wandſtärke in Seelenweiten		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00
P^1/E für mit Preſſung übereinander geſchobene Rohrlagen	2	0,40	0,66	0,84	0,98	1,08	1,17	1,29
	3	0,42	0,73	0,96	1,15	1,31	1,44	1,65
	4	—	—	—	1,25	1,44	1,61	1,89
	5	—	—	—	1,32	1,58	1,72	2,05
	∞	—	—	—	1,62	1,96	2,28	2,89

Hiernach ließe ſich die Widerſtandsfähigkeit des Rohrs durch Vermehrung der Lagen, bei entſprechender Zunahme der Wandſtärke und des Gewichts, ſcheinbar beliebig ſteigern. Das iſt indes in Wirklichkeit ſchon deshalb unausführbar, weil der durch die Anſtrengung beim Schuß bedingte Druck auf die innerſte Lage ſchließlich ſo groß ausfallen müßte, daß letztere im Ruhezuſtand zerdrückt werden würde. Ring- und Mantelringrohren (ſ. weiter unten) gibt man in der Regel höchſtens fünf Lagen. Nur die (älteren) engliſchen 110-t-Kanonen haben ſechs Lagen. — Man unterſcheidet folgende Arten der künſtlichen Metallkonſtruktion:

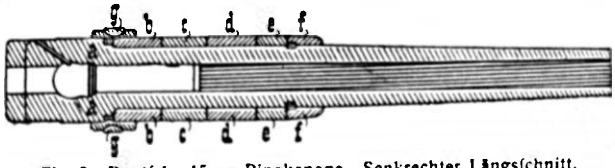


Fig. 2. Deutſche 15-cm-Ringkanone. Senkrechter Längsſchnitt. *a* Kernrohr. *b*—*g* Verſtärkungsringe.

Ringrohre (Fig. 2); die innerſte Lage (Kernrohr) nimmt die ganze Rohrlänge ein und iſt vor dem Verſchluß — bis zur Mündung oder nur im hinteren Teil — durch eine oder mehrere Lagen warm aufgezogener Ringe verſtärkt; das Kernrohr trägt den Verſchluß, ein (äußerer) Ring die Schildzapfen. Ringrohre werden für gewöhnlich nicht mehr gefertigt, weil ihnen die Mantel- und Mantelringrohre in verſchiedenen Beziehungen überlegen ſind.

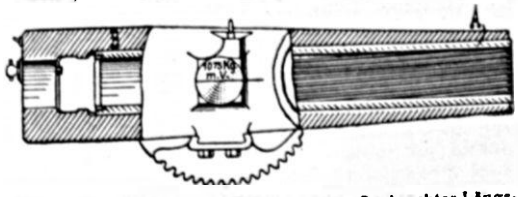


Fig. 3. Deutſche ſchwere Feldhaubitze. Senkrechter Längsſchnitt und Anſicht von rechts. *A* Kernrohr. *B* Mantel.

Mantelrohre (Fig. 3 und 4); das Kernrohr (Seelenrohr) reicht von der Mündung nur bis zum Verſchluß (Keilloch) und iſt im hinteren Teil oder in ſeiner ganzen Länge von einem warm aufgezogenen Mantel umgeben, der die Schildzapfen trägt und in der Regel auch den Verſchluß aufnimmt. Die größtmögliche Widerſtandsfähigkeit der Mantelrohre (und ebenſo der Ringrohre mit einer Ringlage) wird erreicht, wenn ſich die Seelenweite s zum inneren Mantel- (Ring-) durchmeſſer d verhält wie dieſer zum äußeren Rohrdurchmeſſer D, alſo wenn $d^2 = Ds$ iſt; daraus folgt, daß der Mantel (Ring) eine größere Wandſtärke erhalten muß als das Kernrohr. Die Mantelkonſtruktion wird nur bei Feldkanonen und noch kleineren Kalibern ſowie bei Haubitzen und Mörſern bis 21 cm Seelenweite angewendet; für ſchwerere Geſchütze bedient man ſich meiſt der

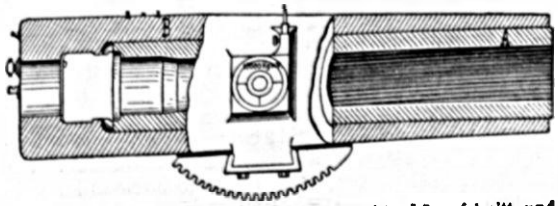


Fig. 4. Deutſcher 21-cm-Mörſer. Senkrechter Längsſchnitt und Anſicht von rechts. *A* Kernrohr. *B* Mantel.

Mantelringrohre (Fig. 5 und 6), deren Kernrohr mit Mantel verſehen und überdies durch einen oder eine größere Anzahl Ringe (in einer oder mehreren Lagen) verſtärkt iſt; der Verſchluß befindet ſich meiſt im Mantel, ſeltener im Kernrohr.

Drahtrohre (nach den Konſtruktionen von Longridge, Schultz, Woodbridge u. a.); das Kernrohr wird in einer größeren Zahl Schichten mit Stahldraht bezw. Bandſtahl von rundem, quadratiſchem oder rechteckigem Querſchnitt umwunden und dem Draht beim Aufwickeln eine ſolche Spannung gegeben, daß der Druck der äußeren Lagen auf die inneren den Geſetzen der künſtlichen Metallkonſtruktion entſpricht. Ein Mantel, der die Schildzapfen trägt, umſchließt und ſchützt die äußerſte Drahtſchicht, während der Verſchluß im Kernrohr oder im Mantel angebracht wird. Als Vorteile der Drahtrohre gegenüber den Ring- und Mantelrohren werden geltend gemacht: Vermöge der großen Zahl der Drahtſchichten nähern ſie ſich am meiſten der theoretiſch beſten Form der künſtlichen Metallkonſtruktion mit unendlich vielen Lagen. Dem Draht kann eine erheblich höhere Feſtigkeit und Elaſtizität gegeben werden als großen Blöcken von demſelben Metall. Stahldraht, der von Felten & Guillaume in Köln zu Longridge-Drahtrohren geliefert wurde, zeigte folgende Werte der Zugfeſtigkeit:

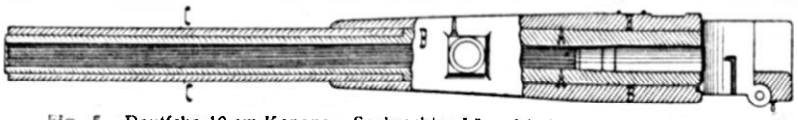


Fig. 5. Deutſche 10-cm-Kanone. Senkrechter Längsſchnitt und Anſicht von links. *A* Seelenrohr. *B* Mantel. *C* Langring.

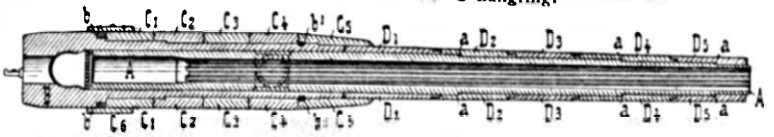


Fig. 6. Deutſche lange 15-cm-Kanone. Längsſchnitt. *A* Kernrohr. *B* Mantel. C_1—C_6 Verſtärkungsringe am Mantel. D_1—D_5 Verſtärkungsringe am Kernrohr. *a* Abſätze des Kernrohrs (gegen Verſchiebung). *b* Füllring. *b*¹ Dübelring (zweiteilig).

1,550 mm Runddraht	225 kg qmm
1,575 „ „	215 „
Rechteckiger Draht von 3,07 × 1,60 mm Seite	195 „

Die Spannung des Drahts läßt ſich beim Aufwickeln durch maſchinelle Vorrichtungen genau regeln. Unganze und fehlerhafte Stellen ſcheiden bei der Fabrikation von ſelbſt aus. Daher ſollen die Drahtrohre bei gleicher Wandſtärke und gleichem Gewicht bedeutend größeren Gasſpannungen gewachſen ſein. Ueberdies ſind ſie angeblich wohlfeiler und ſchneller herzuſtellen, obgleich ihre Fertigung umſtändlich und ſchwierig iſt.

Bis jetzt hat man ſich vorzugsweiſe in England (in geringerem Maße auch in den Vereinigten Staaten, Frankreich und Rußland) mit der Ausbildung der Drahtrohre beſchäftigt. Die bisherige 12-Pfünder-Drahtkanone (Fig. 7) der engliſchen reitenden Artillerie hat im hinteren Teil eine Wicklung von 15 Lagen Bandſtahl, der bei 6,3 × 1,5 mm Querſchnitt 142—172 kg qmm Zugfeſtigkeit beſitzt. Das Rohr wiegt 324 kg und leiſtet (mit 5,669 kg Geſchoßgewicht und 473 m Mündungsgeſchwindigkeit) 64,88 m t Mündungsarbeit, ſo daß ſich 1 kg ſeines Gewichts nur mit 64 880 : 324 = rund 200 m kg verwertet. Es koſtet 5750 ℳ oder 17,7 ℳ für das Kilogramm [1]. Seine relative Leiſtung iſt daher geringer und ſein Preis höher als bei gewöhnlichen Mantelrohren. Die Verwertung der ſchweren engliſchen Drahtkanonen ſtellt ſich ebenfalls nicht viel günſtiger, wie aus den nachſtehenden Angaben über drei Rohre hervorgeht, von denen A. und B. in der engliſchen Flotte eingeführt ſind, während C. in Elswick für Japan gefertigt wurde [2], [3].

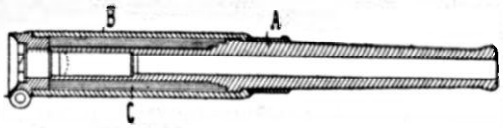


Fig. 7. Engliſche 12-Pfünder-Drahtkanone. Senkrechter Längsſchnitt. *A* Kernrohr. *B* Mantel. *C* Stahldrahtwicklung.

Rohr	Seelenweite	Rohrgewicht	Rohrlänge	Seelenlänge in Seelenweiten	Geſchützladung (rauchſchwaches Pulver)	Geſchoßgewicht	Mündungsgeſchwindigkeit	Mündungsarbeit ganze	Mündungsarbeit auf 1 kg Rohrgewicht
	cm	t	m		kg	kg	m	mt	mkg
A. 9,2-Zöller	23,37	27,4	—	46,74	—	172,5	823	5952	217
B. 12-Zöller	30,48	46,7	11,31	35,43	76	385,9	722	10226	219
C. 12-Zöller	30,48	49,6	12,71	40,00	65	385,9	739	10716	216

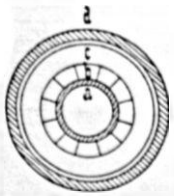


Fig. 8. Stabdrahtrohr (Querſchnitt). *a* Seelenrohr. *b* Stabbündel. *c* Drahtwicklung. *d* Mantel.

Ein weiterer weſentlicher Mangel der Drahtrohre beſteht darin, daß die Drahtlagen ſowohl zur Widerſtandsfähigkeit des Rohrkörpers gegen den Längszug, der beim Schuß zwiſchen Verſchluß und Schildzapfen wirkſam wird, als auch zur Verſteifung des Rohrs gegen Verbiegen in der Querrichtung nur ſehr wenig beitragen können. Dieſem Mangel hat der Amerikaner Brown durch die Konſtruktion der

Stabdrahtrohre (Fig. 8) abzuhelfen geſucht, bei denen die Drahtwicklung *c* ein Stabbündel *b* einſchließt, deſſen (ähnlich wie die Dauben eines Faſſes) loſe aneinander gefügte Stäbe keilförmigen Querſchnitt haben. Das dünnwandige Seelenrohr *a* wurde erſt nachträglich angenommen; urſprünglich ſollten die gewölbten Innenflächen der Stäbe *c* ſelbſt die Seelenwandung bilden. Der Mantel *d* iſt mit Spielraum über die Drahtwicklung geſchoben. Eine 12,7-cm-Brown-Kanone enthielt zwölf Keilſtäbe aus Tiegelchromſtahl von 116 kg qmm Zerreißfeſtigkeit; der aufgewickelte Draht hatte

eine Geſamtlänge von 60000 m. Zu einem 15,2-cm-Rohr L/38 wurden 68500 m = 1477 kg quadratiſcher Draht von 1,8 mm Seite und von 175,8 kg/qmm Zerreißfeſtigkeit verwendet. In der 12,7-cm-Kanone erreichte man, bei ſtufenweiſer Steigerung der Ladung, ſchließlich 986 m Mündungsgeſchwindigkeit mit 4465 Atmoſphären Druck. Eine 25,4-cm-Kanone erhielt zuerſt ein zweiteiliges Seelenrohr; der hintere Teil umgab den Ladungsraum, der vordere enthielt die Züge; beide Teile waren auf 510 mm Länge ineinander geſchoben. Die Stabbündel wurden an den Enden durch zwei aufgeſchraubte Ringe zuſammengehalten, die zugleich als Widerlager für die Drahtwicklung dienten; letztere beſtand aus 120700 m quadratiſchem Stahldraht von 3,6 mm Seite, 184,4 kg/qmm Zerreißfeſtigkeit und — angeblich — 161,9 kg/qmm Elaſtizitätsgrenze; für die Keilſtäbe betrugen dieſe Werte 123,8 bezw. 88,6 kg/qmm. Das 36 t wiegende 25,4-cm-Rohr L/41 wurde ſchon bei Beginn der Schießverſuche (28. Oktober 1901) durch 3770 Atmoſphären Gasdruck zerſtört, während es vertragsmäßig 4640 Atmoſphären aushalten ſollte. Dieſer Mißerfolg kann um ſo weniger auffallen, als das loſe Stabbündel zum Widerſtand gegen die Gasſpannung nicht das geringſte beizutragen vermag, während es gegen den Längszug nicht mehr und gegen Verbiegen weniger leiſtet als ein aus einem Stück hergeſtelltes Kernrohr, das die Kanone bei richtiger Anordnung zum Ertragen eines erheblich höheren Gasdrucks befähigt haben würde. Um jenen Konſtruktionsfehler zu beſeitigen, brachte Brown ſodann ein

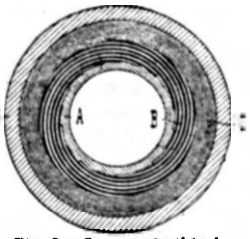


Fig. 9. Segmentdrahtrohr (Querſchnitt).

Segmentdrahtrohr (Fig. 9) in Vorſchlag, das ſich aus dem Kernrohr *A*, dem Segmentrohr *B*, der Drahtſchicht *C* und dem Mantel *D* zuſammenſetzt. Der Stahl im Kernrohr *A*, das den Verſchluß aufnimmt, hat 74 kg/qmm Zerreiß- und 42 kg/qmm Elaſtizitätsgrenze. Das Segmentrohr *B* wird von 18 Stahlblechplatten gebildet, deren Querſchnitt unter der Walze die Form einer Schneckenlinie erhält und die derart ineinander geſchichtet werden, daß die eine Längskante jeder Platte in der Außen-, die andre in der Innenfläche des Segmentrohrs liegt. (Um die einzelnen Platten deutlicher voneinander abzuheben, ſind ſie in Fig. 9 abwechſelnd weiß und ſchwarz dargeſtellt.) Längs des Pulverraums, über dem das Segmentrohr den größten Durchmeſſer hat, enthält ſeine Wandung zehn Plattenlagen, deren jede ſich über etwas mehr als den halben Umfang des Rohrs erſtreckt. Die inneren Plattenkanten bilden Abſätze, welche in 18 Längsſtufen der Außenfläche des Kernrohrs *A* eingreifen; die Platten ſind je 7823 mm lang und hinten 546, vorn 114 mm breit. Außen iſt das Segmentrohr kegelförmig abgedreht und mit elf kreisförmigen Abſätzen für die Drahtwicklung verſehen; es beginnt vor dem Verſchlußlager und reicht bis zur Mündung. Der Stahldraht der Drahtſchicht *C* hat quadratiſchen Querſchnitt von 3,63 mm Seite und wird mit 1130 kg Spannung aufgewickelt, alſo mit 85,6 kg/qmm beanſprucht. Die Zahl der Lagen beträgt am Pulverraum 21 und verringert ſich weiter vorn der Reihe nach auf 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8 und 7 (Mündung). Der Mantel *D* endet vorn etwa in 3700 mm von der Bodenfläche; am langen Feld iſt die Drahtſchicht nur von einer dünnen Stahlröhre umgeben.

Das Waffenamt der Vereinigten Staaten hat die Anfertigung einer 15,24-cm-Kanone nach dieſem Syſtem angeordnet, deren Koſten ſich auf rund 170000 ℳ belaufen ſollen. Die Rohrlänge beträgt 7950 mm (L/52,2); der Pulverraum hat 229 mm größten Durchmeſſer, 1252 mm Länge und 51,1 l Inhalt. Man will das Geſchütz in Sandy Hook mit 250 Schüſſen bei ſtufenweiſe geſteigertem Druck erproben und die letzten fünf Schüſſe mit 3200—3500 Atmoſphären abgeben. Die Mündungsgeſchwindigkeit (für den Gebrauch) iſt zu 1080 m bei 3000 Atmoſphären Spannung angenommen. Von dem günſtigen Einfluß des ungewöhnlich großen Pulverraumes auf die Umſetzung der Ladung erwartet man, daß der Gasdruck gegen den Geſchoßboden noch an der Mündung mindeſtens 1670 kg/qcm betragen wird.

Nach Denton von Stevens' Technologiſchem Inſtitut in Hoboken würde der Druck der Drahtſchicht *C* auf das Segmentrohr *B* eine ſolche Reibung zwiſchen deſſen einzelnen Platten hervorrufen, daß ſeine Widerſtandsfähigkeit gegen Beanſpruchung auf Längszug und Biegung der eines geſchmiedeten Vollrohrs gleichwertig wäre; überdies würde die Drahtſpannung das Kernrohr *A* dermaßen zuſammenpreſſen, daß ſelbſt bei 3500 Atmoſphären Gasdruck noch keine Beanſpruchung des Kernrohrs auf Dehnung einträte.

Es iſt wohl möglich, daß die Segmentlage zum Widerſtand gegen die Gasſpannung mehr beitragen wird als das durch ſie erſetzte loſe Stabbündel, das in dieſer Hinſicht gar nichts leiſtete; zweifelhaft erſcheint aber, ob ihr Widerſtandsvermögen dem eines mit richtiger Spannung aufgeſchrumpften Vollrohrs gleichkommen wird [4]—[6].

Stahlblechrohre, von K. Puff in Spandau vorgeſchlagen, ſollen die Vorzüge der Mantel- und Mantelringrohre mit den Vorteilen der Drahtrohre vereinigen. Das Seelenrohr iſt an beiden Enden mit Bunden verſehen, zwiſchen denen ein trapezförmiges Stahlblech in zahlreichen Lagen warm unter Spannung aufgewickelt wird. Die Wicklung beginnt mit der längeren der beiden Schmalſeiten des Blechs, während die beliebig zu bemeſſende Abſchrägung der der Mündung zugekehrten Langſeite die allmähliche Verjüngung der Wandſtärke nach vorn bewirkt. Der Mantel, welcher Schildzapfen und Verſchluß trägt, wird warm von der Mündung her aufgezogen, ſeine Verſchiebung hindert einerſeits der die Blechwicklung überragende hintere Bund des Seelenrohrs, anderſeits das in den Mantel eingeſchraubte Verſchlußlager. Ueber Verſuche mit dieſer eigenartigen, theoretiſch wohlbegründeten Konſtruktion iſt bis jetzt nichts bekannt geworden.

Zerlegbare Rohre ſollen Gebirgs- (in einzelnen Fällen auch Belagerungs-) Geſchütze befähigen, eine höhere Leiſtung und Wirkung zu erzielen, als das im Hinblick auf die Art der Fortſchaffung noch zuläſſige Gewicht des unzerlegten Rohrs geſtatten würde. Eine 12-Pfünder-

Gebirgs- und Landungskanone von Vickers, Söhne & Maxim gliedert ſich in Kernrohr und Mantel; das nach der Drahtkonſtruktion ausgeführte Kernrohr iſt etwa in der Mitte ſeiner Länge außen ſtufenförmig abgeſetzt und lehnt ſich, von rückwärts in den Mantel hineingeſchoben, mit dieſer Stufe gegen eine am vorderen Mantelende angeordnete Wulſt; durch Anziehen eines Schraubenrings, für den das Muttergewinde in die hintere Innenfläche des Mantels eingeſchnitten iſt, werden beide Rohrteile feſt aneinander gepreßt [7], [8].

Die mechaniſche Bearbeitung der Rohre umfaßt hauptſächlich das Bohren und Abdrehen des Kernrohrs und des Mantels bezw. der Ringe und der Schildzapfen ſowie das Ausbohren der hinteren bogenförmigen Keillochfläche (bei ſchweren Rohren mit Keilverſchluß) und das Hobeln der vorderen, oberen und unteren Keillochfläche, der vierkantigen Schildzapfenſcheiben und des zwiſchen ihnen liegenden Rohrteils, ferner der zur Verbindung des Rohrs mit der Wiege oder Oberlafette, der Flüſſigkeitsbremſe, der Richtmaſchine, dem Rohrhalter u. ſ. w. dienenden Klauen, Leiſten, Anſätze u. a. m. und der ſonſtigen ebenen Abflachungen des Rohrkörpers. Dieſe Arbeiten werden mit Drehbänken, Bohr- und Hobelmaſchinen von entſprechender Größe, Stärke und Anordnung in der gewöhnlichen Weiſe ausgeführt. Bei den (in eiſernen Formen gegoſſenen) Hartbronzerohren (von rund 8% Zinngehalt) trat noch das Verdichten der inneren Wandſchichten durch Aufweiten der Rohrſeele mittels hindurchgepreßter Stahlkolben hinzu. Zum Einſchneiden der Züge in die Seelenwandungen dienen Ziehmaſchinen, deren mit Meſſern verſehener Ziehkopf nicht nur eine geradlinige Bewegung, ſondern gleichzeitig auch eine der Windung der Züge entſprechende Drehung dadurch erhält, daß er von einem längs des zu ziehenden Rohrs angeordneten Drallineal zwangläufig geführt wird; für zunehmenden Drall bildet dieſe Führung eine paraboliſche oder kreisbogenförmige Kurve, für gleichförmigen Drall eine geradlinige Schrägung.

Die Anbringung der Bezeichnungen (Fabrikant, Fertigungsjahr, Gewicht, Rohr- und Gußnummer u. ſ. w.) ſowie der Inſchriften, Verzierungen und Hoheitszeichen bleibt größtenteils der Handarbeit überlaſſen.

Literatur: [1] Annual accounts of the ordnance factories for the year 1895—96, London 1897. — [2] Rivista di artiglieria e genio 1897, Bd. 4, S. 153. — [3] Lord Braſſeys Naval Annual 1897. — [4] Scientific American vom 7. Mai 1904. — [5] Journal of the United States Artillery, Mai-Juni-Heft 1904, S. 343. — [6] Mitteilungen über Gegenſtände des Artillerie- und Genieweſens, 1904, S. 1052. — [7] Revue d'artillerie 1902, Bd. 59, S. 253. — [8] Mitteilungen über Gegenſtände des Artillerie- und Genieweſens, 1903, S. 624. — Ferner die Literatur unter Geſchütze und The Engineer vom 7. Januar bis 6. Mai 1898.

R. Wille.

Geſchützgießerei. Die Herſtellung von Geſchützen durch Guß, früher ein wichtiger Zweig der Bronzegießerei, wird heute faſt gar nicht mehr ausgeübt.

Zwar werden die Stahlblöcke, aus welchen heute durch Schmieden unter dem Dampfhammer oder der Schmiedepreſſe die Geſchützrohre hergeſtellt werden, auch gegoſſen. Aber die Geſtalt der Blöcke läßt keinen Schluß auf die Endform zu, während bei der Geſchützgießerei das Rohr ſofort in vollendeter Geſtalt entſteht und nur des Ausbohrens, Ziehens und der Verſchönerungsarbeiten bedarf. — Das Gießen der Bronzegeſchütze unterſcheidet ſich von ähnlichen Arbeiten nur dadurch, daß bei der Wahl des Materials, der Herſtellung der Form, dem Vergießen und Erkalten mit peinlichſter Sorgfalt alles beachtet wird, was zur Erhöhung der Feſtigkeit und Zähigkeit, der Dichte und Gleichmäßigkeit des Materials beiträgt. *Lüdicke.*

Geſchützmetall (Geſchützbronze), ſ. Bronze.

Geſchützpforte, Oeffnung in der Bordwand des Schiffes, durch die ein Geſchützrohr ausgerannt werden kann.

Die Geſchützpforte iſt Anfang 1500 von Decharge vorgeſchlagen und hat zur Breitſeitaufſtellung der Geſchütze ſowie zur Entwicklung der Segellinienſchiffe geführt. Auf den modernen Linienſchiffen finden ſich Geſchützpforten in den gepanzerten Kaſematten für die Aufſtellung der Mittelartillerie ſowie im Bug und Heck für das Feuern der leichten Geſchütze (ſ. Kriegsſchiffstypen, Geſchützarmierung). *T. Schwarz.*

Geſchützpulver, ſ. Geſchoßtreibmittel.

Geſchützrohr, ſ. Geſchützfabrikation, Schiffsgeſchütze.

Geſchützſchwenkwerk, ſ. Lafettierung.

Geſchützturm auf Kriegsſchiffen iſt ein Panzerturm, in dem ein oder zwei ſchwere Geſchütze aufgeſtellt ſind. Umgibt die Panzerwand nur die Lafette des Geſchützes und feuert das letztere über den Panzer hinweg, ſo heißt der Geſchützturm Barbetteturm (in der franzöſiſchen Marine lange Zeit vorherrſchend). Iſt das Geſchützrohr gleichfalls durch Panzer geſchützt und feuert daſſelbe dann durch eine Scharte, ſo nennt man den Geſchützturm Drehturm.

Ericſon wandte zuerſt Panzerdrehtürme auf ſeinen Monitors an, der Turm wurde durch eine Spindel getragen und um dieſelbe gedreht. Der Panzerturm von Coles lief auf Rollen, die an ſeinem Umfang gelagert ſind. Nachdem man die Geſchütze in den Barbetteürmen allmählich mit Schutzkuppeln verſehen hatte, iſt man neuerdings wieder zu den Drehtürmen zurückgekehrt und wird der Unterbau durch einen beſonderen gepanzerten Barbetteturm geſchützt (ſ. Lafettierung). *T. Schwarz.*

Geſchur, ſ. Gekrätz.

Geſchwindigkeit, im allgemeinen das Verhältnis der Aenderung einer Größe zu der zur Aenderung nötigen Zeit. Sie kann konſtant oder veränderlich

ſein. Im letzteren Falle nimmt man den Grenzwert jenes Verhältniſſes für ein verſchwindendes Zeitelement. **Geſchwindigkeit eines bewegten Punktes** iſt der Grenzwert des Verhältniſſes einer kleinen Verſchiebung desſelben zur dazu nötigen Zeit.

Sie iſt wie jene Verſchiebung eine gerichtete (geometriſche) Größe. Die **Richtung der Geſchwindigkeit** fällt mit jener der Tangente an die Bahnkurve zuſammen. Bei **gleichförmiger Geſchwindigkeit** wird in gleichen Zeiten der gleiche Weg zurückgelegt. **Mittlere Geſchwindigkeit** iſt der Quotient aus einem zurückgelegten endlichen Weg in die dabei verfloſſene Zeit. Iſt s der zurückgelegte Weg, t die verfloſſene Zeit, v die Größe der Geſchwindigkeit zur Zeit t, v_0 die Anfangsgeſchwindigkeit zur Zeit $t=0$ und v_m die mittlere Geſchwindigkeit, ſo gilt:

$$v=\frac{ds}{dt},\quad s=\int_0^t v\,dt,\quad t=\int_0^s \frac{ds}{v},\quad v_m=\frac{s}{t}=\frac{\int_0^t v\,dt}{t}=s:\int_0^s \frac{ds}{v}.$$

Vgl. **Winkelgeſchwindigkeit, Koordinatengeſchwindigkeit** und **Abſziffengeſchwindigkeit**.

Finſterwalder.

Geſchwindigkeit der Waſſerbewegung in Kanälen, Gräben, Drainagen u. ſ. w. richtet ſich nach dem Zweck dieſer Leitungsanlagen. Handelt es ſich lediglich um die Ableitung einer beſtimmten Waſſermenge, ſo wird man, um Koſten zu erſparen, der Bemeſſung von Gefälle und Abflußquerſchnitt in der Regel möglichſt große Geſchwindigkeiten zugrunde legen. Dabei iſt jedoch zu beachten, daß ein gewiſſes Geſchwindigkeitsmaß nicht überſchritten werden darf, wenn die Gefahr der Beſchädigung oder Zerſtörung der Leitungsanlagen durch den Angriff des fließenden Waſſers vermieden werden ſoll.

Erdart	Geſchwindigkeit an der Sohle m	Geſchwindigkeit mittlere m
Lockere Erde	0,076	0,100
Fetter Ton	0,152	0,200
Sand	0,305	0,400
Kies	0,609	0,800
Kieſelſteine	0,914	1,200
Eckige Steine	1,220	1,700
Schiefer und Konglomerate	1,520	2,000
Geſchichteter Fels	1,830	2,800
Harter Fels	3,050	4,000

Die zuläſſige Waſſergeſchwindigkeit richtet ſich nach der Feſtigkeit des die Grabenſohle bildenden Bodens und deſſen Widerſtandsfähigkeit gegen den Waſſerangriff. **Dünkelberg** (Encyklopädie und Methodologie der Kulturtechnik, Braunſchweig 1883, Bd. 1, S. 361) gibt die zuläſſigen Höchſtgeſchwindigkeiten nach **Du Buat, Morin** und **Kutter** wie in nebenſtehender Tabelle an.

Iſt es bei Anlage von Kanälen und Gräben nicht möglich oder nicht zweckmäßig, die obigen Geſchwindigkeitsgrenzen einzuhalten, ſo muß durch entſprechende Befeſtigungsanlagen (Faſchinate, Pflaſterungen u. ſ. w.) die Widerſtandskraft des Bodens erhöht werden. Wo dagegen verlangt iſt, daß Sinkſtoffe, Geſchiebe u. dergl. in den Kanälen, Gräben oder Rohrleitungen abgeſchwemmt und Ablagerungen dieſer Stoffe vermieden werden, ſtellen die obigen Zahlen die untere Grenze der zu wählenden Geſchwindigkeiten dar. Es empfiehlt ſich, hinter dieſer Grenze zurückzubleiben, um den Zweck mit Sicherheit zu erreichen.

In Bewäſſerungskanälen, die ſchlickreiches Fluß- oder Bergwaſſer zu führen haben, ſoll die Geſchwindigkeit an der Sohle mindeſtens 0,35 m (entſprechend einer mittleren Geſchwindigkeit von 0,45 m) betragen. Für Drainröhren verlangte **Vincent** (Die Drainage, deren Theorie und Praxis, 6. Aufl., Leipzig 1882) eine mittlere Geſchwindigkeit von mindeſtens 0,15 m, während **Dünkelberg** (a. a. O., Bd. 2, S. 213) dieſe auf 0,225 m erhöht wiſſen will. Städtiſche Entwäſſerungskanäle mit glatten Wandungen (z. B. Steinzeugkanäle) erfordern zur Reinhaltung mindeſtens 0,75 m mittlere Geſchwindigkeit. Von beſonderer Wichtigkeit iſt die Wahl der richtigen Waſſergeſchwindigkeit auch für Anlagen zur **Kolmation** (ſ. d.).

Dreck.

Geſchwindigkeit von Schiffen, ſ. **Probefahrt.**

Geſchwindigkeitsanzeiger, ſ. **Geſchwindigkeitsmeſſer.**

Geſchwindigkeitsberechnung von Schiffen, ſ. **Schiffswiderſtand.**

Geſchwindigkeitsbremſen für Hebezeuge, ſ. **Bremſen,** Bd. 2, S. 258, **Handaufzüge, Unfallverhütung, Winde.**

Geſchwindigkeitsdiagramme. Die graphiſche Darſtellung der Beziehung, die bei der Bewegung eines Punktes zwiſchen ſeiner Geſchwindigkeit und der Zeit ſeiner Bewegung oder zwiſchen ſeiner Geſchwindigkeit und dem durchlaufenen Weg beſteht, wird ein **Geſchwindigkeitsdiagramm** genannt.

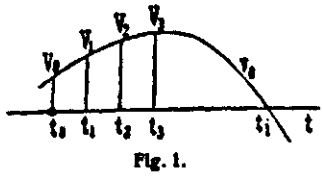


Fig. 1.

Wird in Fig. 1 die Zeit als Abſziſſe von einem Anfangspunkt t_0 auf eine Gerade $t_0 t$, die Zeitachſe heißt, aufgetragen, repräſentieren die gleichen Strecken $t_0 t_1$, $t_1 t_2$, $t_2 t_3$ ... Zeiteinheiten, z. B. Sekunden, und ſtellen die rechtwinkligen Ordinaten $t_0 V_0$, $t_1 V_1$, $t_2 V_2$, $t_3 V_3$ ... die Geſchwindigkeiten dar, die ein bewegter Punkt bezw. nach Ablauf von 0, 1, 2, 3 ... Zeiteinheiten beſitzt, dann heißt die durch die Punkte V_0, V_1, V_2, V_3 ... beſtimmte Kurve v_0 das **orthogonale**

zeitliche Geſchwindigkeitsdiagramm des bewegten Punktes, welches auch Geſchwindigkeitskurve (ſ. Geradlinige Bewegung) genannt wird. Bewegt ſich der Punkt von einer beſtimmten Zeit t_i an entgegengeſetzt, dann ſind die Geſchwindigkeiten von dieſer Zeit an in entgegengeſetztem Sinn anzutragen.

Werden die Zeiteinheiten, z. B. Sekunden, in Fig. 2 durch die gleichen Winkel $t^0\,\Omega\,t_1$, $t_1\,\Omega\,t_2$, $t_2\,\Omega\,t_3$ ... repräſentiert und die entſprechenden Geſchwindigkeiten, die ein bewegter Punkt nach Ablauf von 0, 1, 2, 3 ... Zeiteinheiten beſitzt, als Fahrſtrahlen ΩV_0, ΩV_1, ΩV_2, ΩV_3 ... aufgetragen, dann heißt die durch die Punkte V_0, V_1, V_2, V_3 ... beſtimmte Kurve V_p das polare zeitliche Geſchwindigkeitsdiagramm des bewegten Punktes.

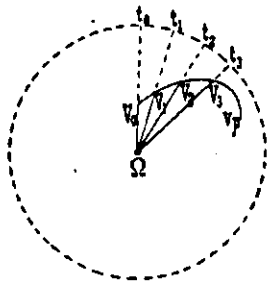


Fig. 2.

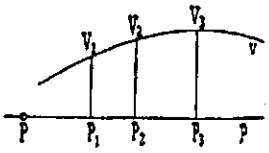


Fig. 3.

Nehmen wir an, ein Punkt P bewegt ſich in Fig. 3 auf einer Geraden p, und tragen wir die Geſchwindigkeiten, die der Punkt P an den Stellen P_1, P_2, P_3 ... beſitzt, als rechtwinklige Ordinaten P_1V_1, P_2V_2, P_3V_3 ... auf, dann heißt die durch die Punkte V_1, V_2, V_3 ... beſtimmte Kurve v das örtliche Geſchwindigkeitsdiagramm des bewegten Punktes P. Nimmt dieſer Punkt eine entgegengeſetzte Bewegung an, dann ſind auch die Geſchwindigkeiten als Ordinaten im entgegengeſetzten Sinn anzutragen. Bewegt ſich in Fig. 4 ein Punkt P auf einem Kreiſe p und werden die Geſchwindigkeiten, die der Punkt P an den Stellen P_1, P_2, P_3 ... beſitzt, als Strecken P_1V_1, P_2V_2, P_3V_3 ... von dem Kreiſe p angetragen, z. B. nach außen, wenn der Punkt P ſich im Sinne PP_1 nach innen, wenn derſelbe ſich entgegengeſetzt bewegt, dann erhalten wir durch die Punkte V_1, V_2, V_3 ... ein örtliches Geſchwindigkeitsdiagramm v für den kreisförmig bewegten Punkt P. *Burmeſter.*

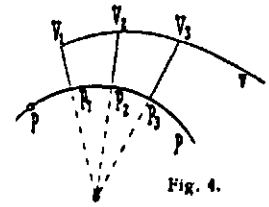


Fig. 4.

Geſchwindigkeitshöhe iſt jenes Höhenmaß h, um das ein Körper frie fallen muß, damit er durch die Beſchleunigung der Schwere g die Geſchwindigkeit v erreicht. Es beſteht alſo (ſ. Schwere) die Beziehung $h = v^2 : 2\,g$; h iſt auch gleichbedeutend mit Fallhöhe oder Druckhöhe (ſ. d.). *Finſterwalder.*

Geſchwindigkeitskomponenten. Ein bewegter Punkt befinde ſich zur Zeit t in M (Fig. 1), zur Zeit $t + dt$ in M', er hat in dem Zeitelement dt die Verſchiebung MM' erfahren und ſeine Geſchwindigkeit iſt die gerichtete (geometriſche) Größe, die aus der Verſchiebung MM' durch Diviſion mit dt hervorgeht. Die Verſchiebung MM' kann man ſich in Teilverſchiebungen (Komponenten) MM_1 und M_1M' (oder auch MM_2 und M_2M', wo $MM_2 = M_1M'$ und $MM_1 = M_2M'$ iſt) zerlegt denken, deren geometriſche Summe die urſprüngliche Verſchiebung iſt. Werden dieſe Teilverſchiebungen durch das Zeitelement dt dividiert, ſo entſtehen neue gerichtete Größen: die Komponenten der Geſchwindigkeit.

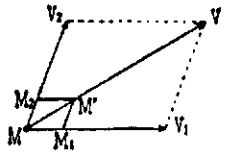


Fig. 1.

Trägt man von M aus die Geſchwindigkeit und ihre Komponenten als gerichtete Größen auf, ſo entſteht eine Figur MV_1VV_2, die der unendlich kleinen Figur $MM_1M'M_2$ ähnlich iſt und das Parallelogramm der Geſchwindigkeiten heißt. Nach derſelben iſt die Geſchwindigkeit gleich der Diagonale des Parallelogramms, deſſen Seiten die Geſchwindigkeitskomponenten ſind. Wird die urſprüngliche Verſchiebung in mehr als zwei Teilverſchiebungen zerlegt, ſo entſtehen bei Diviſion derſelben ebenſo viele Geſchwindigkeitskomponenten, aus denen ſich die Geſchwindigkeit als geometriſche Summe mittels des Polygons der Geſchwindigkeiten zuſammenſetzt. Die Zerlegung einer Geſchwindigkeit in zwei Komponenten mit vorgegebener Richtung iſt möglich und beſtimmt, wenn die gegebenen Richtungen mit jener der Geſchwindigkeit in einer Ebene liegen. Eine Zerlegung nach drei vorgegebenen Richtungen iſt immer möglich und beſtimmt, wenn die Richtungen nicht in einer Ebene liegen. Der rein formalen Zerlegung der Geſchwindigkeit in zwei Komponenten kann man einen realen Sinn unterlegen, wenn man ſich vorſtellt, daß ſich der Punkt relativ zu einem Koordinatenſyſtem mit der einen Komponente als Geſchwindigkeit bewegt, während das Koordinatenſyſtem eine Translation mit der Geſchwindigkeit der andern Komponente erfährt (ſ. Bewegung, relative).

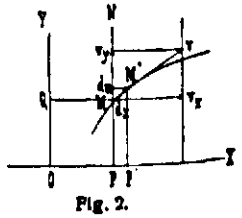


Fig. 2.

Die Zerlegung der Geſchwindigkeit erfolgt meiſtens in Richtung der Koordinatenlinien, wie aus folgenden Beiſpielen erſichtlich iſt: Spezielle Fälle: 1. Ein Punkt beſchreibe eine ebene Kurve und es werde dieſelbe auf ein rechtwinkliges Koordinatenſyſtem der x, y bezogen (Fig. 2). Man hat $v_x = \frac{dx}{dt}$, $v_y = \frac{dy}{dt}$, $v^2 = v_x^2 + v_y^2$. Zugleich ſind v_x, v_y die Geſchwindigkeiten der Bewegung der Projektionspunkte P, Q von M auf die Koordinatenachſen und es ſtellt $v_y : v_x$ die

Tangente der Neigung von v gegen die x-Achſe dar. Sind die Koordinaten x, y als Funktionen der Zeit t gegeben, ſo erhält man durch deren Differentation die Komponenten der Geſchwindigkeit. – Aehnlich erhält man für dreiachſige Koordinatenſyſteme: $v_x = \frac{dx}{dt}$, $v_y = \frac{dy}{dt}$, $v_z = \frac{dz}{dt}$; $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$; $\frac{\cos\alpha}{v_x} = \frac{\cos\beta}{v_y} = \frac{\cos\gamma}{v_z} = \frac{1}{v}$, wenn α, β, γ die Richtungswinkel der Geſchwindigkeit oder Bahntangente ſind.

2. In einem ebenen Polarkoordinatenſyſtem der $r\,\vartheta$ (Fig. 3) ſind dr und $r\,d\vartheta$ die Bogenelemente der Koordinatenlinien und daher die Komponenten der Geſchwindigkeit $v_r = \frac{dr}{dt}$, $v_v = r\frac{d\vartheta}{dt}$. Es iſt ferner: $v^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2$.

3. Für das räumliche Polarkoordinatenſyſtem der r, ϑ, φ (Fig. 4), nämlich des Radiusvektors $OM = r$, des Winkels ϑ, den dieſer mit der Polarachſe OX, und des Winkels φ, den die Ebene des Winkels ϑ mit der Fundamentalebene XOY bildet, ſind die Bogenelemente der Koordinatenlinien dr, $r\,d\vartheta$, $r\sin\vartheta\,d\varphi$ und die drei entſprechenden Komponenten der Geſchwindigkeit $v_r = \frac{dr}{dt}$, $v_\vartheta = r\frac{d\vartheta}{dt}$, $v_\varphi = r\sin\vartheta\frac{d\varphi}{dt}$. Sie ſind alle drei zueinander ſenkrecht und es liefern v_ϑ und v_φ die Geſchwindigkeit der ſphäriſchen Bewegung, deren Quadrat $r^2\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2 + r^2\sin^2\vartheta\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2$ mit v_r^2 zuſammen $v^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2 + r^2\sin^2\vartheta\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2$, das Quadrat der Geſchwindigkeit der räumlichen Bewegung ausmacht.

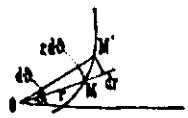


Fig. 3.

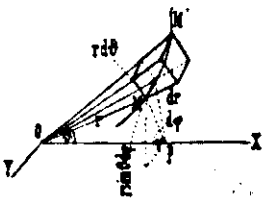


Fig. 4.

Literatur: Schell, Theorie der Bewegungen und der Kräfte, Leipzig 1879, Bd. 1, S. 199 bis 204.

Finſterwalder.

Geſchwindigkeitskurve (Geſchwindigkeitsdiagramm), ſ. Geradlinige Bewegung und Hodograph.

Geſchwindigkeitsmeſſer (Tachometer), Inſtrumente und Apparate zur Meſſung der Geſchwindigkeit bewegter Körper. Entſprechend den drei verſchiedenen Aggregatzuſtänden unterſcheidet man Geſchwindigkeitsmeſſer für feſte, flüſſige und gasförmige Körper bezw. Luft und bei der erſten Klaſſe ſolche für fortſchreitende und drehende Bewegung.

A. Geſchwindigkeitsmeſſer für feſte Körper.

1. Hierher gehören die Inſtrumente zum Meſſen der fortſchreitenden Bewegung, z. B. der Geſchwindigkeit von Fahrzeugen (Lokomotiven, Straßenbahnen, Automobilen, Fahrrädern, Dampf- und Segelſchiffen) und der Fluggeſchwindigkeit von Geſchoſſen.

Zu den erſteren Apparaten gehören die Geſchwindigkeitsmeſſer von Haußhälter [1]; ferner der Apparat von Schmaßmann & Co., Zürich [2], welcher ſowohl für Lokomotiven als auch für Straßenfahrzeuge dient. — Vgl. Fahrgeſchwindigkeit, Bd. 3, S. 578.

Von einem möglichſt vollkommenen Geſchwindigkeitsmeſſer verlangt man: 1. daß er der Geſchwindigkeit des Fahrzeuges zwangläufig folgt; 2. daß er kontinuierlich anzeigt und nicht nur periodiſch (Haußhälters Apparat nur alle 6 Sekunden); 3. daß der Zeiger nicht ſprungweiſe geht, ſondern nach Art der Manometerzeiger gleichmäßig auf und ab ſteigt; 4. daß der Apparat den zurückgelegten Weg und die erreichte Geſchwindigkeit zeichneriſch darſtellt, und 5. daß derſelbe gegen mechaniſche Erſchütterungen und Stöße unempfindlich iſt. Dieſen Anforderungen entſpricht der Schmaßmannſche Geſchwindigkeitsmeſſer, wie durch ausgedehnte Verſuche erwieſen (Fig. 1 und 2). Er beruht auf dem Prinzip der Vergleichung einer unbeſtimmten mit einer beſtimmten Geſchwindigkeit. Diejenige Welle, deren Geſchwindigkeit gemeſſen werden ſoll, trägt am Ende eine kurze mehrgängige Schraube, welche ein Schneckenrad betätigt. Das letztere iſt mit einem

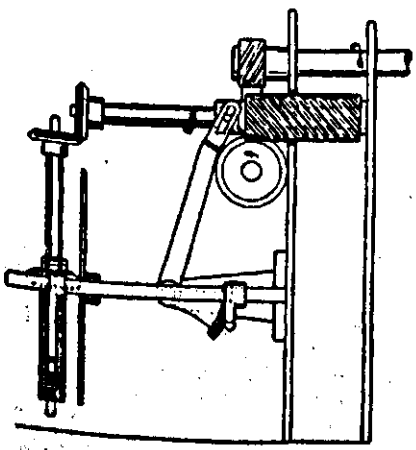


Fig. 1.

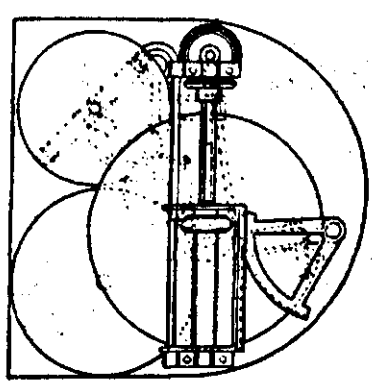


Fig. 2.

zweiten Schneckenrad verbunden, das mit der langen Schnecke in Eingriff ſteht. Die erſtere Schnecke kann ſich auf der Welle, durch Nut und Keil gehalten, axial verſchieben; die Welle trägt am oberen Ende ein Kegelgetriebe und treibt mit dieſem eine zweite horizontale Welle an, welche zentral über einer Scheibe gelagert iſt. Auf dieſer zweiten Welle iſt eine kleine Rolle durch Nut und Keil verſchiebbar angeordnet, welche auf der Scheibe mit leichtem Druck aufruht. Mit der kleinen Rolle führt gleichzeitig ein beweglicher Rahmen alle Längsbewegungen aus. Dieſer Rahmen trägt eine Zahnſtange, die in ein Radſegment eingreift. Auf der ſtehenden Welle des letzteren ſitzt ein Kegelradſegment, das ein zweites Kegelradſegment betätigt und hierdurch einen mit dem letzteren Kegelradſegment feſt verbundenen Hebel verſchieben kann, der mit der großen Schnecke verbunden iſt, ſo daß die Schubbewegung dieſer Schnecke auf die kleine Rolle übertragen, während durch eine beſondere Federeinrichtung die Schnecke und mit ihr der Mechanismus ſtets in die Nullſtellung zurückgeführt wird. Die Scheibe, auf welcher die kleine Welle ſich bewegt, wird durch ein Uhrwerk in Umdrehung verſetzt, indem eine Federtrommel durch Zwiſchenrad und Antrieb mit der Scheibe in Verbindung ſteht. Die beiden voneinander getrennten Hauptbewegungen ſind nun die Uhrbewegung und die durch die Drehung der auf ihre Geſchwindigkeit zu unterſuchenden Welle hervorgerufene Bewegung. Durch letztere wird mit Hilfe des beſchriebenen Mechanismus die kleine Rolle auf der drehenden Scheibe aus der Mittelpunktslage verſchoben, wobei die Rolle in um ſo raſchere Umdrehung gerät, je mehr ſie ſich dem äußeren Umfange der Scheibe nähert. Die kleine Rolle wirkt aber auch in hemmendem Sinne auf die Schnecke ein und zwingt dieſelbe, ſich am Schneckenrad hinunter und gegen ihre Nullenſtellung hinzuſchrauben, welche mit der Zentralſtellung der Rolle auf der Scheibe zuſammenfällt. Dreht ſich alſo die zu unterſuchende Welle, ſo ſteigt die Schnecke ſo lange, bis die kleine Rolle auf der großen Scheibe jenen Kreis gefunden hat, welcher gerade die Umdrehungen der großen Schnecke konform mit derjenigen der zu unterſuchenden Welle macht. Jede Geſchwindigkeitsſteigerung der zu unterſuchenden Welle bewirkt alſo eine Verſchiebung gegen den Umfang der Scheibe hin und damit eine Erhöhung der Umdrehungszahl und umgekehrt. Zur Regiſtrierung dient ein mit dem ſchrägen Hebel am Ende der großen Schnecke verbundener Stift, welcher auf einem 5 cm breiten Papierſtreifen, der mit Längslinien entſprechend einer beſtimmten Kilometerzahl verſehen iſt, die Geſchwindigkeitskurve niederſchreibt, wobei der Papierſtreifen in bekannter Weiſe durch ein beſonderes Uhrwerk oder von der zu unterſuchenden Welle aus bewegt wird.

Zur Meſſung der Geſchwindigkeit von Geſchoſſen dienen Meßinſtrumente, die häufig aus Chronometern beſtehen, die beim Abgang des Schuſſes in Gang geſetzt und beim Aufſchlag des Geſchoſſes oder beim Durchſchlag durch eine Scheibe angehalten werden. Der Unterſchied der Ableſungen ergibt ſodann die Geſchoßflugzeit. Die Einteilungen ſolcher Chronometer laſſen Ableſungen bis 0,01 Sekunde zu. Solche Apparate ſind konſtruiert von Löbner und Marenzeller [3]. Die größte noch mögliche Zeitmeſſung beträgt nach dieſen Chronometern 30—40 Minuten. — Vgl. Chronoſkop, Bd. 2, S. 465.

Zu genaueren Beobachtungen, auf welche balliſtiſche Rechnungen aufgebaut werden ſollen, wird die Klepſydra von Le Boulengé benutzt. Dieſelbe beruht auf dem Prinzip, die Meſſungen des in Frage kommenden Zeitabſchnittes durch Wägung der innerhalb dieſes Zeitraumes aus einem Gefäß ausgelaufenen Queckſilbermenge zu beſtimmen.

Ein weiteres Prinzip zu Geſchoßgeſchwindigkeitsmeſſungen beſteht in der Anwendung elektromagnetiſcher Fallapparate. Hierbei wird die Geſchwindigkeit in einem Punkte der Flugbahn dadurch beſtimmt, daß man jene Zeit mißt, die das Geſchoß zum Durcheilen einer zu dieſem Punkte ſymmetriſch liegenden Strecke erfordert. Die Länge dieſer Strecke muß derartig gewählt werden, daß einerſeits eine genaue Zeitbeſtimmung möglich iſt und anderſeits die Geſchoßbewegung dieſer Strecke als eine gleichförmige betrachtet werden kann. Zu Anfang und zu Ende der Strecke werden Drahtnetzrahmen aufgeſtellt, durch die elektriſche Ströme geleitet werden. Die Ströme ſind derart angeordnet, daß ſie nacheinander durch das abgefeuerte Geſchoß ſelbſt unterbrochen werden. Die Entfernung beider Rahmen muß genau gemeſſen werden. Die Ströme betätigen Elektromagneten, deren einer einen langen, deren andrer einen kurzen Stab freihängend trägt. Ein weiterer Beſtandteil des Inſtrumentes iſt endlich ein Schnapper, der aus einem Meißel und einer mit ihm in Verbindung ſtehenden Feder beſteht. Die letztere kann durch die Naſe eines doppelarmigen Hebels in geſpanntem Zuſtand erhalten bleiben. Die Wirkungsweiſe dieſes Fallapparates iſt nun folgende: Sobald das Geſchoß den erſten Stromkreis unterbricht, fällt der lange Stab lotrecht herab. Wird dann der zweite Strom durch das abgefeuerte Geſchoß unterbrochen, ſo fällt auch der kleine Stab. Letzterer trifft das eine Ende des Hebels, wodurch deſſen Verbindung mit der geſpannten Feder gelöſt wird. Der an letzterer befindliche Meißel ſchlägt in den fallenden langen Stab eine Kerbe. Die Entfernung der Kerbe vom Nullpunkte bildet die Fallhöhe. Unter Nullpunkt verſteht man jenen Punkt des langen Stabes, der als Kerbe erhalten würde, wenn man den Schnapper bei ruhig hängendem Stabe wirken ließe.

II. Zum Meſſen der Geſchwindigkeit von drehenden Bewegungen dienen ganz allgemein die Tachometer, Umdrehungsgeſchwindigkeitsmeſſer, Tourenzähler mit Regiſtrierapparaten u. ſ. w. Für die umdrehende Bewegung gilt als Maß die Anzahl der Touren in der Minute, und dieſe Anzahl kann entweder an einem Zeigerwerk abgeleſen werden oder fortlaufend regiſtriert werden. Im erſten Falle beſitzt das Tachometer ein entſprechend der Geſchwindigkeit zum Ausſchlage gebrachtes Zeigerwerk, das auf einer Scheibe die Geſchwindigkeit anzeigt. Im letzteren Falle ſind die Apparate mit einem Zählwerk verſehen und meiſtens auch mit einer ſelbſttätigen Regiſtriervorrichtung. Hierher gehören zunächſt die einfachen Zeigerapparate mit Zählwerk zum Meſſen der Schnittgeſchwindigkeit von Werkzeugſtählen, Bohrern u. ſ. w. Eine Ausführung dieſer Art iſt Reuthers Geſchwindigkeitsmeſſer mit

einſtellbarem Zeigerblatt (Fig. 3). Bei demſelben wird die lineare Geſchwindigkeit der rotierenden Gegenſtände durch die an letzteren ſich abwickelnden Rollen vermittelſt eines dazwiſchenliegenden Ueberſetzungswerkes auf ein Zifferblatt übertragen, und zwar derart, daß dieſelbe direkt in einer beſtimmten Maßeinheit abgeleſen werden kann.

Einen magnetiſchen Geſchwindigkeitsmeſſer fertigen die Deutſchen Tachometerwerke, Berlin (D.R.P. Nr. 172657). Derſelbe eignet ſich zur Meſſung jeder Geſchwindigkeit, vom kleinſten bis zum höchſten Meßbereich, d. h. zur Meſſung der Tourenzahl von Maſchinen, der Geſchwindigkeit von Fahrzeugen (Automobilen, Lokomotiven, Straßenbahnen, Motorbooten) und Förderkörben, der Schnittgeſchwindigkeit von Werkzeugen u. ſ. w. Der Apparat wird als ſtationärer Apparat oder als Handapparat, zeigend und ſchreibend, ausgeführt. Das Prinzip des Syſtems iſt das eines Kurzſchlußankers in einem rotierenden Magnetfelde, deſſen Drehmoment proportional der Geſchwindigkeit des umlaufenden Feldes in bekannter Weiſe eine Feder tardiert. Das Magnetfeld wird durch einen permanenten Magneten 1 (Fig. 4) gebildet und durch einen Eiſenkern 2 geſchloſſen. Der Eiſenkern iſt konzentriſch zu den zylindriſch ausgebohrten Polen des Magneten ſo angeordnet, daß zwiſchen Magnet und Kern ein zylindriſcher Hohlraum bleibt. In dieſem Hohlraum ſchwingt der äußerſt leichte Anzeigekörper 3, deſſen Achſe 4 in Steinen 5

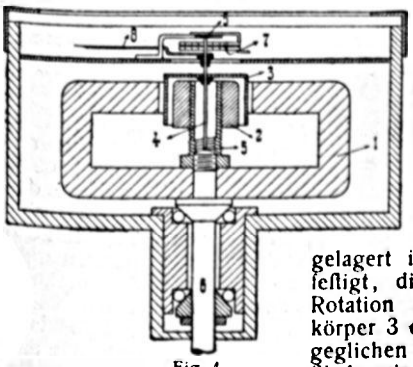


Fig. 4.

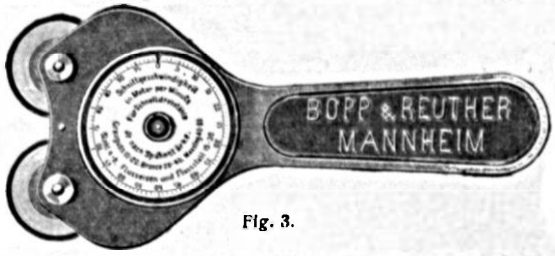


Fig. 3.

gelagert iſt. Magnet und Eiſenkern ſind auf einer Welle 6 befeſtigt, die proportional der zu meſſenden Geſchwindigkeit in Rotation verſetzt wird. Das durch Wirbelſtröme im Anzeigekörper 3 entwickelte Drehmoment wird durch eine Feder 7 ausgeglichen und mittels Zeigers 8 auf einer Skala angezeigt. Die Skala wird dem Verwendungszwecke des Apparates entſprechend für Touren pro Minute, Meter pro Minute, Kilometer pro Stunde u. ſ. w. geeicht. Die magnetiſche Anordnung des Syſtems iſt ähnlich der nach Deprez-D'Arſonval und weiſt der Apparat bezüglich der Empfindlichkeit, der Genauigkeit, der Aperiodizität, der Proportionalität der Skala alle Vorteile der elektriſchen Meßapparate auf, die nach dieſem Syſtem gebaut ſind. Die Skala beginnt mit Null, was für die Kontrolle des Apparates von Vorteil iſt, und umfaßt einen Winkel von 320°. Eine hervorragende Eigentümlichkeit der Konſtruktion iſt die durch den geringen Luftwiderſtand erzielte große Dichte des Magnetfeldes ſowie das außerordentlich geringe Gewicht des Anzeigekörpers. Dieſes geringe Gewicht verleiht dem Apparat eine vorzügliche Widerſtandsfähigkeit gegen ſtarke Stöße und Erſchütterungen.

Häufig finden zur Umdrehungsgeſchwindigkeitsmeſſung durch die Zentrifugalkraft bewegte Flüſſigkeiten in ſtehenden Röhren Anwendung, deren Ausſchlag (Hubhöhe) der Tourenzahl entſpricht. Hierher gehören die Flüſſigkeitstachometer mit einer oder mehreren Flüſſigkeiten [1].

Zur erſten Klaſſe gehören die Tachometer von Buß, von Dreyer, Roſenkranz & Droop, ferner der Geſchwindigkeitsmeſſer mit Schwungpendel von J. Aumund, Zürich.

Die Schwungpendeltachometer beſitzen einen Pendelmechanismus, der ſich nach der ihm von der kontrollierten Maſchine erteilten Geſchwindigkeit einſtellt. Die Schwankungen des Pendelausſchlages werden durch einen beſonderen Mechanismus auf einen Zeiger übertragen, der auf einer eingeteilten Skala die momentane Tourenzahl pro Minute, die Geſchwindigkeit, anzeigt. Dies Prinzip iſt einzig geeignet, die Schwankungen der kontrollierten Maſchinen pünktlich und genau anzuzeigen. Nun beſitzen aber die bisherigen Schwungpendeltachometer eine größere Anzahl Zapfen, Gelenke und feſte Lager, die für die Genauigkeit und Dauerhaftigkeit der Apparate ſehr nachteilig ſind, indem ſie erſtens eine ſorgfältige und gleichmäßige Schmierung verlangen und bei nicht genügender Sorgfalt und ungleichem Schmiermittel ein gleichmäßig genaues Anzeigen ausgeſchloſſen iſt; außerdem unterliegen die zahlreichen Gelenke und Zapfen infolge ihrer Reibung einer gewiſſen Abnutzung, die bei der Summierung derſelben durch den ganzen Mechanismus bald die Empfindlichkeit und Genauigkeit des Apparates beeinträchtigt. Ferner ſind die meiſten bisherigen Tachometer ſo gebaut, daß ſie eher einem ſchwierig zu behandelnden, empfindlichen Uhrwerk gleichen als einem Armaturſtück, wie es die üblichen Betriebsverhältniſſe verlangen. — Bei dem Aumundſchen Tachometer älteren Syſtems wurden dieſe Uebelſtände zu beſeitigen geſucht, was allerdings nur zum Teil erreicht worden iſt.

Das neue Aumundſche Tachometer iſt dagegen unter Berückſichtigung dieſer Mängel gänzlich neu aufgebaut und vermeidet ſie vollſtändig. Der Pendelmechanismus beſitzt keinerlei Zapfen, Scharniere oder Lager, ſondern der Pendelausſchlag wird durch reibungsloſe Zahnrollen auf das Zeigerwerk übertragen. In Fig. 5 iſt dieſe Konſtruktion in einer Ausführungsform dargeſtellt, bei der *a* die Antriebswelle iſt, die im Innern des Gehäuſes eine Scheibe *a'* trägt. An dieſer Scheibe ſind vier Zahnſtangen *b*, *b* . . . ſo angebracht, daß ſie mit der Verzahnung paarweiſe gegeneinander gekehrt ſind. In die Zahnſtangen greifen vier Zahnrädchen *c*, *c* . . . ein und zwiſchen dieſen, ebenfalls mit den Zahnrädern im Eingriff. befindet

ſich eine vierkantige, an allen vier Seiten mit Verzahnung verſehene Zahnſtange *d*. Ein Teil der Zahnrädchen *c, c* . . . oder alle tragen die die Zahnſtangen *b* mit gabelförmigen Armen umfaſſenden Schwungpendel *e, e*, die durch ihre durch die Rotation der Welle *a* verurſachte Schwungkraft die Räder zu drehen und dadurch die Zahnſtange *d* zu verſchieben ſuchen. An den Enden ſind die Zahnſtangen *b, b* . . . durch eine kreuzförmige Platte *f* miteinander verbunden, die eine Hülſe *g* trägt. Dieſe iſt bei *g'* mit Innengewinde verſehen, in welches das Stück *h* eingeſchraubt iſt. Gegen dieſes ſtützt ſich das eine Ende der Spannfeder *k*, die mit dem andern Ende gegen einen Abſatz der Zahnſtange *d* anliegt und ſomit durch ihre Spannung der durch die Schwungkraft bewirkten Verſchiebung von *d* das Gleichgewicht hält. Die Hülſe *g* iſt bei *g''* mit ringförmigen Nuten im Innern verſehen, ſo daß ſie im Längsſchnitt eine Zahnſtange darſtellt. In dieſe Hülſe ſind wiederum vier Zahnrädchen *i, i* . . . eingelegt, die mit der Verzahnung der Hülſe in Eingriff ſtehen und die zwiſchen ſich die hier mit Nuten verſehene zylindriſche Verlängerung der Stange *d*, die alſo hier in ihrem Längsſchnitt ebenfalls eine Zahnſtange darſtellt, führen. Die Zahnräder, von denen die zu je einer Gruppe gehörigen gleiche Zähnezahlen haben, ſind behufs genauer Führung gegeneinander mit kegelförmigen Anſätzen verſehen, die ſich je mit denen der danebenliegenden Räder berühren und ſomit wie Kegelräder zuſammenarbeiten; Fig. 6 zeigt dieſe Anordnung für die Rädergruppe *c, c* . . . und Fig. 7 diejenige der Rädergruppe *i, i* . . ., letztere im vergrößerten Maßſtabe.

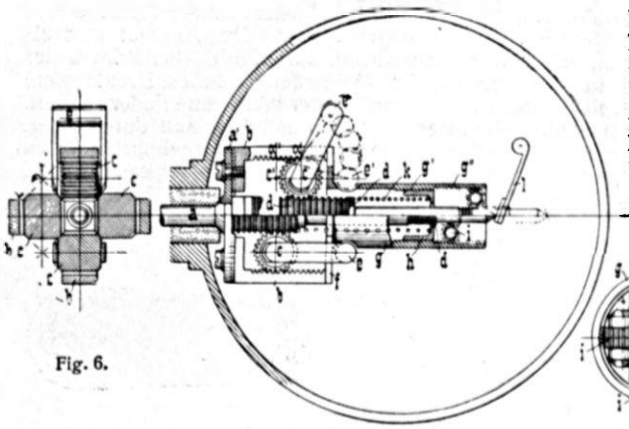


Fig. 6.

Fig. 5.

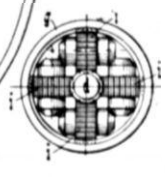


Fig. 7.

In Fig. 5 iſt die untere Hälfte im Ruhezuſtande, die obere dagegen im Zuſtande des ausgeſchlagenen Pendels in der Nähe ſeiner Grenzſtellung dargeſtellt. Während das Pendel den Weg von *e'* nach *e* durchläuft, rollt ſich das Rad *c* von *c'* aus an der Zahnſtange *b* ab und verſchiebt dabei die mit ihm in Eingriff befindliche Zahnſtange *d* um das Doppelte ſeines eignen Weges. Da alle Räder dieſer Gruppe gleiche Zähnezahlen haben und mit der Zahnſtange *d* in Eingriff ſind, ſo wandern bei der Pendelbewegung auch alle Räder um den gleichen Weg vor oder zurück, bleiben ſomit gegeneinander immer in der gleichen Lage und ſind immer durch ihre koniſchen Flächen geführt. Das gleiche gilt von den Rädern der Gruppe *i, i* . . ., die ebenfalls mit der Bewegung der Zahnſtange *d* eine Bewegung gleich der Hälfte des Weges von *d* machen, ſtets gegeneinander in der gleichen Lage verbleiben und durch ihre Kegelflächen einander führen. Die durch den Pendelausſchlag bewirkte Bewegung des Teiles *d* wird nun in geeigneter Weiſe (in der Zeichnung durch Hebel *l* angedeutet) auf den Zeigermechanismus übertragen.

Wie aus Fig. 5 (obere Hälfte) erſichtlich, verkürzt ſich beim Ausſchlagen des Pendels der wirkſame Pendelarm, der ſeinen Drehpunkt in der Teillinie der Zahnſtange *b* findet und der im Ruhezuſtand gleich *a' e'* und in der Nähe des äußerſten Ausſchlages gleich *a e* iſt. Es wird dadurch bei geringeren Geſchwindigkeiten eine verhältnismäßig größere Energie gegenüber den größeren Geſchwindigkeiten erreicht und die Spannung der Feder bei gleichen Geſchwindigkeitsdifferenzen in der Nähe ihrer Elaſtizitätsgrenze weniger beeinflußt. Dadurch wird die Feder geſchont und erreicht, daß die Skala in möglichſt weiten Grenzwerten gehalten ſein kann.

Auf dem Prinzip der Zentrifugalkraft beruht ferner der Glöcknerſche Geſchwindigkeitsmeſſer für Wellen und Radachſen. Derſelbe reiht ſich jener Gattung ein, bei welchen ein Zeiger (im weiteſten Sinne) durch den Umlauf der Welle oder Achſe vorbewegt, durch ein Uhrwerk aber in gleichmäßigen Zeitabſchnitten ausgelöſt und durch eine Gegenkraft in die Anfangsſtellung zurückgeſchnellt wird, ſo daß der Zeiger in gleichen Zeiten verſchiedene Wege — je nach der Umlaufsgeſchwindigkeit der Welle oder Achſe — zurücklegt und die vor der Auslöſung erreichte Höchſtſtellung des Zeigers der jeweils herrſchenden Geſchwindigkeit proportional iſt. — Die Ausführung eines derartigen Apparates zeichnet ſich dadurch aus, daß die Kupplung des Zeigers mit der Achſe, ſeine Vorbewegung und ſeine Auslöſung durch eine elektromagnetiſche Kupplung erfolgt, die durch eine vom Uhrwerk geſteuerte Kontaktvorrichtung in gleichen Zeitabſchnitten geſchloſſen und geöffnet wird. Der Umſtand, daß die elektromagnetiſche Kupplung in jedem Augenblick angriffsbereit — nicht wie eine mechaniſche Kupplung oder die ſonſt angewendeten Schraubengetriebe oder dergl. an gewiſſe gegenſeitige Stellungen der miteinander zu kuppelnden Organe gebunden — iſt, läßt hinſichtlich des Einſetzens der Zeigerbewegung die größte Genauigkeit erreichen. Das Ein- und Auskuppeln des Zeigers erfordert — im praktiſchen Sinne — ſo gut wie gar keine Zeit; am allerwenigſten liegt zwiſchen dem durch das Uhrwerk beſtimmten Zeitpunkt des Einkuppelns und dem wirklichen Beginn der Zeigerbewegung eine veränderliche Zeitſpanne, die bei andern Apparaten dadurch verurſacht wird, daß ſich das treibende Organ ſo lange im Leerlauf dreht, bis die zum Einkuppeln bezw zur Vorbewegung des Zeigers geeignete Stellung eingetreten iſt. Ein weiterer Vorteil beſteht

darin, daß die elektromagnetiſche Kupplung ohne weiteres in jedem Drehungsſinn wirken kann. Für die Tätigkeit des Apparates iſt alſo die jeweilige Umlaufsrichtung der Achſe oder Welle gleichgültig, und es bedarf keiner Umſchaltung. Soll nun auch der Zeiger, ungeachtet der jeweiligen Umlaufsrichtung der Welle, ſtets in derſelben Richtung ausſchlagen, ſo wird er durch ein Getriebe bewegt, das den Drehungswinkel der getriebenen Kupplungshälfte in jedem Falle für die Zeigerbewegung wirkſam werden läßt, den Unterſchied in der Umlaufsrichtung aber aufhebt.

In ſolcher Ausführung iſt der Glöckner'ſche Geſchwindigkeitsmeſſer durch Fig. 8 und 9 dargeſtellt. Fig. 8 iſt eine Vorderanſicht, Fig 9 ein ſenkrechter Längsſchnitt des Geſchwindigkeitsmeſſers. Mit der zu überwachenden Welle oder Achſe iſt die Antriebswelle 1 des Geſchwindigkeitsmeſſers verbunden, die innerhalb des Gehäuſes die Schnecke 2 trägt. Dieſe greift in ein mit der Achſe 3 und der treibenden Kupplungshälfte 4 feſt verbundenes Schneckenrad 5 ein. Die ſchalenförmig ausgedrehte Scheibe 4 ſtellt den Kern eines Elektromagneten dar, deſſen Bewicklung 6 mit leitenden Ringen 7 und 8 auf dem iſolierenden Mantel 9 der Scheibe 4 verbunden iſt. Die auf den Ringen 7 und 8 ſchleifenden Kontaktfedern 10 und 11 ſtehen über einer Stromquelle *S* (Fig. 9) mit den Kontaktfedern 12 und 13 in Verbindung. Dieſe ſchleifen auf dem Umfang einer vom (nicht gezeichneten) Uhrwerk gedrehten iſolierenden Trommel 14, in deren Umfläche das Kontaktblech 15 (bezw. eine auf den Umfang gleichmäßig verteilte Reihe ſolcher Kontaktbleche) eingelaſſen iſt. Die Breite des Kontaktbleches bezw. der dadurch gegebene Zentriwinkel beſtimmt die Dauer des Stromſchluſſes, alſo die Länge des Zeitabſchnittes zwiſchen Kupplung und Entkupplung. Vor der Scheibe 4 iſt um die Achſe 3 die ebenfalls ſcheibenförmige Kupplungshälfte 16 als Anker des von der Scheibe 4 gebildeten Elektromagneten frei drehbar. Sie wird mitgedreht, ſolange ſie vom Elektromagneten angezogen wird. Aus der Fläche der Scheibe 16 ſpringen zwei Stifte 17 und 18 vor, die ſich unter die Stifte 19 und 20 eines in ſenkrechter Richtung geradegeführten Rahmens 21 legen. Den Rahmen zieht die Schwerkraft oder eine Feder in die aus Fig 9 erſichtliche Stellung nieder, in der die Stifte 19 und 20 den Stiften 17 und 18 aufliegen. Wird die elektromagnetiſche Kupplung geſchloſſen, ſo hebt — je nach der Umlaufsrichtung der Achſe 3 — entweder der Stift 17 oder der Stift 18 mittels des Stiftes 19 bezw. des Stiftes 20 den Rahmen. Erfolgt die Entkupplung, ſo ſinkt der Rahmen und dreht das beim Heben wirkſam geweſene Stiftepaar (alſo 17 und 19 oder 18 und 20) die Scheibe 16 in die anfängliche Stellung zurück. Der Rahmen wird alſo — gleichviel bei welcher Umlaufsrichtung der Achſe 3 — ſtets um ein der Geſchwindigkeit der Achſe 3 entſprechendes Maß gehoben und nach der Löſung der Kupplung fallen gelaſſen.

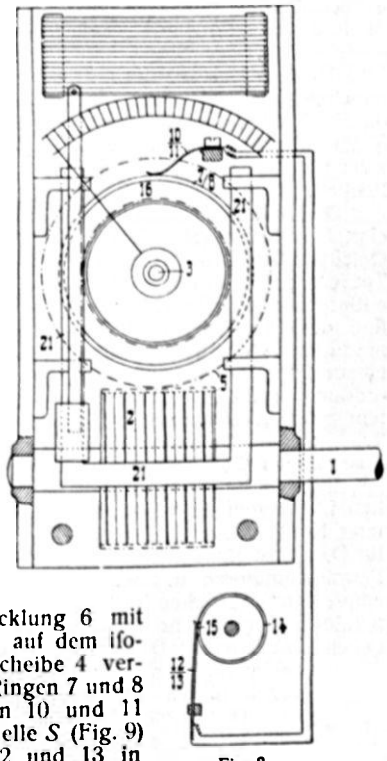


Fig. 8.

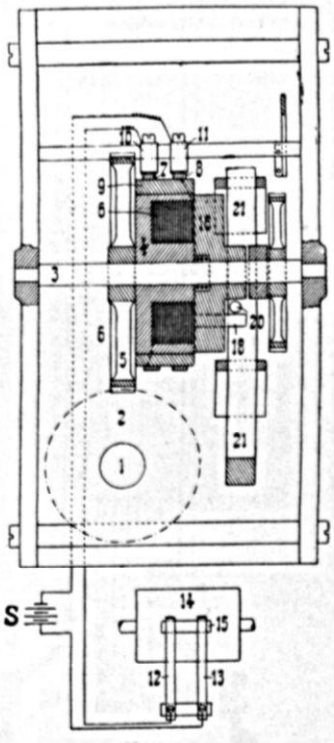


Fig. 9.

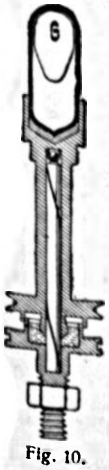


Fig. 10.

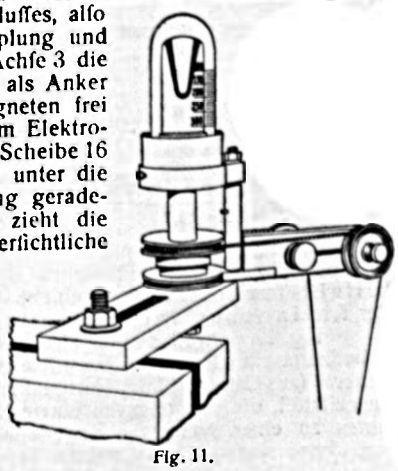


Fig. 11.

Ein Flüſſigkeitstachometer iſt das Gyrometer von Braun. Dasſelbe iſt an Maſchinen aller Art anwendbar gegenüber dem direkt wirkenden, das nur an Maſchinen mit ſchnell laufender ſenkrechter Welle angebracht werden kann. Die Konſtruktion geht aus Fig. 10, die einen Längsſchnitt des Inſtrumentes darſtellt, deutlich hervor, während die Art des Antriebes aus Fig. 11 erſichtlich iſt. Das Inſtrument beſteht im weſentlichen aus zwei Teilen: dem in eine Metallhülſe gefaßten Glaſe und dem zugleich als Befeſtigungsmittel dienenden Lager Die Wirkungsweiſe

iſt folgende: Im Zuſtande der Ruhe lagern ſich die beiden Körper, Glyzerin und Luft, die das Glas *G* enthält, nach ihrem ſpezifiſchen Gewicht übereinander; fängt aber das Glas an, ſich um ſeine ſenkrechte Achſe zu drehen, ſo entſteht ein Kampf zwiſchen der Zentrifugalkraft, die das Glyzerin in die Höhe treiben will, und der Schwerkraft, die es nach unten zu ziehen ſucht.

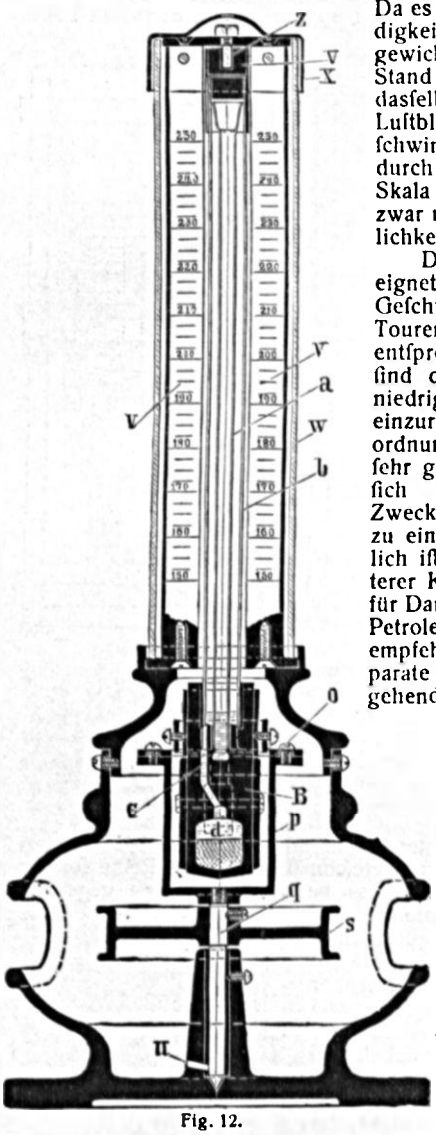


Fig. 12.

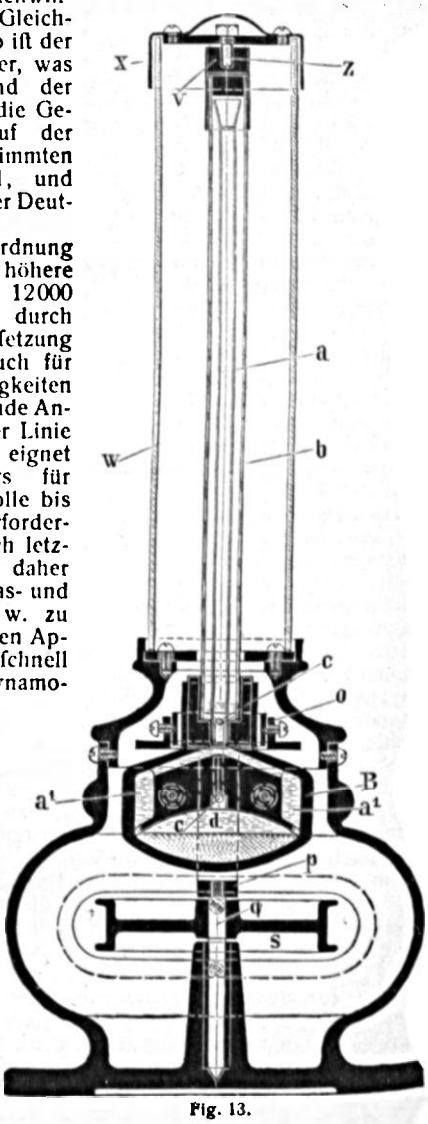


Fig. 13.

Da es nun für jede Geſchwindigkeit nur einen Gleichgewichtszuſtand gibt, ſo iſt der Stand des Glyzerins oder, was dasſelbe iſt, der Stand der Luftblaſe ein Maß für die Geſchwindigkeit, die auf der durch Verſuche beſtimmten Skala abgeleſen wird, und zwar mit überraſchender Deutlichkeit.

Die ſtehende Anordnung eignet ſich beſonders für höhere Geſchwindigkeiten bis 12000 Touren pro Minute; durch entſprechende Ueberſetzung ſind dieſelben aber auch für niedrigere Geſchwindigkeiten einzurichten. Die liegende Anordnung ergibt in erſter Linie ſehr große Skalen und eignet ſich daher beſonders für Zwecke, wo die Kontrolle bis zu einer Umdrehung erforderlich iſt. Gyrometer nach letzterer Konſtruktion ſind daher für Dampfmaſchinen, Gas- und Petroleummotoren u. ſ. w. zu empfehlen; die ſtehenden Apparate ſind mehr für ſchnell gehende Maſchinen: Dynamomaſchinen, Zentrifugen u. ſ. w. geeignet. Durch den Fortfall jeden Räderwerks bezw. irgendwelcher Mechanismen und jeden Verſchleißes repräſentiert ſich das Gyrometer als ein Meßwerkzeug von höchſter Wichtigkeit, wenn eine dauernd wirklich richtige Meſſung erforderlich iſt, und es iſt überhaupt der einzig brauchbare Umdrehungsanzeiger für Milchzentrifugen.

An Stelle einer Flüſſigkeit können auch zwei angewandt werden, wie dies bei den Bifluid-Tachometern geſchieht. Hierher gehört das Bifluid-Tachometer (D.R.P. Nr. 114233) der Rheiniſchen Tachometerbaugeſellſchaft m. b. H., Freiburg i. B.

Fig. 12 und 13 zeigen zwei nach verſchiedenen Richtungen hin geführte Längsſchnitte: *a* bedeutet ein Glasrohr, das mit einem unterhalb desſelben befindlichen, quergerichteten Behälter *B* (aus Celluloid oder Hartgummi) verbunden iſt. Der letztere iſt mit vertikalen Kanälen $a^1 a^1$ ausgeſtattet, die ſich oben zu einem Querkanale bezw. zu dem Rohrquerſchnitt der Glasröhre *a*, unten zu einer bauchigen Erweiterung *d* vereinigen. Das Rohr *a* iſt von einem Glasrohr *b* umgeben, das mit dem oberen Teil des Behälters *B* in der Nähe der Drehachſe durch ein Zweigkanälchen *c* in Verbindung ſteht. In der Erweiterung *d* des Behälters *B* iſt, etwa bis zu der punktierten Linie, eine Flüſſigkeit von großem ſpezifiſchen Gewichte eingelaſſen. Ueber ihr, den Rand *d* und die Zweigkanäle $a^1 a^1$ bis zu der zweiten punktierten Linie ganz anfüllend, iſt eine weitere Flüſſigkeit von leichtem ſpezifiſchen Gewichte in dem Apparat untergebracht. Dieſelbe iſt von ſolcher Beſchaffenheit, daß ſie ſich mit der ſchweren Flüſſigkeit niemals miſchen kann. Wird der Behälter *B* mit dem Röhrenſyſtem um ſeine eigne Achſe gedreht, ſo wird die ſchwere Flüſſigkeit im Raume *d* nach beiden Seiten hin, d. h. nach außen gedrängt. Hierbei wird die in den Kanälen a^1 befindliche, leichte Flüſſigkeit angehoben und ſteigt in der inneren Glasröhre *a* in die Höhe, während ſie umgekehrt in der äußeren Glasröhre

ſinkt. Da die innere Glasröhre *a* an ihrem oberen Ende offen in die äußere *b* ausmündet, jene aber oben am Ende zugeſchmolzen oder mit einem hermetiſch ſchließenden Gummipfropfen verſehen iſt, ſo dringt die in dem Rohre *a* befindliche Luftſäule beim Emporſteigen der leichten Flüſſigkeit über die offene Mündung des Röhrchens *a* hinweg in die Außenröhre *b* und — bei entſprechend ſchneller Rotation — ſogar durch das Zweigkanälchen *c* nach dem Raume *d*. Sobald aber der Apparat wieder in Ruhe tritt, findet ein Ausgleich der vorher bewegten Flüſſigkeiten ſtatt, und dieſelben nehmen gleichzeitig mit dem Aufhören der Drehung ihren alten Platz wieder ein. Der Behälter *b* iſt in einem cardaniſchen Gehänge *o* (Univerſalgelenk) gelagert; hierdurch werden Stöße und Erſchütterungen auf das Röhrenſyſtem vermieden. Der Aufhängebügel *p* des Gelenks trägt den aus Stahl hergeſtellten Spurzapfen *q*, der bei Bifluid-Tachometern Typ *A* auch die Antriebſcheibe *s* aufnimmt. Er iſt gelagert in dem am Gehäuſefuß ſitzenden Spurlager, und da letzteres durch eine ſeitliche Bohrung *u* mit dem Gehäuſeinnern in Verbindung ſteht, ſo findet — unter der Vorausſetzung, daß in dem Gehäuſefuß ſich Schmieröl im Ueberfluß befindet — ſtets eine ſelbſttätige Schmierung ſtatt. Eine aus vier nach der Mitte zu konvergierenden Streifen *v* beſtehende Skala enthält die Angaben über die Geſchwindigkeiten und Tourenzahlen. Das Skalageſtell wird nach außen hin durch ein Schutzglas *w* und eine Kappe *x* abgeſchloſſen; am oberen Ende enthält es außerdem noch einen mit Schmierloch und Auskörnung verſehenen Zentrierzapfen, der in die in der Kopfhülſe *z* angebrachten Zentrierkörner eingreift.

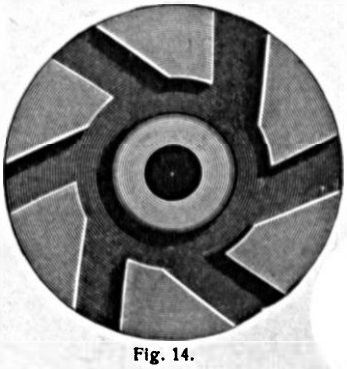


Fig. 14.

Ein weiteres Prinzip, das vielfach zu Geſchwindigkeitsmeſſern bei rotierenden Bewegungen feſter Körper Anwendung findet, iſt das Prinzip der Reſonanz, das einmal für akuſtiſche Geſchwindigkeitsmeſſer und alsdann für elektriſche Geſchwindigkeitsmeſſungen Anwendung findet. Ein Apparat erſterer Art iſt der Gieslerſche Geſchwindigkeitsmeſſer. Jeder Ton beſteht aus einer beſtimmten Anzahl von Schwingungen in der Sekunde; er bietet alſo ein Mittel, Zeiten und ſomit auch Geſchwindigkeiten zu meſſen. Eine recht genaue Anwendung hiervon liefert die Stimmgabel. An einen Zinken befeſtigt man eine feine Spitze und läßt dieſe ihre Schwingungen auf eine ſich drehende Trommel mit fortſchreitender Schraubenbewegung oder auf eine Scheibe in einer Spirale ſchreiben. Die Anzahl der während eines Bewegungsvorganges aufgezeichneten Schwingungen liefert ein genaues Zeitmaß. Bei fortſchreitender Bewegung ſind die Momente aufzuzeichnen, in denen der bewegte Gegenſtand in eine Strecke von bekannter Länge ein- und wieder austritt. Die Länge und die zum Durchlaufen beſtimmte Zeit geben ein Maß für die Geſchwindigkeit. Bei Drehbewegung braucht man nur das Verhältnis der Umdrehungen der beſchriebenen Trommel zu denen der Welle zu kennen. Auf dieſe Weiſe kann man auch kleine Ungleichförmigkeiten der Bewegung beſtimmen. Die Methode iſt aber wegen des langwierigen Zählens der einzelnen aufgezeichneten Wellen für den allgemeinen Gebrauch zu umſtändlich.

Eine ſehr einfache Art, mittels Tönen Geſchwindigkeiten zu meſſen, hat Gieſeler zu einer Erfindung verwertet. Wie bekannt, hat jeder Hohlraum einen Eigenton, der durch eine beſtimmte Anzahl von Schwingungen in der Sekunde zum Ertönen gebracht werden kann; alsdann zeigt er „Reſonanz". Erzeugt man durch eine ſich drehende Welle Schwingungen irgendwelcher Art, ſo können dieſe ein Rohr von beſtimmter Länge zum Tönen bringen. Einem Rohre gegenüber wird auf einer ſich ſchnell drehenden Welle eine Scheibe mit Einſchnitten (Fig. 14) befeſtigt. Durch die Zentrifugalkraft wird dadurch ſtoßweiſe Luft an die Rohrmündung getrieben. Bei einer beſtimmten Umdrehungszahl werden die Impulſe den Schwingungen des Eigentones des Rohres gleich, und dieſes beginnt zu tönen. Dieſer einfache Apparat war urſprünglich beſonders für Milchzentrifugen beſtimmt und hat zu ſolchen ſchon eine gewiſſe Verbreitung gefunden. Bekanntlich wird in dieſen Maſchinen durch große Umfangsgeſchwindigkeiten die Magermilch von dem Rahm getrennt. Es iſt natürlich, daß die Entrahmung bei einer beſtimmten Umdrehungszahl am beſten iſt. Der laut pfeifende Ton des

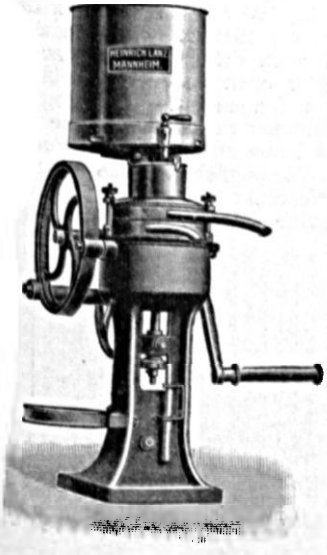


Fig. 15.

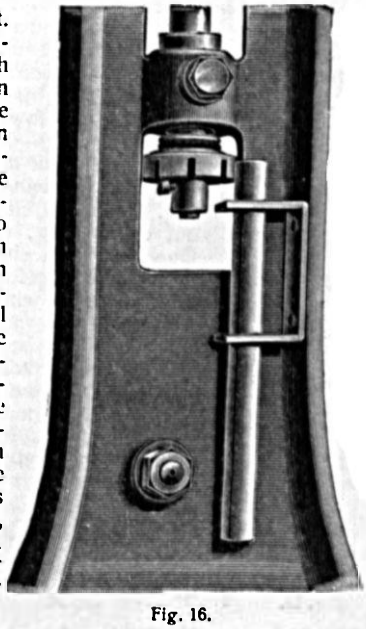


Fig. 16.

Geſchwindigkeitsanzeigers gibt die richtige Anzahl der Kurbeldrehungen an. Die Fig. 15 und 16 einer Zentrifuge von Heinr. Lanz in Mannheim zeigen, wie einfach ſich dieſer Apparat anbringen läßt. Aber noch ein größeres Verwendungsgebiet läßt dieſe Erfindung zu. Die Umdrehungszahl jeder ſchnell laufenden Welle läßt ſich mit ihm beſtimmen, wenn man das Rohr ſo einrichtet, daß es verkürzt und verlängert werden kann. Dieſes läßt ſich mechaniſch durch die Maſchine ſelbſt oder von Hand bewerkſtelligen. Bei einer beſtimmten Länge fängt das Rohr an zu tönen; an einer Teilung läßt ſich die jeweilige Umdrehungszahl der Welle ableſen. Eine ausſichtsreiche Anwendung kann der Apparat zur Meſſung der Geſchwindigkeiten von Fahrzeugen finden. Die Fig. 17 zeigt hierzu ein Modell. Statt eines Rohres ſind an der drehenden Scheibe eine Reihe von Rohren mit verſchiedenen Längen angebracht. Bei einer beſtimmten Geſchwindigkeit beginnt das längſte Rohr zu tönen. Alsdann folgen bei weiterer Erhöhung der Geſchwindigkeit die kürzeren, der Ton wird höher. So kann z. B. bei einem Automobil ſowohl der Fahrer wie auch jeder Außenſtehende beurteilen, ob eine vorgeſchriebene Geſchwindigkeit überſchritten iſt oder nicht.

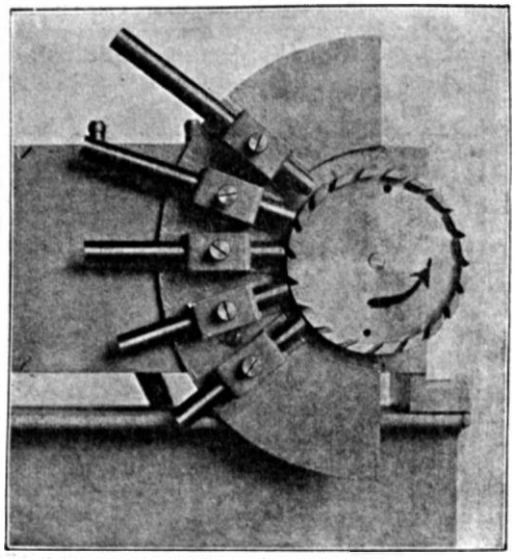


Fig. 17.

Auf dem zweiten Prinzip, der elektriſchen Reſonanz, beruht der Frahmſche Geſchwindigkeitsmeſſer (D.R.P. Nr. 134 712). Das Element, auf dem ſich derſelbe aufbaut (Fig. 18), beſteht aus einer Feder von beſtem Uhrfederſtahl (oder einem andern elaſtiſchen Material), die für die gewöhnlichen Verwendungszwecke eine Dicke von 0,25 mm, eine Breite von 3,0 mm und eine Länge von etwa 40—55 mm hat; dieſe Abmeſſungen geſtatten eine handliche Ausführung der Apparate und genügen für die meiſten praktiſchen Fälle; ſie können aber zur Erreichung der verſchiedenſten Zwecke beliebig verkleinert oder vergrößert werden. Die Feder ſitzt im Schlitz eines kleinen vierkantigen Schuhs, mit dem ſie durch Nietung und Lötung äußerſt ſolid verbunden iſt. An ihrem oberen Ende iſt die Feder auf eine Länge von etwa 4 mm rechtwinklig umgebogen und das umgebogene Ende, der Kopf, iſt mit weißer Emailfarbe überzogen, um weithin ſichtbar zu ſein. In dem Winkel, den der Kopf mit dem Schaft der Feder bildet, wird ein Tropfen Lötzinn befeſtigt. Die Schwingungszahl (Frequenz) einer ſolchen Feder hängt, da zu deren Herſtellung ein Material von möglichſt gleichmäßiger Beſchaffenheit und Dicke genommen wird, hauptſächlich von der Länge ihres frei ſchwingenden Teiles und der Belaſtung am Kopfende ab. Indem man daher Federn, deren ſchwingender Teil zwiſchen 40 und 50 mm lang iſt, anwendet und dieſe am Kopf mit mehr oder weniger Lötzinn verſieht, kann man jede beliebige Frequenz etwa in den Grenzen von 35 bis 100 Schwingungen in der Sekunde oder 2000 bis 6000 Schwingungen in der Minute herſtellen. Man kann aber durch Anwendung ſowohl dünnerer oder längerer als auch dickerer oder kürzerer Federn die Grenzen des Meßbereichs nach unten oder oben erweitern; meiſtens kommt man indeſſen mit den genannten normalen Abmeſſungen aus. — Eine Anzahl ſolcher nach irgendeiner beliebigen Stufenleiter abgeſtimmter Federn wird, wie aus den Fig. 19 und 20 erſichtlich, in einem Abſtand von 1 mm zwiſchen jeder Feder, auf einem Steg, einem vierkantigen Eiſen- oder Meſſingſtab von 6,5 · 6,5 mm Querſchnitt, in einer Reihe nebeneinander aufgeſchraubt und bildet ſo einen Kamm, ein abgeſchloſſenes Syſtem von einem gewiſſen Meßbereich. Die Länge eines ſolchen Kammes iſt ſozuſagen unbegrenzt; wenigſtens könnte er eine Länge von 1 m und darüber haben und Hunderte ſolcher ſtufenweiſe abgeſtimmter Federn tragen; in den meiſten Fällen kommt man aber mit einer verhältnismäßig kleinen Zahl, etwa 25—50, unter Umſtänden ſogar mit einigen wenigen, beiſpielsweiſe mit 3—5 Federn aus. Dieſer Kamm kann nun in verſchiedener Weiſe in Schwingung verſetzt werden. Er kann, und dies iſt die einfachſte Weiſe, je nach den Umſtänden mit oder ohne Brücke unmittelbar an dem Geſtell einer Maſchine angebracht werden, deren Geſchwindigkeit gemeſſen werden ſoll.

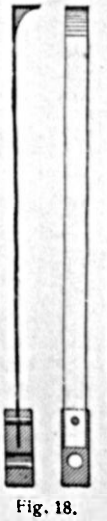


Fig. 18.

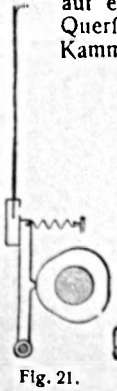


Fig. 21.

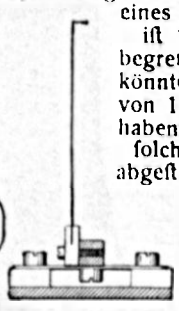


Fig. 20.

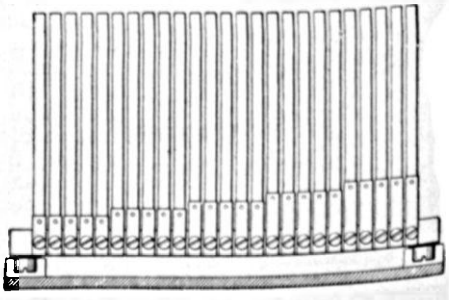


Fig. 19.

Da es, außer vielleicht bei elaſtiſchen Wellen, wie bei der de Laval-Turbine, oder bei federnden Lagerungen wohl nie ganz gelingen wird, den Schwerpunkt eines rotierenden Syſtems genau in die Drehungsachſe zu verlegen oder dauernd darin zu erhalten, ſo erleiden die Lager und Geſtelle aller laufenden Maſchinen mehr oder weniger ſtarke Erſchütterungen. Dieſe Erſchütterungen reichen in vielen Fällen vollkommen aus, die entſprechenden Federn eines mit dem Maſchinengeſtell verbundenen Kammes in Schwingung zu verſetzen; die Schwingungsweite (Amplitude) kann je nach der Exzentrizität des Schwerpunktes zwiſchen 20–30 mm und darüber betragen.

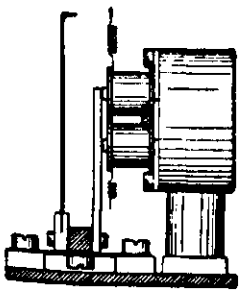


Fig. 23.

Die zweite, ebenfalls ſehr einfache Art, den Kamm in Schwingung zu verſetzen, iſt die mechaniſche Erregung durch ein Daumenrad. Man ſetzt beiſpielsweiſe auf eine Welle, deren Umdrehungszahl gemeſſen werden ſoll, eine Scheibe mit einer Anzahl Erhöhungen und Vertiefungen auf und läßt gegen ſie einen Hebel ſchleifen, der dadurch in Schwingungen verſetzt wird. Man kann nun dieſe Schwingungen auf einen Kamm übertragen, indem man ihn entweder unmittelbar auf dieſen Hebel aufſetzt oder mit ihm durch einen Stab, einen Draht oder eine Schnur verbindet. Die Fig. 21 zeigt eine Ausführungsform dieſer Erregungsweiſe, bei deren Anwendung man die Schwingungen bis auf etwa 10 m Entfernung übertragen kann. Will man jedoch die Umlaufsgeſchwindigkeit einer Maſchine in noch größerer, ja jeder beliebigen Entfernung von ihrem Standort ermitteln, ſo bedient man ſich der elektriſchen Uebertragung in folgender Weiſe: An dem Steg eines Kammes (Fig. 22 und 23) wird parallel zu den Federn ein Stück Weicheiſen in Form eines Flachſtabes befeſtigt, das den Anker eines Magneten bildet, deſſen Polſchuhe mit Drahtſpulen verſehen ſind. Geht nun durch dieſe Spulen ein Wechſelſtrom, ſo wird das magnetiſche Moment abwechſelnd vermehrt und vermindert, der Anker abwechſelnd mehr oder weniger angezogen und der Kamm dadurch in rhythmiſche Schwingungen verſetzt; genau wie bei den bisher geſchilderten Anordnungen werden ſämtliche Federn gleichzeitig an ihren Wurzeln erſchüttert, und diejenige Feder, deren Eigenſchwingungszahl mit der Erregungsſchwingungszahl annähernd übereinſtimmt, gerät in ſtarke Schwingung, deren Amplitude von dem höheren oder geringeren Grade der Uebereinſtimmung der Schwingungszahlen abhängt.

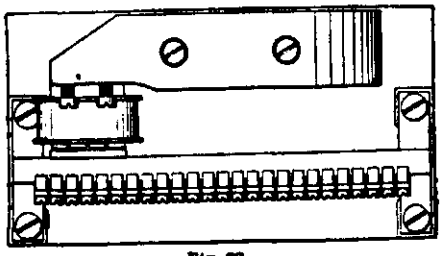


Fig. 22.

B. Geſchwindigkeitsmeſſer für Flüſſigkeiten.

Hierbei handelt es ſich hauptſächlich um Beſtimmungen der Geſchwindigkeit des Waſſers in Flüſſen, um aus dieſer und den Flußprofilen die Waſſermenge zu berechnen. Man unterſcheidet hierbei Meſſungen mittels Schwimmer und Meſſungen durch feſtſtehende Apparate oder Inſtrumente. Näheres hierüber ſ. Waſſermeſſung.

C. Geſchwindigkeitsmeſſer für gasförmige Körper.

Zum Meſſen der Luftgeſchwindigkeit und Geſchwindigkeit gasförmiger Körper in freiem Raume in Kanälen (Bergwerksſchächten und Stollen) und in Rohrleitungen dienen die Luftgeſchwindigkeitsmeßinſtrumente oder Anemometer (ſ. d.). Ueber Meſſung der Geſchwindigkeit der Bewegung von gasförmigen Körpern in Röhren ſ. Proceedings of Instit. of Mech. Engeneers, 1904, Nr. 2, S. 245; Velocity of Gases in pipes; Engeneering 1904, S. 342/243; Geſchwindigkeitsmeſſer für ſtrömende Gaſe in Röhren; Krell, O. jun., Ueber Meſſung von dynamiſchem und ſtatiſchem Druck bewegter Luft; Marx, Ueber die Meſſung von Luftgeſchwindigkeiten, Gef. Ing. 1904; Rietſchel, Verſuche über Bewegung der Luft in Rohrleitungen, ebend., Feſtnummer 1905 für die fünfte Verſammlung, S. 9 ff.

Literatur: [1] Dinglers Polyt. Journal 319, S. 110/111; Bayr. Induſtrie- und Gewerbeblatt 1904, S. 22, 23. — [2] Zeitſchrift für Elektrotechnik und Maſchinenbau 1903, S. 363. — [3] Mitteilungen über Gegenſtände des Artillerie- und Genieweſens, Wien 1902, Heft 8, 9. — [4] Prometheus 1906, Nr. 856; Umdrehungs- oder Geſchwindigkeitsmeſſer „Dromograph“ von de la Roulle, ſ. Compt. rend. soc. min., 1889, S. 136; 1891, S. 22, 33, 74; 1893, S. 29, zur Meſſung der Geſchwindigkeit von rotierenden Maſchinen (Ventilatoren, Lokomotiven) mit Regiſtrierapparat; Duveau, Engineering 1889, II, 364—366; Rung, Glafers Annalen 1888, I, S. 164—166; Zeitſchr. d. Ing. 1893, S. 593: Braun, Umdrehungsgeſchwindigkeitsmeſſer (mit Abbildungen). — Geſchwindigkeitsmeſſer für Fahrzeuge: Höhne, Elektrotechn. Rundſchau, 21, S. 135, 169; Organ f. d. Fortſchr. i. Eiſenbahnweſen, 41, S. 154, I. 60; Kulturtechnik, 6, S. 128—132; Elektrotechn. Zeitſchr., 24, S. 401—403; Organ f. d. Fortſchr. i. Eiſenbahnweſen, 40, S. 106/109, 186; Motorwagen, 6, S. 206—211; Journ. de Horlog., 27, 225—229; Zeitſchr. d. Ing. 47, S. 1605; Giefeler, S. 435.

v. Ihering.

Geſellſchaftshaus, Ball-, Vereins- oder Klubhaus, wird je nach den Zwecken und Zielen der Vereinigung eine ſehr verſchiedene bauliche Anordnung erhalten.

Den Hauptraum bildet ein großer Saal zur Abhaltung von Muſikaufführungen, Ballen, Vorleſungen. Je nach der Größe des Vereins wird die Größe und Geſtaltung des Saales und damit ſeine Lage im Erdgeſchoß oder im Obergeſchoß, Anordnung von Galerien u. ſ. w. zu

Fig. 1. Gefellſchaftshaus des Zoologiſchen Gartens zu Frankfurt a. M.

beſtimmen ſein. Den Zugang bilden Halle, Treppen und Vorzimmer mit den nötigen Kleiderablagen. Neben dem Saal ſind einige Nebenſäle, Speiſezimmer u. ſ. w. notwendig. Weiter ſind erforderlich: Leſezimmer und Bibliothekräume, Wirtſchaftsräume mit Speiſe- und Billardzimmer, Spiel- und Rauchzimmer, Kleiderablagen in Verbindung mit Büfett, Küchenräumen u. ſ. w. An Wohnungen: ſolche für Hausmeiſter und den Wirt. Bei Verteilung der Geſellſchaftsräume iſt ſowohl eine bequeme Verbindung aller als auch eine Trennung einzelner vorzuſehen. Der äußere Charakter des Gebäudes ſei der heiterer Anmut und Eleganz (Fig. 1 und 2).

Literatur: [1] Handbuch d. Arch., 4. Teil, 4. Halbbd., Darmſtadt 1885. — [2] Baukunde des Architekten, X, Saalbauten, Berlin 1884, Bd. 2, S. 738 ff. — [3] Klaſen, L., Grundrißvorbilder, Leipzig 1884. *Weinbrenner.*

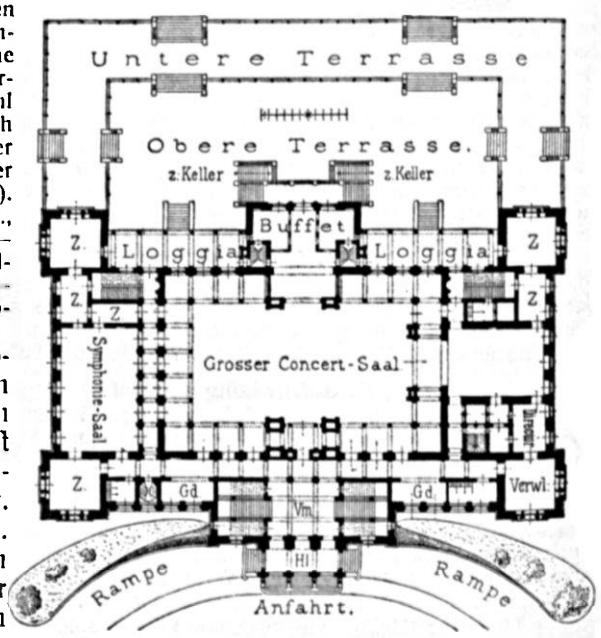
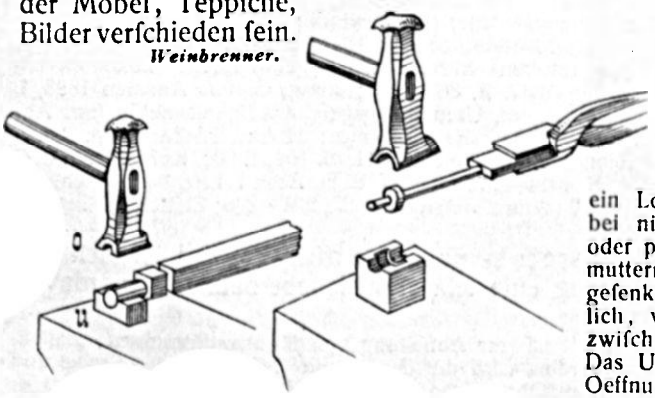


Fig. 2. Grundriß des Geſellſchaftshauſes.

Geſellſchaftszimmer, Empfangszimmer, Salon, Raum zu geſelligen oder feſtlichen Zwecken der Familie beſtimmt, iſt mit den nebenan liegenden Wohnräumen, dem Speiſezimmer u. ſ. w. in engſte Verbindung zu bringen. Je nachdem der Raum mehr dem Empfange von Gäſten oder der Aufführung von Muſik und Tänzen dient, wird derſelbe in Anordnung der Möbel, Teppiche, Bilder verſchieden ſein. *Weinbrenner.*



Gefenk, ein- oder zweiteilige ſtählerne Form (Stanze), die beim Schmieden (ſ. d.) Anwendung findet.

Einteilige mit Handgriff verſehene Gefenke werden benutzt, wenn ein Arbeitsſtück ſenkrecht in ein Loch geſchlagen werden ſoll, meiſt bei niedrigen Werkſtücken zylindriſcher oder prismatiſcher Form, z. B. Schraubenmuttern. Zweiteilige Gefenke (Untergefenk *u* und Obergefenk *o*) ſind erforderlich, wenn das Arbeitsſtück wagerecht zwiſchen ihnen gehalten und geformt wird. Das Untergeſtell wird in die viereckige Oeffnung des Amboßes geſteckt, während

das Obergefenk in Form eines Setzhammers draufgefetzt wird. Durch Druck oder Schlag werden beide Teile einander genähert und dadurch die Formen im glühenden Material abgedrückt. Zur Herftellung der Gefenke wird ein Stahlmodell angefertigt. Das Modell wird auf das im Amboßloch fteckende, roh vorgearbeitete glühende Untergeftell gelegt, das glühende Obergefenk wird aufgefetzt, worauf mit einem Hammer fo lange zugefchlagen wird, bis fich die Formen des Modelles in den Gefenken eingedrückt haben; f. a. Rundgefenk. *Dalchow.*

Gefenkamboß, Amboß aus Eifen, der auf feiner wagerechten Oberfläche der ganzen Länge nach einen oder mehrere 2 cm tiefe Falze befitzt. Die Falze find ebenfo breit wie die Gefenke und laufen von einem Ende zum andern etwas keilförmig zu, um ein vom weiteren Furchenende hineingefchobenes Gefenk feftzuhalten; f. a. Amboß, Bd. 1, S. 171, Fig. 3. *Dalchow.*

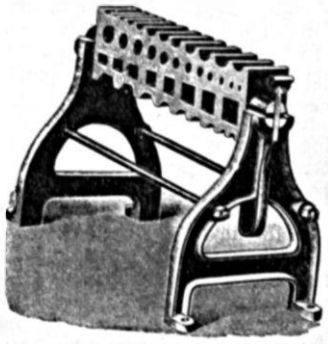


Fig. 2.

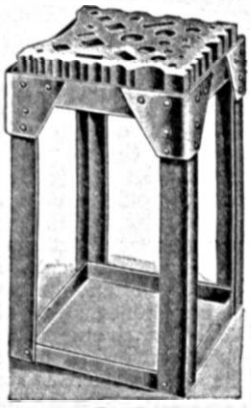
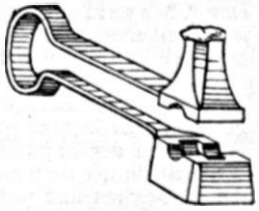


Fig. 1.

Gefenkklotz (Gefenkplatte, -ftock), gußeiferner Klotz von Halbwürfelform, der an feinen vier Seitenflächen mit Furchen der verfchiedenften Querfchnittsformen und auf den beiden Grundflächen mit quadratifchen, rechteckigen und runden Löchern verfchiedener Größe verfehen ift.

Der Klotz liegt gewöhnlich auf einem eifernen Unterfatz. Soll der Klotz zum Schmieden benutzt werden, fo wird er hochkantig geftellt; die Furchen dienen als Untergefenke. Will man die Löcher zum Lochen benutzen, fo wird der Klotz flach geftellt (Fig. 1). Um das umftändliche Drehen der Böcke auf dem Unterfatz zu befeitigen, können die Böcke zwifchen Zapfen drehbar angeordnet werden (Fig. 2). *Dalchow.*

Gefenkkluppe, eine Vereinigung von Ober- und Untergefenk mittels eines Federbügels, um die Lage beider Teile genauer gegeneinander zu beftimmen (f. die Figur).



Gefenkplatte, f. Gefenkklotz.

Gefenkfchmiede, Schmiedemafchine, bei der in dem Hammer das Obergefenk, in dem Amboß das Untergefenk eingefetzt ift.

Die Mafchine führt die Schläge mittels eines Hammers mit Hebedaumen, mittels eines Reibungsfallhammers oder auch mittels eines Dampf- oder Lufthammers aus. Eifen und Stahl müffen zur Verarbeitung in den Gefenken erhitzt werden; Kupfer, Blei und andre weiche Metalle laffen fich auch in kaltem Zuftande verarbeiten (Prägen.) *Dalchow.*

Gefenkftock, f. Gefenkklotz.

Gefetz (Naturgefetz). Die denkende Vergleichung der Naturveränderungen läßt in denfelben Regelmäßigkeiten erkennen ähnlich dem durch Gefetze geregelten Handeln der Menfchen, Regelmäßigkeiten, die teilweife von diefem durch eine abfolute Unverbrüchlichkeit fich unterfcheiden, die allgemeinen Naturgefetze. Ein andrer Teil fcheint Ausnahmen und Abweichungen unterworfen zu fein und trägt mehr den Charakter von Regeln, das find die Gefetze der Lebenserfcheinungen der organifchen Natur.

Das religiöfe Bewußtfein fetzt ein höchftes, freies Subjekt der gefetzmäßigen Veränderungen der Natur, das fich felbft Gefetzgeber ift, die Gottheit; die Naturwiffenfchaft hat nur die Aufgabe der Erforfchung der Naturgefetze, denn auf ihrer Kenntnis beruht die Möglichkeit fortfchreitender Herrfchaft des Menfchen über die Natur, fowohl der intellektuellen Herrfchaft bewußter Kenntnis der Naturerfcheinungen und der Vorausficht kommender Naturereigniffe als der tätigen Herrfchaft der Dienftbarmachung der Naturveränderungen für die Zwecke des Menfchen. Die menfchliche Tätigkeit, welche die Naturprodukte verarbeitet und die Naturveränderungen zweckmäßig auslöft und leitet, heißt Technik, fie hat die Kenntnis der Naturgefetze zu ihrer Vorausfetzung.

Das Naturgefetz bewirkt eine doppelte Ordnung, die objektive der Naturerfcheinungen und die fubjektive unfers Wiffens von der Natur, denn im Gefetz ift der Erkenntnis die Möglichkeit geboten, eine unendliche Zahl von Einzelerfcheinungen zu umfpannen. Es ift aber das letztere Merkmal, die gefetzmäßige Anordnung und Unterordnung unfrer Vorftellungen unter ein gemeinfames Prinzip zum Zweck der „Oekonomie des Denkens", nicht hinreichend zum Begriff des Naturgefetzes. Zum Beifpiel das Gefetz unfers dekadifchen Zahlenfyftems, das uns in einfacher Form Nomenklatur und Schriftzeichen für beliebig viele Zahlengrößen liefert, ift kein Naturgefetz. Im Gegenteil befteht das Naturgefetz objektiv, unabhängig vom menfchlichen

Denken, und Galileis Fallgeſetz beſtand, ehe der menſchliche Geiſt in dieſem Geſetze eine unendliche Anzahl von Einzelbewegungen fallender Körper umfaßte.

Der Menſch gelangt zur Erkenntnis der Naturgeſetze in erſter Linie auf dem Wege der Erfahrung durch Vergleichung und Beurteilung ſeiner aus der Naturbeobachtung und aus dem Experiment gewonnenen Vorſtellungen, in zweiter Linie auf dem Wege logiſcher Verknüpfung und Zergliederung gefundener Geſetze. Unter den zur logiſchen Verarbeitung gefundener Geſetze beigezogenen Geſetzen ſind beſonders wichtig die Geſetze der Größenlehre, der Mathematik. Auch die Grundlagen dieſer Geſetze, die mathematiſchen Axiome ſamt dem Größenbegriff und der Raumvorſtellung, ſind nicht durch „aprioriſche" Veranlagung des Geiſtes gegeben, ſondern werden aus der Erfahrung gewonnen. Es iſt die Folge der Einfachheit der mathematiſchen Begriffe, in welchen aus der Vorſtellung der räumlichen und zeitlichen Erſcheinungen nur ein einziges oder wenige Merkmale feſtgehalten werden, daß die Beſtätigung der Axiome ſich durch alltägliche Erfahrung und durch jederzeit anzuſtellende Gedankenexperimente parat ſtellt, ſo daß dadurch die Axiome zu ſcheinbar aprioriſcher Gewißheit erhoben werden. Dieſe zweifelloſe Gewißheit ihrer Grundlagen, verbunden mit der begrifflichen Einfachheit, ſtempelt die mathematiſchen Geſetze zu „Idealgeſetzen" der Natur im Unterſchiede von den „Realgeſetzen", die je nach der Häufigkeit und Genauigkeit der Beobachtung als mehr oder weniger wahrſcheinliche Hypotheſen ohne abſolute Gewißheit und erwieſene exakte Genauigkeit erſcheinen.

Unter den Realgeſetzen der Himmelsmechanik und der Phyſik unterſcheidet man häufig eine mehrfache Art der Faſſung desſelben Geſetzes. Die Beobachtung nämlich liefert immer Beziehungen zwiſchen endlichen Raum- und Zeitgrößen und führt daher zunächſt zu ſogenannten Integralgeſetzen, die mathematiſche Analyſe leitet daraus Beziehungen zwiſchen verſchwindend kleinen Größen, den Differentialen der Maſſen, Wege, Zeiten u. ſ. w., ab, die Differentialgeſetze, die ſich durch eine beſondere Einfachheit der Form, größeren Umfang, dabei mehr hypothetiſchen Charakter von jenen unterſcheiden. (Die Keplerſchen Geſetze ſind Integralgeſetze, das Newtonſche Gravitationsgeſetz iſt das entſprechende Differentialgeſetz.)

Unter den Naturgeſetzen iſt als allgemeinſtes Axiom der Identitätsſatz oder der Kauſalitätsſatz zu nennen; er enthält das Axiom, daß es im Wechſel der Veränderung Beharrliches gebe. Das Selbſtbewußtſein, das ſich der Identität des denkenden Subjekts bewußt iſt, iſt ſeine erſte Aeußerung, die Annahme unzerſtörbarer Subſtanzen die zweite, die Vorausſetzung immer und überall gleichbleibender Beziehungen zwiſchen den der Veränderung unterworfenen Größen eine dritte Form des Satzes. Unter dem Geſichtspunkt der zeitlichen Aufeinanderfolge erſcheinen die durch die Identität verknüpften Erſcheinungen im Verhältnis von Urſache und Wirkung. Das R. Mayerſche „causa aequat effectum" läßt den Identitätsſatz als den Kern des Kauſalitätsſatzes erkennen. Dieſer Satz bildet nur die inhaltloſe Form aller Naturgeſetze, die ſich auf zeitliche Veränderungen beziehen.

Unter den Realgeſetzen ſteht obenan der Satz von der Erhaltung des Stoffs, die erſte wiſſenſchaftliche Baſis der Phyſik und Chemie, ein Satz, der durch die Feſtſtellung der Atomgewichte ſich in eine große Zahl von Einzelgeſetzen gliedert. Dieſem Satz zur Seite ſteht das Geſetz von der Erhaltung der Energie, das einerſeits im Geſetz der Trägheit ſeinen negativen, anderſeits in der Beſtimmung der Aequivalentwerte der verſchiedenen Energieformen (Aequivalente der kinetiſchen und potentiellen Energie) ſeinen poſitiven Ausdruck erhalten hat. Dieſe Sätze bilden zuſammen mit den mathematiſchen Axiomen allgemeine regulative Prinzipien aller Naturwiſſenſchaft. Man pflegt denſelben auch den ſogenannten zweiten Hauptſatz der Wärmetheorie beizugeſellen, nach dem die Umwandlung der Energie aus der Erſcheinungsform als Wärme in diejenige als Arbeit nur möglich iſt, unter gleichzeitiger Ueberführung einer entſprechenden Quantität Wärme aus dem Zuſtande höherer in den niedrigerer Temperatur. Dieſer Satz von dem in allen Energiewandlungen ſich vollziehenden Wachstum der „Entropie" beruht aber auf einem Begriffe von der Materie, der von der Gravitation als weſentlicher Eigenſchaft derſelben abſieht. Auch das Geſetz der Trägheit führt zu der Konſequenz unendlicher Zerſtreuung ſowohl der Energie als des Stoffs, wenn man von der Gravitation abſieht. Es iſt daher nicht geſtattet, dem zweiten Hauptſatz eine Verallgemeinerung zu geben, die über die Grenzen hinausgeht, bis zu welchen die Wirkungen der Gravitation vernachläſſigt werden können. Wohl geht im allgemeinen, d. h. ſoweit die Gravitation vernachläſſigt wird, Wärme durch Leitung von ſelbſt von den Körpern höherer zu denjenigen niedrigerer Temperatur; in einer vertikalen Luftſäule aber erfordert das thermiſche Gleichgewicht eine Abnahme der Temperatur von unten nach oben, entſprechend der durch die Gravitation in derſelben Richtung bewirkten Energieabnahme der durcheinander bewegten Teilchen des Gaſes; die Atmoſphäre iſt gleichſam eine entropievermindernde Maſchine (ſ. Atmoſphäre).

Die Wiſſenſchaft hat außer der deſkriptiven Aufgabe, die Naturgeſetze aufzuſuchen durch Vergleichung und Beurteilung der Naturerſcheinungen, die höhere konſtruktive Aufgabe, aus den auf die einfachſte und allgemeinſte Form gebrachten Geſetzen die beſonderen Geſetze und die Einzelerſcheinungen herzuleiten, d. h. die Naturerſcheinungen zu erklären. Beſonders die Differentialgeſetze müſſen dadurch die Probe ihrer Richtigkeit und Objektivität beſtehen, daß ſie der Erklärung der Erſcheinungen auch bei verſchiedenſt abgeändertem Experiment genügen und daß ſie durch andre hypothetiſche Geſetze nicht erſetzt werden können. Zur weiteren Orientierung in dem erkenntnistheoretiſchen Gebiete des Begriffs der Naturgeſetze ſei verwieſen auf Kants kritiſche Arbeiten, beſonders die „Kritik der reinen Vernunft" vom Jahr 1781, und die „metaphyſiſchen Anfangsgründe der Naturwiſſenſchaften" vom Jahr 1786 [1], im Gegenſatz und in Ergänzung dazu vgl. [2]—[7].

Literatur: [1] J. Kants ſämtliche Werke, herausgegeben von G. Hartenſtein, Bd. 3 u. 4, S. 355, Leipzig 1867—68. — [2] Helmholtz, H. v., Die erkenntnistheoretiſchen Aufſätze in „Wiſſenſchaftliche Abhandlungen", Bd. 2, S. 591—660, Leipzig 1883. — [3] Mach, E., Die Geſchichte

und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit, Prag 1872. — [4] Kroman, K., Unſre Naturerkenntnis, überſetzt von Fiſcher-Benzon, Kopenhagen 1883. — [5] Braun, F., Ueber Geſetz, Theorie und Hypotheſe, Tübingen 1886. — [6] Mach, E., Ueber das Prinzip der Vergleichung in der Phyſik, Verh. der Geſellſch. deutſcher Naturf. und Aerzte, Verſammlung vom Sept. 1894, herausg. von Wangerin u. Taſchenberg, Leipzig 1894. — [7] Helmholtz, H. v., Vorleſungen über theoret. Phyſik, Bd. 1, Abt. 1, herausg. von A. König u. C. Runge, Leipzig 1903. *Aug. Schmidt.*

Geſetzgebung, ſoweit ſie die Technik berührt, ſ. folgende Art.: Acetylen, Anlagen, gewerbliche, Arbeiter, Arbeiterausſchuß, Arbeiterfürſorge, Arbeiterkammern, Arbeiterſchutz, Arbeiterverſicherung, Arbeitsämter, Arbeitsbuch, Arbeitseinſtellung, Arbeitsnachweis, Arbeitsordnung, Arbeitstag und -zeit, Ausſperrungen, Bachſchau, Bauarbeiter, Baubewilligung, Baupolizei, Baurecht, Bergrecht, Berufsgenoſſenſchaften, Betriebsbeamte, Bleifarben, Bonitierung, Einigungsämter, Eiſenbahnrecht, Fabrikgeſetzgebung, Fabrikinſpektoren, Feldbereinigung, Feldpolizei, Feuerſchutz, Flußverunreinigung, Friedhof, Gebrauchsmuſtergeſetz, Genoſſenſchaften, Gewerbegericht, -hygiene, -ordnung, Grenzmarke, Haftpflicht, Hilfskaſſen, Invalidenverſicherung, Kaminfeger, Kanaliſation, Kataſter, Kinderſchutz, Koalitionsrecht, Kommaſſation, Konſolidation, Krankenverſicherung, Nachtarbeit, Patentrecht, Photographieſchutzgeſetz, Sonntagsruhe, Strafrecht, Unfallverhütung, Unfallverſicherung, Urheberrecht, Vertragsbruch, Warenzeichenrecht, Waſſerrecht.

Geſichtsfeld des Fernrohrs iſt derjenige Raum, der mit dem Fernrohr auf einmal überſehen werden kann.

Beim einfachen aſtronomiſchen Fernrohr wird derſelbe beſtimmt durch einen Kegel, deſſen Spitze im optiſchen Mittelpunkt des Objektives liegt und deſſen Baſis gebildet wird durch die Okularblendung (die das Geſichtsfeld begrenzt). Der Oeffnungswinkel (γ) dieſes Kegels dient als Maß des Geſichtsfeldes, das demnach bei der Stellung des Fernrohrs auf unendlich (oder ein ſehr weit entferntes Ziel) ausgedrückt wird durch die Gleichung $\gamma^0 = \varphi^0 d : F$, worin d der Durchmeſſer der Okularblendung (Diaphragma) und F die Objektivbrennweite bedeutet; bei geodätiſchen Meßfernrohren iſt γ rund etwa $1-1\frac{1}{2}^0$. *Reinhertz.*

Geſichtslinie (Augenachſe, Sehachſe), ſ. Auge.

Geſichtsmaske, ſ. Atmungsapparate, Bd. 1, S. 338, und Feuerſchutz, Bd. 3, S. 767.

Geſichtswinkel, ſ. Auge.

Geſimsbock, ſ. Feuerſchutz, Bd. 3, S. 786.

Geſimſe ſind vorſtehende Teile an Mauern, Fenſtern, Türen u. ſ. w., welche im weſentlichen eine wagerechte Richtung verfolgen, jene Gegenſtände bekrönen oder einzelne Teile derſelben abſondern.

Man unterſcheidet deshalb an Gebäudefronten das Hauptgeſims in der Höhe des Dachrandes, das Brüſtungs- oder Kaffgeſims in der Höhe der Fenſterbänke, das Gurtgeſims in der Höhe der Decken und das Sockelgeſims am oberen Rande des Gebäudeſockels. Sie dienen vorzugsweiſe einem äſthetiſchen Zweck; infolge ihres Hervortretens vermögen ſie jedoch auch mehr oder weniger die unter ihnen befindlichen Mauerteile vor Regen zu ſchützen, was man beſonders dadurch erreicht, daß durch die Geſtaltung des Geſimſes das an ihm herabrinnende Waſſer gezwungen wird, herabzutropfen, indem es auf aufwärtsſteigende Flächen ſtößt. Dieſe Anordnung ſollte, ſoweit es tunlich iſt, bei keinem Geſimſe fehlen, da andernfalls die vom Waſſer mitgeführten Staubteilchen ſich unterhalb der Geſimſe ablagern und den Flächen ein beſchmutztes Ausſehen geben. Es wird dies in der doriſchen Bauweiſe durch ſchräge Unterſchneidung (Fig. 1), in der joniſchen durch eine Waſſernaſe (Fig. 2) und in der gotiſchen durch eine Hohlkehle (Fig. 3) erreicht [1], S. 343 und 437.

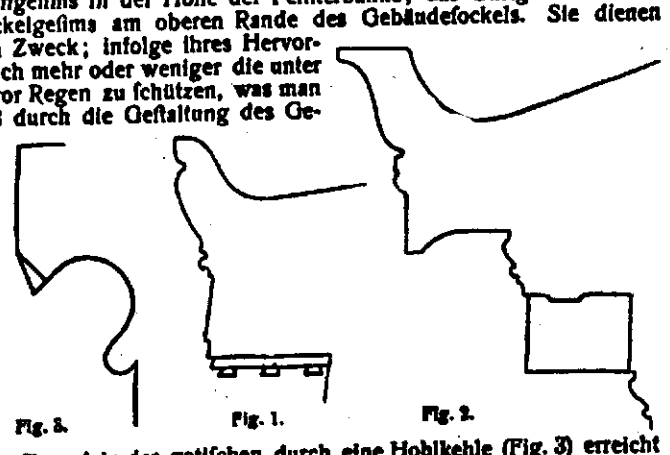


Fig. 3. Fig. 1. Fig. 2.

Die Hauptgeſimſe erfüllen zuweilen noch den konſtruktiven Zweck, eine Dachrinne in ſich aufzunehmen, wie z. B. [1], S. 362 ff., für gotiſche Bauweiſe, und [2], S. 117 (Sima der griechiſchen Bauwerke). In neuerer Zeit werden dieſe Rinnen jedoch meiſtens, vom Geſims geſondert, in Metall hergeſtellt, das die Vermeidung vieler ſchädlicher Fugen geſtattet. Am billigſten laſſen ſich weite Ausladungen der Geſimſe in Holz herſtellen, welche an aus dem Dachverbande hervortretenden Holzteilen befeſtigt werden wie in Fig. 4 (welche gleichzeitig die darüber befindliche Rinne, die ſie dem Auge des Beſchauers verdeckende Rinnenwand und die Geſimsabdeckung in Metall angibt). Näheres in [3], I, 1 unter I: Zimmerkonſtruktionen, VII: Dach- und Geſimsſchalungen. Dieſe für ſtädtiſche Wohngebäude ſehr beliebte Konſtruktion

leidet an dem Uebelſtande, das Feuer von einem Gebäude leicht zum andern zu übertragen, weshalb man in Baupolizeiordnungen die Vorſchrift findet, daß ſie bis auf 1 m Entfernung von der Nachbargrenze nicht aus Holz, ſondern aus einem unverbrennlichen Material hergeſtellt ſein muß.

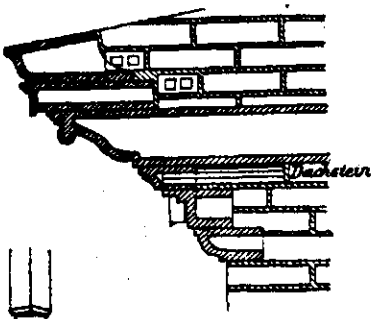


Fig. 6.

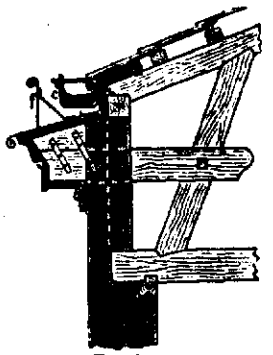


Fig. 4.

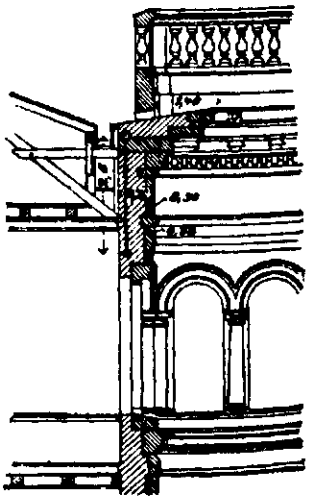


Fig. 7.

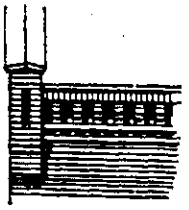


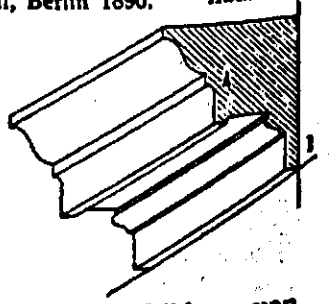
Fig. 5.

Außer dieſen Hauptgeſimſen in Holz kommen ſolche in künſtlichen oder natürlichen Steinen vor, und man unterſcheidet: die gewöhnlichen Backſteingeſimſe bei Ziegelrohbau, die Putzgeſimſe, Formſtein-, Terrakottageſimſe, Hauſtein- und Kunſtſandſteingeſimſe. Bei allen dieſen liegt die Hauptſchwierigkeit in der Beſchaffung der Ausladung. Iſt dieſelbe gering, ſo genügen für die Backſteingeſimſe gewöhnliche Ziegelſteine; vermehrt ſich die Ausladung, ſo legt man doppelte Lagen von Dachſteinen ein, welche 40 cm Länge haben. Weitere Ausladungen erreicht man durch herausgeſtreckte Eiſenſtäbe, die ſtets ſo angeordnet werden müſſen, daß ſie nicht ſichtbar ſind. An Stelle ſolcher Eiſen ſtreckt man auch wohl Sandſteinkonſolen heraus; dieſe Konſolen und Eiſen müſſen aber gehörig belaſtet oder durch Verankerungen mit dem tiefer liegenden Mauerwerk verbunden werden, damit das Geſims nicht umkippt.

Die Backſteingeſimſe pflegen nur an einfachen Gebäuden Verwendung zu finden. Eine beliebte Anordnung derſelben gibt Fig. 5; dieſelbe zeigt gleichzeitig den Abſchluß derſelben an einem ſogenannten Giebelohr, welches das ſchwierige Herumführen der Geſimſe am Giebel vermeidlich macht. Eine mannigfaltigere Geſtaltung gewinnen dieſe Geſimſe durch Einfügen von Dachſteinen. — Bei Putzgeſimſen werden die Ziegelſteine dem Geſimsprofile annähernd folgend behauen und dann mit Putz überzogen, wozu man ſich einer hölzernen Schablone bedient. Geſimſe aus Formſteinen, d. h. Ziegel mit Profilen an den Ecken oder an den Seiten oder aus Terrakotta, welche hohl geformt, mit 2,5—3 cm Wandſtärke verſehen und verhältnismäßig leicht ſind, zeigt Fig. 6; ein Hauſteingeſims zeigt Fig. 7 (Techniſche Hochſchule in Charlottenburg). Die Konſolen tragen den oberen Teil der Geſimſe und ſind hinten im Mauerwerk verankert. Dieſe Verankerung und die Belaſtung durch die Attika verhindert das Ueberkippen des weit ausladenden Geſimſes, welches noch die Eigentümlichkeit beſitzt, das Regenwaſſer nach innen zu leiten. Man erſieht auch aus dieſer Figur, daß das Hauſteinmaterial der Geſimſe nur als Verblendung benutzt worden und mit Ziegeln hintermauert iſt. Kunſtſandſteingeſimſe werden im weſentlichen aus Zementmörtel hergeſtellt und ſind den Kunſt- und Formſteingeſimſen ähnlich. Näheres über Steingeſimſe in [3], S. 178 ff. Vgl. a. Gurtſims, Hauptgeſims.

Literatur: [1] Ungewitter, Lehrbuch der gotiſchen Konſtruktionen, 3. Aufl., neu bearbeitet von K. Mohrmann, Bd. 2, Leipzig 1892. — [2] Lübke, W., Geſchichte der Architektur, 5. Aufl., Bd. 1, Leipzig 1875. — [3] Baukunde des Architekten, Bd. 1, 1. Teil, Berlin 1890. *Hacker.*

Geſimsfläche entſteht durch die Bewegung eines ebenen Linienzuges *A* (ſ. die Figur) derart, daß irgend ein Punkt in der Ebene von *A* eine zweite gegebene Linie *B* durchläuft, während die Ebene von *A* in allen ihren Lagen normal ſteht zur Linie *B*; die Linie *A* heißt die Erzeugende, die Linie *B* die Leitlinie der Geſimsfläche. Die Geſimsfläche findet ihre Anwendung in der Architektur. Je nach Geſtalt der Linie *A* unterſcheidet man Hauptgeſimſe, Gurtgeſimſe, Sockelgeſimſe u. ſ. w. (ſ. Geſimſe).



Vonderlinn.

Geſimsſteine heißen alle diejenigen Formſteine, welche zur Bildung von Geſimſen benutzt werden. S. a. Baukunſt, Formziegel (mit Literatur).

Geſpärre, ſ. Dachſtuhl, Bd. 2, S. 513.

Geſperre, Sperrmechanismen.

Geſpinſt, ſ. Drahtgewebe.

Geſpinſtfaſern, ſ. Spinnfaſern.

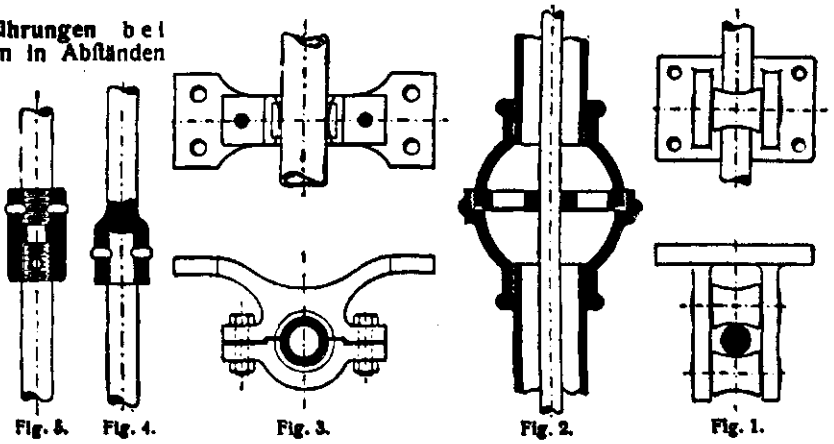
Gesprenge, Dachstuhl- oder Wandbildung mit Sprengwerk (s. d.).

Gesprengt nennen wir solche Hölzer, die durch natürliche Krümmung oder künstlich, d. h. durch Konstruktion, um einen Teil ihrer Höhe in der Mitte nach oben gebogen sind, um eine aufgebrachte Last, ohne einzuschlagen (s. Einschlagen, Einsenkung) besser tragen zu können.

Die hierzu geeigneten Verbindungsweisen sind: Verzahnen und Verdübeln. Ebenso kann durch Sprengwerke verschiedener Art ein Balken tragfähiger gemacht werden: Sprengbalken. — Gesprengte Wand, Hängewand, Sprengwand, nennen wir eine Fachwand, die auf einem frei liegenden Balken so errichtet ist, daß sie diesen nicht nur nicht belastet, sondern ihn auch noch trägt. Das Holzwerk dieser Fachwand bildet ein Hängewerk (s. d.) mit zwei Streben und einer bis drei Hängesäulen mit Zwischenriegeln. Um die Last möglichst zu verringern, werden die Fache der Sprengwand oft nicht ausgemauert, sondern mit Brettern verschalt, verrohrt und verputzt. Bei solchen Wänden können die Streben entbehrt werden, wenn die Schalung in schräger Richtung, verstrebend, erfolgt. *Weinbrenner.*

Gestänge, eine in der Längenrichtung hin und her gehende, aus einzelnen Stangen (Holz, Rundeisen, Rohren) zusammengesetzte Leitung zur Kraftübertragung.

Gestänge der Pumpen, die Verbindungsteile zwischen dem Antriebsmechanismus (Schwengelwerk, Kurbeltriebwerke u. s. w.) und der eigentlichen Pumpe. Das Gestänge bildet die Fortsetzung der Kolbenstange und wird bei gewöhnlichen Pumpen aus Rundeisen oder Eisenrohr hergestellt.



Gestängeführungen bei Pumpen werden in Abständen von 3—4 m angeordnet, um das Gestänge gegen seitliche Ausweichungen und Schwankungen zu sichern. In den meisten Fällen sind längere Gestänge nur auf Zug in Anspruch genommen; dann genügen die sogenannten Rollenführungen (Fig. 1), die mit einem kleinen Spielraum das mit Vollquerschnitten versehene Gestänge in der richtigen Lage halten. Liegt das Gestänge im Innern des Steigrohrs, wie es bei Anwendung von Arbeitszylindern vorkommt, so werden Führungen wie Fig. 2 in das Steigrohr eingesetzt. Ist dagegen die Pumpe zugleich Druckpumpe und das Gestänge abwechselnd auf Zug und Druck in Anspruch genommen, so müssen genaue Führungen in Form von ausgedrehten und ausgefütterten Lagern angewendet werden, in denen das an diesen Stellen verstärkte und rund gedrehte hohle Gestänge fest gelagert ist (Fig. 3); s. a. Pumpen.

Gestängekupplungen. Gestänge von größerer Länge werden aus 3—4 m langen Teilen zusammengesetzt; die Verbindung oder Kupplung wird auf verschiedene Weise ausgeführt: bei Rundeisen am einfachsten durch Ineinanderstecken der beiden Enden und Verstiftung oder Verkeilung wie Fig. 4 oder besser durch eine über beide Enden mit Gewinde geschraubte Muffe wie Fig. 5; Gestängerohre werden in gleicher Weise durch Muffe verbunden. Bei großen, schweren Gestängen sind besondere Konstruktionen zur Kupplung der Teile anzuwenden, die sich in jedem Fall nach dem Material und den vorliegenden besonderen Verhältnissen richten.

Gestänge im Bergbau dienen: 1. zur Kraftübertragung für im Schacht aufgestellte Pumpensätze und bilden den Hauptbestandteil der Fahrkünste (s. Fahren); auch beim Tiefbohren (s. d.) werden Gestänge zur Verbindung des eigentlichen Bohrwerkzeugs und der Kraftquelle angewendet. 2. Zuweilen nennt man noch die zur Grubenförderung (s. d.) benutzten Fördergleise Gestänge.

Gestänge der Eisenbahn (Schienengestänge), die fortlaufende, das Gleis bildende Verbindung der Schienen miteinander und mit den Schwellen (s. Oberbau). Wegen Verwendung von Gestängen in Stellwerken s. d., vgl. a. Wasserhebung, Schiffsmaschine.

Gestängebohren, -gabel, s. Tiefbohren.

Gestängekreuz, Winkelhebel in einem Gestänge.

Gestängemaschinen, s. Kraftübertragung im Bergbau.

Gestängeschlösser, Kupplungen des Gestänges (s. d.).

Gesteine, Fels-, Gebirgs-, Gesteinsarten werden diejenigen Bestandteile der Erdrinde genannt, die in bedeutenden Massen auftreten und einen wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung der Erdrinde nehmen.

Die Wissenschaft von den Gesteinen, die Gesteinslehre, Petrographie, Lithologie, bildet somit einen Zweig der Geologie und stützt sich im wesentlichen auf die Mineralogie, weil die Gesteine entweder gebirgsbildende Mineralien selbst oder Gemenge aus mehreren Mineralien darstellen. — Die Eigenschaften der Gesteine gruppieren sich in drei Hauptabteilungen: in die chemische, die mineralische und in die strukturelle Beschaffenheit. Da die Kenntnis des mineralischen Bestandes auch bis zu einem gewissen Grad diejenige der chemischen Eigenschaften in sich schließt, so sind es eigentlich nur diese beiden letzteren Gesichtspunkte, die bei der Beschreibung eines Gesteins in erster Linie in Betracht kommen.

Bis um die Mitte des letzten Jahrhunderts wurde die Untersuchung der Gesteine ausschließlich durch die Lupe ausgeführt, indem man entweder die einzelnen Gemengteile im Gestein selbst untersuchte oder nach dem Zerkleinern zu isolieren und zu bestimmen versuchte. Nur die grobkörnigen Gesteine und die größere Massen einnehmenden Gemengteile ließen sich auf diese Weise einigermaßen genau erkennen und auseinander halten. Für die feinkörnigen und dichten Gesteine jedoch reichten diese Hilfsmittel der Untersuchung keineswegs aus, ja sie ließen den Forscher gänzlich im Stich. Die Kenntnis der mineralischen und strukturellen Zusammensetzung der Gesteine blieb daher eine äußerst unvollkommene und ungenügende, bis in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts H. Cl. Sorby das Mikroskop in die Gesteinsuntersuchung einführte, nachdem sich vor ihm schon Chr. Ehrenberg mit der mikroskopischen Beschaffenheit der Gesteine und Versteinerungen beschäftigt hatte. Die Benutzung dieses Instrumentes gestattet die erschöpfendste Untersuchung aller mineralischen und strukturellen Eigenschaften und sie ist heute das erste Erfordernis in der petrographischen Forschung und in der stofflichen Erkenntnis. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auch eine Reihe von technischen Prüfungen der Gesteine rascher zum Ziele geführt werden könnte, wenn die genaue stoffliche Zusammensetzung der zu prüfenden Gesteine bekannt wäre. Festigkeit, Verwitterbarkeit und Wetterbeständigkeit sind ohne Widerrede Funktionen der stofflichen und strukturellen Beschaffenheit, und ihre Kenntnis hätte daher notwendigerweise allen andern Prüfungen vorauszugehen.

Zur Herstellung des mikroskopischen Beobachtungsmaterials eines Gesteins verwendet man dünne Splitter desselben, die zunächst auf einer Breitseite eben geschliffen (mit Schmirgel auf einer Eisenplatte) und fein geglättet werden. Mit der angeschliffenen Fläche wird der Splitter mittels Kanadabalsams auf eine kleine Glastafel auf- und festgekittet und dann auf ihr so dünn geschliffen, daß man beiläufig durch ihn lesen kann. Die Dicke des zu mikroskopischen Beobachtungen geeigneten Dünnschliffes hängt von der Durchsichtigkeit des Gesteins ab; sie schwankt zwischen 0,05 und 0,1 mm. Das Mikroskop lehrt alle einzelnen Gemengteile und ihre Verknüpfung miteinander kennen; seiner Anwendung muß jedoch das genaue Studium der gesteinsbildenden Mineralien gerade nach dieser Eigenschaft vorausgehen. Für die chemische Untersuchung ist in der Regel die Ausführung einer quantitativen Baufchanalyse oder mikrochemischer Untersuchungen geboten. Im übrigen schwankt die Untersuchungsmethode je nach dem in Aussicht genommenen Ziel oder nach der Natur des Gesteins. Die Ausführung quantitativer Analysen hat bei klastischen Gesteinen (Sandsteinen) für die Kenntnis derselben weniger Wert als bei Eruptivgesteinen, deren Klassifikation im allgemeinen sich nach der chemischen Analyse zu richten hat.

Die chemische Zusammensetzung der Gesteine unterliegt, von den Karbonaten, Salzen und Kohlen abgesehen, oberflächlich betrachtet, sehr geringem Wechsel. Die ältesten Gesteine der Erdkruste und die aus feurig-flüssigem Magma erstarrten sowie alle diejenigen, die aus der Umlagerung des Verwitterungsmaterials derselben hervorgegangen sind, stellen sich in der Hauptsache nur als Verbindungen der Kieselsäure mit Tonerde, Eisenoxyden, Kalk, Magnesia und Alkalien dar, nämlich alle kristallinen Schiefer, Eruptivgesteine, Sandsteine, Schiefertone, Sande und Konglomerate. Die meisten übrigen chemischen Elemente und ihre Verbindungen kommen in diesen Gesteinen auch vor, aber in so geringer Menge, daß von einem erkennbaren Einfluß auf den allgemeinen Charakter des Gesteins nicht die Rede sein kann. Nur auf Lagerstätten untergeordneter Ausdehnung trifft man die selteneren Verbindungen angehäuft. — Größer als die Zahl und die Menge der weitestverbreiteten chemischen Verbindungen ist die Zahl der an der Zusammensetzung der Gesteine beteiligten Mineralien, und durch einen starken Wechsel in der Menge derselben werden wiederum die zahlreichen Arten der Gesteine erzeugt.

Es muß hier hervorgehoben werden, daß die gemengten Gesteine niemals Arten, fest begrenzte Begriffe, wie sie etwa die zoologische oder botanische Art oder das Mineral darstellt, sein können. Die Mengenverhältnisse der einzelnen Mineralien in den Gesteinen unterliegen so vielen Schwankungen und sind bei vielen Gesteinen so wenig an bestimmte Gesetze gebunden, daß man füglich für jedes Gestein eine besondere Art schaffen und sonach die Zahl der Arten mit der Zahl der Vorkommen sich decken lassen müßte.

Die verbreitetsten Mineralien entsprechen den verbreitetsten chemischen Verbindungen, der Kieselsäure und deren Verbindungen. Der Quarz dürfte sowohl der Zahl als der Verbreitung nach das wichtigste Mineral sein. Er bildet den Hauptbestandteil der ältesten Gesteine der Erdkruste und damit der größten Gebirge (Gneis, kristalline Schiefer, Granite, Porphyre), und aus ihnen stammend, ist er seiner schweren Löslichkeit und großen Härte wegen in den Sedimentärgesteinen (Sandsteine, Konglomerate, Sande, Schiefertone u. s. w.) in großer Menge aufgehäuft. Ihm nahe steht an Wichtigkeit und Verbreitung der Feldspat und dessen hauptsächlichstes Verwitterungsprodukt, der Ton. Ersterer stammt aus den gleichen Quellen wie der Quarz, und letzterer bildet ebenfalls den Hauptteil der wichtigsten Sedimente. Diesen beiden Mineralien reihen sich unter den Silikaten die Augite und Hornblenden an, die den wesentlichsten Bestandteil der jüngeren, an Kieselsäure armen Eruptivgesteine bilden, aber in den Sedimentärgesteinen nur wenig erhalten geblieben sind. Die Glimmer sind in den ältesten Gesteinen (kristallinen Schiefern, Granit) außerordentlich verbreitet und haben sich auch bis in die Schichtgesteine

hinein erhalten, treten aber vielfach in ihnen wieder als Neubildungen auf. Olivin iſt ein häufiger Gemengteil in manchen Eruptivgeſteinen, ein ſeltener aber in den Schichtgeſteinen. Granat, Turmalin, Chlorit haben nur untergeordnete Bedeutung. Ungemein weit verbreitet, aber in geringen Mengen, ſind die verſchiedenen Oxyde des Eiſens, Rot- und Brauneiſenerz, Magneteiſen und der Schwefelkies. In den älteſten und in den eruptiven Geſteinen erſcheint der Kalkſpat untergeordnet; dafür iſt ſeine gebirgsbildende Rolle bei den Schichtgeſteinen um ſo größer. Ihm nahe ſteht der Dolomit. Minder wichtig an Verbreitung ſind Gips, Steinſalz, Anhydrit, Flußſpat und endlich die kohligen Subſtanzen.

Die Art der Anordnung und Verknüpfung der Gemengteile untereinander und ihre Formen, alſo das, was mit Gefüge, Textur und Struktur bezeichnet wird, bildet die dritte wichtige Eigenſchaft der Geſteine. Man kann hier drei Hauptſtrukturformen unterſcheiden: die amorphe, kriſtalline und klaſtiſche. Als amorphe (ſ. d.) ſind diejenigen Mineral- oder Geſteinsteile zu bezeichnen, die keinerlei Kriſtallnatur oder -form beſitzen. Hierher gehören die Glasgeſteine. Als kriſtallin ſieht man diejenigen Geſteine an, deren Gemengteile wohl kriſtalliſiert ſind, aber nicht notwendigerweiſe auch die äußere Kriſtallform zeigen müſſen, alſo Kalkſteine, Salz, Eruptivgeſteine u. ſ. w. Als klaſtiſch werden ſolche Geſteine bezeichnet, bei denen die einzelnen Gemengteile nicht die ihnen als Kriſtall zukommende Form, ſondern eine andre, zufällige, durch mechaniſche Einflüſſe erzeugte äußere Form beſitzen (z. B. Bruchſtücke, Sandkörner, Geröll u. ſ. w.). Die kriſtalline Struktur weiſt nun ſelbſt wieder eine Reihe von Abänderungen auf. Körnig wird ein Geſtein genannt, wenn ſeine Gemengteile von annähernd gleicher Größe ohne beſtimmte Anordnung richtungslos miteinander verwachſen ſind. Man ſpricht von grob-, mittel-, klein-, zucker- und feinkörnig, und zwar das erſtere, wenn die Größe der Gemengteile etwa 5 mm überſchreitet. Als dicht (aphaniſtiſch) wird derjenige Grad von Feinkörnigkeit bezeichnet, bei dem mit bloßem Auge oder mit der Lupe die einzelnen Gemengteile nicht mehr erkennbar ſind. Als Gegenſatz zur körnigen Struktur iſt die porphyriſche anzuſehen. Einzelne Gemengteile treten bei ihr als „Einſprenglinge“ durch ihre Größe und ihre äußere Kriſtallbegrenzung aus einer für das bloße Auge ſcheinbar gleichartigen Maſſe, der Grundmaſſe, hervor. Dieſes Gefüge iſt bei den eruptiven Geſteinen außerordentlich häufig und erklärt ſich dadurch, daß ſich einzelne Gemengteile als Einſprenglinge mit äußerer Kriſtallform bereits ausgeſchieden hatten, als die übrige Maſſe des Magmas noch flüſſig war. Ihre Erſtarrungsform bildet die „Grundmaſſe“ des Geſteins und ſie zeigt meiſt dieſelben Gemengteile in zweiter Kriſtalliſation wie die Einſprenglinge. Sind die Einſprenglinge oder Ausſcheidungen der Grundmaſſe einander parallel gerichtet, und zwar ſo, daß die kleinen Kriſtällchen der Grundmaſſe die Einſprenglinge zonenartig umgeben und ſich an deren Rand parallel anlegen, ſo kommt eine Flußſtruktur, Fluidal- oder Fluktuationsſtruktur zuſtande, beſonders dann, wenn in der Grundmaſſe ein nicht kriſtalliſierter (amorpher) Reſt von Glas geblieben iſt. — Sind die Beſtandteile eines Geſteins gruppenweiſe radialſtrahlig um ein Zentrum angeordnet, ſo entſteht die ſphärolithiſche, auch variolithiſche Struktur. Das oolithiſche Gefüge kennzeichnet ſich dadurch, daß die Geſteinsſubſtanz aus radialſtrahlig gebauten, konzentriſch übereinander liegenden Schalen beſteht. Die Strukturbegriffe ſchuppig, ſchieferig, blätterig, faſerig, geſtreckt, porös, zellig, blaſig, ſchlackig verſtehen ſich von ſelbſt.

Die Abſonderung (ſ. d.) der Geſteine richtet ſich nach ihrer Lagerungsform (ob Gang, Stock, Lager) und nach der Korngröße. — Die Verwitterung der Geſteine hängt nach ihrer chemiſchen Seite in erſter Linie von dem Grade ihrer Löslichkeit in Waſſer und beſonders in kohlenſäurehaltigem Waſſer ab. Letzteres vermag als Regen oder als fließendes Waſſer Steinſalz, Anhydrit, Gips, ferner Kalkſtein und Dolomit vollſtändig wegzuführen. Dieſe werden durch die Atmoſphärilien fortgeführt und ſo leere Räume zwiſchen den unlöslichen geſchaffen, die ein Zerfallen des Geſteins bewirken. Unlösliche Mineralien ſind ſehr ſelten in Geſteinen vorhanden. Selbſt der Quarz kann als löslich in kohlenſäurehaltigem Waſſer gelten, wenngleich er wohl am ſchwerſten angreifbar iſt. Alle tonerdehaltigen Geſteine können nicht vollſtändig in Löſung gehen, ſie laſſen bei der Verwitterung ſtets einen unlöslichen Reſt von kieſelſaurer Tonerde (Kaolin) zurück, der mit andern ſchwer löslichen Mineralien des Geſteins, z. B. Quarz, Zirkon u. ſ. w., vermengt iſt. Da die meiſten kriſtallinen Geſteine Tonerdeſilikate führen, ſo iſt das Endprodukt ihrer Verwitterung ſtets eine aus ihnen zuſammengeſetzte Maſſe. Zwiſchen dem unverwitterten Zuſtand und dem Endprodukt gibt es für die verſchiedenen Geſteine ein Zwiſchenſtadium, das bei den gemengten Geſteinen ſtets in der größeren oder geringeren Lockerung der einzelnen Gemengteile beſteht; ſie zerfallen zu einem Grus wie viele Eruptivgeſteine, zu Sand, wie die Sandſteine, zu Kies, wie die Konglomerate u. ſ. w. Die Verwitterung beginnt von den Klüften und Haarriſſen des Geſteins aus, indem hier das löſende Waſſer ſeine Tätigkeit eröffnet. Inſoweit bildet die Waſſeraufnahmefähigkeit einen Maßſtab für die Verwitterungsfähigkeit. Dichte und feinkörnige Geſteine unterliegen dem Einfluß der Löſung ſchwerer als grobkörnige. Faſt in den meiſten Fällen verändert die Verwitterung die Farbe des Geſteins, und zwar beſteht der Vorgang zumeiſt in einer Bleichung. Die Eruptivgeſteine insbeſondere nehmen gelbe, braune und rötliche Farben an, weil das ihnen eigne Magneteiſen (oder auch Eiſenglanz, -ſilikat und -karbonat) in Eiſenoxyd oder Eiſenoxydhydrat übergeführt wird. Die gelöſten Subſtanzen werden wie die lockeren Produkte des Zerfalls leicht fortgeführt; erſtere ſcheiden ſich als Neubildungen wieder ab (Zeolithe, Kalktuff u. ſ. w.), letztere bilden bei dem Niederſinken aus dem Transportmittel (fließendes Waſſer, Wind) Sedimente verſchiedener Art, Tone, Sand, Lehm, Löß, Sandſtein, Kies, Konglomerat. Die mechaniſche Verwitterung wird durch die Reibung erzeugt, die Atmoſphärilien und die in ihnen ſuspendierten feſten Teile (ſandführender Wind, Waſſer, Eis, als Gletſcher u. ſ. w.) auf die Geſteine ausüben; ferner durch den raſchen Wechſel der Temperatur, der den Zerfall der Geſteine beſchleunigt, endlich durch Volumenveränderung des in den Geſteinen enthaltenen Waſſers, beſonders beim Gefrieren. Dieſe Vorgänge haben eine Zertrümmerung des

Geſteins zur Folge. Die mechaniſche Verwitterung (ſ. a. Eroſion) kommt in tropiſchen Klimaten ſtärker zur Geltung als die chemiſche, die in gemäßigten und niederſchlagsreichen herrſcht.

Das ſpezifiſche Gewicht der Geſteine unterliegt nicht großen Schwankungen und bewegt ſich, von den Kohlen abgeſehen, zwiſchen 2,0 und 3,5. Ein geſetzmäßiges Verhalten innerhalb der einzelnen Geſteinsfamilien beſteht nicht, weil die Mengenverhältniſſe der einzelnen Gemengteile nicht bekannt ſind. Doch läßt ſich ſagen, daß die an Kieſelſäure (Quarz) reichſten Geſteine die leichteſten, die an Baſen (Alkalien, alkaliſchen Erden und Metalloxyden) reichſten die ſchwerſten ſind, Gips, Steinſalz und Kohlen ausgenommen; z. B. das ſpezifiſche Gewicht des Granits iſt etwa 2,6—2,8, dasjenige des Leucitbaſaltes etwa 3,3—3,4. Da viele Geſteine nicht kompakt, ſondern porös und reich an Hohlräumen ſind, z. B. Oolithe, Zellenkalke, Sandſteine, Laven, Bimsſteine, ſo bleibt das Raumgewicht dieſer Geſteine oft weit hinter dem ſpezifiſchen Gewicht derſelben zurück. Schmilzt man Geſteine und läßt ſie wieder erſtarren als glasartige Schlacke, ſo zeigt dieſe ſtets ein geringeres ſpezifiſches Gewicht als das kriſtalline unveränderte Geſtein.

Magnetiſche und zwar polarmagnetiſche Eigenſchaften ſind bei einigen Geſteinen nachgewieſen worden, ſo z. B. beim Granit im Harz, beim Serpentin, beim Baſalt. Wie es ſcheint, kommt polarer Magnetismus allen eiſenhaltigen (dunkel gefärbten) Eruptivgeſteinen in größerem oder geringerem Grade zu. — Die Fortpflanzung der Wärme iſt in einfachen und gemengten, dichten und feinkörnigen Geſteinen mit richtungsloſer Struktur nach allen Seiten gleichmäßig. In den ſchieferigen Geſteinen dagegen iſt die Fortpflanzung in der Schieferungsebene gleichmäßig nach beiden Richtungen, quer zu ihr aber geringer. Im Gneis von St. Gotthard verhält ſich die Fortpflanzung in der Schieferung zu derjenigen quer zu ihr wie 1,5 zu 1, bei Glimmerſchiefer wie 3 zu 1. Das Wärmeleitungsvermögen von Geſteinen wurde von E. Leß in einigen Fällen beſtimmt. Am höchſten bei einem pyrenäiſchen Marmor gefunden und gleich 1000 geſetzt, ergab es ſich bei Granit zu 700—800, bei carrariſchem Marmor zu 769, bei Sandſtein von Strehlen zu 701, bei ſächſiſchem Serpentin zu 676, bei Tonſchiefer aus dem Schwarzatal zu 469, bei gewöhnlichem Ton zu 275. Die ſpezifiſche Wärme (für Waſſer gleich 1 geſetzt) fand Mallet für Diabas 0,204, für Granit 0,18—0,215, für Dolomit 0,245, für Marmor 0,203, für Schiefer 0,218.

Die Spaltbarkeit der Geſteine iſt wie bei den Mineralien durch das Minimum der Kohäſion bedingt, das normal auf der Spaltungsfläche ſteht. Fallen die Spaltungsflächen der Hauptgemengteile im allgemeinen in eine Ebene, ſo ſpaltet auch in dieſer das Geſtein am beſten und ſenkrecht zu ihr am ſchlechteſten. Solche die Spaltung befördernden Mineralien ſind die Glimmer, die als dünne Blättchen in kriſtallinen Schiefern, Sandſteinen, Tonſchiefern meiſt parallel untereinander angeordnet ſind; ähnlich verhält ſich Hornblende, Chlorit. Alle an dieſen Mineralien reichen Schiefer ſpalten in der Schieferungs- oder Schichtungsebene leicht, ſenkrecht zu ihr nicht. Im Querbruch geben ſie rauhe, ſehr unebene Flächen. Die Geſteine mit richtungsloſer Anordnung der Gemengteile ſpalten nach allen Seiten gleich, alſo alle maſſigen oder eruptiven Geſteine, ausgenommen diejenigen, die eine ſogenannte Fluidalſtruktur beſitzen. Beim Granit jedoch wurden trotz der ſcheinbar richtungslos-körnigen Struktur Verſchiedenheiten in der Spaltungsfähigkeit beobachtet.

Die Härte der Geſteine richtet ſich nach der Härte der einzelnen Gemengteile. Sie wird im allgemeinen über diejenige des Quarzes (7) als des härteſten der geſteinsbildenden Mineralien nicht hinausgehen. Die friſcheſten, d. h. nicht zerſetzten Geſteine weiſen einen höheren Härtegrad auf als die verwitterten. Die Härte iſt für die Abnutzbarkeit und Politur der Geſteine von großer Wichtigkeit. Liegen die Härtegrade der einzelnen Hauptgemengteile weit unter derjenigen des Kalkſpates (3), ſo iſt ein Polieren des Geſteins kaum möglich, es ſei denn, daß das Geſtein nur aus einem Mineral beſteht, wie der Alabaſter (Härte 2). Weichen die Härtegrade der einzelnen Hauptgemengteile untereinander ſehr ab, dann kann ebenfalls eine Politur nicht erreicht werden; ſie iſt alſo nur möglich bei Geſteinen von einer Härte über 2 und bei annähernd gleichen Härtegraden der einzelnen Gemengteile, z. B. Quarz (7), Feldſpat (6), im Granit u. ſ. w. Die Abnutzbarkeit wird beeinflußt durch die Härte der Gemengteile; das zeigen die von J. Bauſchinger ausgeführten Verſuche. Alle quarzreichen Eruptivgeſteine, dann Quarzite und Grauwacken zeigen die geringſte Abnutzung, größere dagegen die quarzfreien Eruptivgeſteine, noch größere die Kalkſteine und die Sandſteine mit Feldſpat- oder Tonbeimengungen. Für die Beurteilung der Abnutzbarkeit kommt neben der Härte der Hauptgemengteile bei den gemengten Geſteinen noch das Mengenverhältnis der Mineralien eines Härtegrades zu denjenigen eines andern in Betracht. — Ziemlich ähnlich geſtalten ſich die Beziehungen der Druckfeſtigkeit zur Härte, doch iſt dieſe noch abhängig von der Elaſtizität der Geſteine. Im allgemeinen wird die Gegenwart ſehr harter Gemengteile (Quarz) die Druckfeſtigkeit erhöhen und diejenige ſehr weicher (Kalkſpat) ſie erniedrigen. Das wird auch dadurch bewieſen, daß Dolomite durchſchnittlich eine größere Druckfeſtigkeit beſitzen als Kalkſteine. Aber die Druckfeſtigkeit wird durch Mangel an Elaſtizität der Hauptgemengteile wieder gemindert, und was in der Mineralogie als ſpröd bezeichnet wird, iſt nicht geeignet, die Feſtigkeit zu erhöhen. Demgemäß werden die ſogenannten zähen und biegſamen Mineralien (Glimmer, Chlorit, Serpentin, gewiſſe Hornblende- und Augitarten) die Feſtigkeit günſtig beeinfluſſen, vorausgeſetzt, daß ſie nur einen untergeordneten Anteil am Geſtein haben, das vorwiegend aus harten Mineralien beſteht. Auch die Art der Struktur des Geſteins dürfte von Einfluß auf die Feſtigkeit ſein. Ein mäßig vorhandenes Glaszement zwiſchen den harten Hauptgemengteilen oder feinverteilte, faſerige und filzige, chloritiſche Subſtanz, auch wohl Quarz als Reſteckausfüllung in der Grundmaſſe mancher porphyriſcher Geſteine ſind ſicher geeignet, die Feſtigkeit der Geſteine zu erhöhen. Gewiſſe Strukturformen, wie die granophyriſche Verwachſung von Quarz und Feldſpat, reihen ſich hier an, ferner bei den weniger harten Gemengteilen die ophitiſche Struktur der Diabaſe. Die grobkörnigen

Geſteine entbehren im allgemeinen des Vorzugs großer Feſtigkeit mehr als die feinkörnigen von gleicher Zuſammenſetzung.

Es bedarf eigentlich keiner beſonderen Erwähnung, daß der friſche, unverwitterte Zuſtand eines Geſteins im allgemeinen der feſteſte iſt. Ausgenommen davon ſind nur diejenigen verwitterten Geſteine, bei denen der Augit, die Hornblende, manche Feldſpate und der Olivin in grünliche, chloritiſche oder ſerpentinoſe Faſeraggregate umgewandelt ſind und Quarz in Neubildungen als Zement vorhanden iſt. Die Umwandlung des Feldſpates in Kaolin und Glimmer vermindert wegen der weichen und erdigen Beſchaffenheit dieſer Umwandlungsprodukte unter allen Umſtänden die Feſtigkeit ſehr bedeutend. Deswegen werden Sandſteine mit ſo beſchaffenem Bindemittel keinesfalls an diejenigen mit quarzigem Bindemittel heranreichen. Leider beſtehen bis jetzt noch keinerlei ſichere Beziehungen zwiſchen der Feſtigkeit und den mineraliſch ſtrukturellen Eigenſchaften der Geſteine, da Unterſuchungen nach dieſer Richtung durchaus fehlen.

Hinſichtlich der Entſtehungsweiſe der Geſteine unterſcheidet man:

1. Eruptive Geſteine (ſ. d.), die Erſtarrungsprodukte eines feurig-flüſſigen Magmas ſind, gleichviel, ob dieſes große unterirdiſche Hohlräume oder offene Spalten ausfüllt oder ſtromartig über die Oberfläche ſich ergoſſen hat.

2. Sedimentäre oder neptuniſche Geſteine, die aus einem flüſſigen (auch wohl gasförmigen) Medium, zumeiſt Waſſer, teils in Form von Löſungsrückſtänden, teils als mechaniſche Abſätze von feſten kleinen Teilchen aus ſuspendiertem Zuſtand zur Abſcheidung gelangten. Als Rückſtände aus Löſungen können angeſehen werden: Kalkſteine, Kalktuffe, Dolomit, Gips, Anhydrit, Steinſalz u. a. Als mechaniſche Sedimente ſind Lehm, Löß, Sand, Kies, Konglomerat, Ton, Schieferton u. a. anzuſehen. War das fortbewegende Mittel Eis, ſo gelangten Moränen, Geſchiebelehme und -mergel zur Ablagerung. Sehr feine Teilchen werden auch zeitweilig vom Wind aufgenommen und weitergetragen; ſie gelangen als äoliſche Bildungen zur Ablagerung (Flugſand, Staublöß, vulkaniſche Aſche, Sand).

3. Metamorphe Geſteine; ſie werden teils durch chemiſche, teils durch phyſikaliſche Umwandlungen aus vorhandenen Geſteinen erzeugt. Die durch Berührung von feurig-flüſſigen Magmen entſtehenden Kontaktgeſteine (Hornfels, Knotenſchiefer u. ſ. w.) ſind metamorphe Geſteine. Auch durch mechaniſche Veränderungen können aus vorhandenen Geſteinen neue Geſteinstypen entſtehen, z. B. aus Graniten gneisartige Geſteine.

4. Organogene Geſteine; ſie kommen durch Verweſung abgeſtorbener tieriſcher und pflanzlicher Körper zuſtande oder ſind Anhäufungen von Hartteilen ſolcher (z. B. von Tieren). Zu den erſteren gehören die Kohlen, zu letzteren die Muſchelbänke, Korallenriffe u. a.

Dieſe Entſtehungsweiſen können ſich in einigen Fällen zur Bildung eines Geſteins vereinigen und komplizieren; ſie erſchöpfen auch keineswegs alle Möglichkeiten. So z. B. iſt die Entſtehung der kriſtallinen Schiefer (Gneis, Glimmer-, Hornblendeſchiefer) keineswegs mit Sicherheit unter eine der vier Abteilungen unterzubringen, obwohl manche auf metamorphem Weg zuſtande gekommen ſein mögen. Klaſſifiziert werden die Geſteine im allgemeinen in 1. eruptive Geſteine, 2. kriſtalliniſche Schiefer, 3. Sedimentgeſteine. Letztere zerfallen in einfache und gemengte oder klaſtiſche.

Literatur: 1. Hauptwerke, Lehr- und Handbücher: Kalkowsky, E., Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886; Zirkel, F., Lehrbuch der Petrographie, 3 Bde., Leipzig 1893 und 1894; Rofenbuſch, H., Mikroſkopiſche Phyſiographie der Geſteine, 3. Aufl., Stuttgart 1892–96; Derſ., Elemente der Geſteinslehre, 2. Aufl., Stuttgart 1901; Roth, J., Allgemeine und chemiſche Geologie, Bd. 2 und 3, Berlin 1887 und 1890; Blaas, J., Katechismus der Petrographie, Leipzig 1882; v. Laſaulx, Einführung in die Geſteinslehre, Breslau 1886; Vélain, Ch., Conférences de pétrographie, Bd. 1, Paris 1889; Rinne, F., Prakt. Geſteinskunde, 2. Aufl., Hannover 1905; Minſchenk, Grundzüge der Geſteinskunde, Freiburg i. B. 1902–04. — 2. Techniſche Verwendung: Bauſchinger, J., Mitteil. aus dem mech.-techn. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochſchule in München, 1884, Heft 10, 11; 1889, Heft 18, 19; Mitteil. aus den Kgl. techn. Verſuchsanſtalten zu Berlin, 1885, Bd. 3, Heft 1; 1892, Bd. 10, Heft 5; Koch, H., Die natürlichen Bauſteine Deutſchlands, Berlin 1892; Nivoit, E., Géologie appliquée à l'art de l'ingénieur, Bd. 1, Paris 1887; Hausmann, J. F. L., Ueber den Einfluß der Beſchaffenheiten der Geſteine auf die Architektur, Abhandl. der Kgl. Geſellſchaft der Wiſſenſch. zu Göttingen, Bd. 8, Göttingen 1858; Dechen, H. v., Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutſchen Reiche, Berlin 1873; Geinitz, H. B., und Sorge, C. Th., Ueberſicht der im Königreich Sachſen zur Chauſſeeunterhaltung verwendeten Steinarten, Dresden 1869; Fraas, O., Die nutzbaren Minerale Württembergs, Stuttgart 1860; Kinkelin, F., Die nutzbaren Geſteine und Mineralien zwiſchen Taunus und Speſſart, Bericht der Senkenberg. naturforſchenden Geſellſchaft, Frankfurt a. M. 1888; Herrmann, O., Steinbruchsinduſtrie und Steinbruchsgeologie, Berlin 1899.

Loppia.

Geſteinsbohrung, ſ. Bohr- und Sprengarbeit, Tiefbohren.

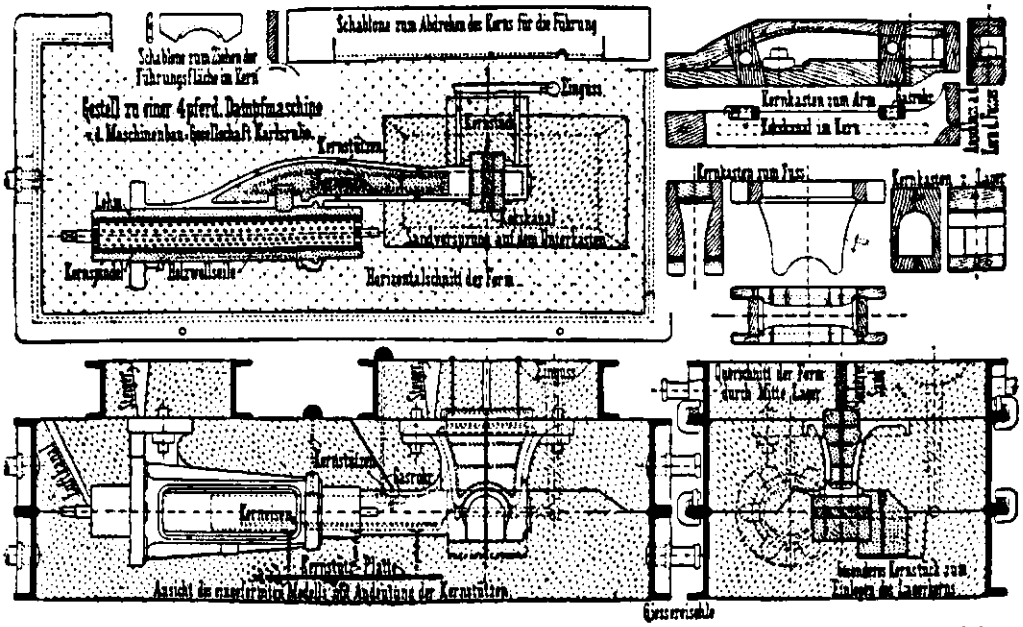
Geſteinsſpannung, ſ. Gewinnungsarbeiten.

Geſteinstemperatur, ſ. Geothermik, Geſteine, Wetter.

Geſtein, taubes, ſ. Aufbereitung.

Geſtell, für Maſchinen, hat die Aufgabe, die Maſchinenteile zu tragen und die in den Lagern, Führungen und Befeſtigungen wirkenden Kräfte untereinander zum Ausgleich zu bringen, freie Kräfte durch ſeine Maſſe und beſonders durch die Maſſe des mit ihm verbundenen Fundamentes aufzunehmen.

Wo es nicht auf beſondere Leichtigkeit ankommt, wie bei fahrbaren Maſchinen, eignet ſich Gußeiſen am beſten dazu, und zwar mit ſolcher Verteilung der Maſſe, daß die elaſtiſchen Formänderungen möglichſt gering ausfallen. In dieſem Sinne wirkt Hohlguß beſſer als Rippenguß.



Berechnung eines Bajonettgeſtells ſ. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1890, S. 935; Ueber Geſtelle ſtehender Dampfmaſchinen ſ. ebend. 1899, S. 1285, und 1902, S. 724. Die Gußform für ein kleines Bajonettgeſtell zeigt die vorſtehende Figur. *Lindner.*

Geſtell, in der Metallurgie, ſ. Oefen, metallurgiſche.

Geſtell, im Bergbau, ſ. v. w. Fördergeſtell (ſ. d.).

Geſtellwagen, ſ. Bremsbergförderung.

Geſtelzt (überhöht), bei Bogen gebräuchlich, deren Mittelpunkt höher liegt als der Kämpfer oder deren Schenkel tiefer herabreichen als die Anfängerhöhe. Das Maß der Ueberhöhung ſollte nicht größer als der Halbmeſſer ſein. *Weinbrenner.*

Geſteuerter Kompreſſor, ſ. Luftkompreſſor.

Geſtör, ſ. Floß.

Geſtübbe (mit Holzkohlen- oder Kokspulver gemagerter Ton oder Lehm), wird zum Abdichten und Auskleiden der Schmelzherde, zum Formen von Dämmen, Stichlöchern, Sammelſümpfen und andern Teilen metallurgiſcher Oefen benutzt. Bei der Verwendung iſt zu berückſichtigen, daß es reduzierend wirkt. *Beckert.*

Geſtütsanlagen, Anſtalten zur Pferdezucht. Man unterſcheidet Staats- und Privatgeſtüte. Erſtere betreiben entweder die Pferdezucht unmittelbar (Hauptgeſtüte) oder ſie befördern nur die Pferdezucht mittelbar durch Errichtung von Hengſtdepots (Landgeſtüte), in denen eine größere Zahl guter Hengſte, der Landbeſchäler, aufgeſtellt wird. Durch dieſe werden gegen Entrichtung von Deckgebühren die Stuten des Privatbeſitzers gedeckt.

Die im Mittelalter hoch entwickelte Pferdezucht Deutſchlands wurde durch den Dreißigjährigen Krieg vernichtet. Später wurde ſie wieder durch Gründung der Staatsgeſtüte neu belebt, in Preußen namentlich durch Schöpfung des weltberühmten Hauptgeſtütes Trakehnen in Oſtpreußen und des Friedrich-Wilhelm-Geſtüts in Neuſtadt a. Doſſe, beide Schöpfungen des Königs Friedrich Wilhelm I. Dieſe Geſtüte waren anfangs Hofgeſtüte; ſie übten einen Einfluß auf die Landespferdezucht erſt nach Befreiung des Bauernſtandes und Ueberweiſung der Geſtüte an das Land. Zweck dieſer Maßregel war damals, im ganzen Lande tüchtige und ausdauernde Kavalleriepferde zu züchten, was auch in hohem Grade gelungen iſt. Gegenwärtig wird auf Züchtung von Gebrauchspferden aller Art, je nach Bedarf unter Berückſichtigung der eigenartigen, namentlich der landwirtſchaftlichen Verhältniſſe der umliegenden Landſchaft gehalten. In den Hauptgeſtüten werden die Beſchäler für die Landgeſtüte und die Stuten für den eignen Bedarf gezüchtet. Alle hierzu nicht geeigneten Tiere werden zu beſtimmten Jahreszeiten meiſtbietend verkauft. Durch Ankauf vorzüglicher Pferde wird für Erneuerung des Blutes in den Hauptgeſtüten geſorgt.

1. Hauptgeſtüt. Die drei Hauptgeſtüte Preußens, Trakehnen in Oſtpreußen, Beberbeck in Heſſen und Graditz in Sachſen, ſind nicht nach einheitlichem Plan neu entſtanden, ſondern ſie haben ſich allmählich aus beſcheidenen Anfängen entwickelt. Ueberall wird die Pferdezucht in Verbindung mit Landwirtſchaft betrieben, die vorzugsweiſe bezweckt, das Futter für die Pferde einſchließlich der Milch für die Fohlen im eignen Betriebe zu gewinnen und große Weideflächen zu unterhalten. Deshalb tragen die Vorwerke der Hauptgeſtüte den Charakter

landwirtſchaftlicher Gehöfte. Trakehnen wird in zwölf, Graditz in drei und Beberbeck in zwei Vorwerken bewirtſchaftet. — Die Einrichtung eines Hauptgeſtütes erfordert: 1. Muttergeſtüte (in Trakehnen fünf Vorwerke). Dort ſtehen die Mutterſtuten, findet das Abfohlen ſtatt und bleiben die Fohlen ein Jahr; ſodann kommen ſie 2. in die Stut- oder Hengſtfohlenſtälle; dort werden ſie mit $3^1/_2$ Jahren ausgemuſtert, worauf ſie 3. in feſte Stände kommen und geritten werden; dazu ſind erforderlich 4. Reitbahnen, die auch zum Decken der Stuten benutzt werden. Bei der Ausmuſterung werden die zu Beſchälern oder Mutterſtuten geeigneten Tiere zurückgeſtellt, die übrigen werden nach Auswahl der Pferde für den kaiſerlichen Marſtall an Private verſteigert. Hierzu kommen: 5. Wohnungen für das Beamtenperſonal und 6. größere Weideplätze mit leichten Stallungen für den Sommeraufenthalt der Pferde (ſogenannte Paddocks).

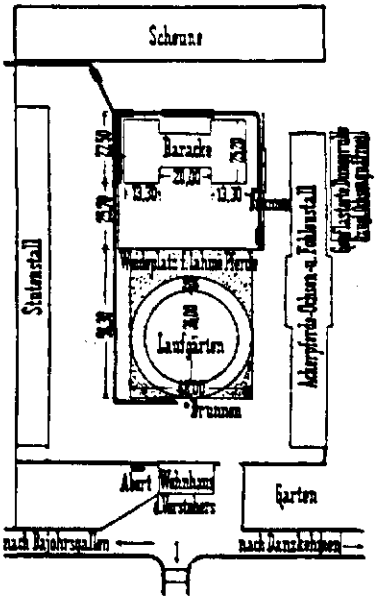


Fig. 1.

Die Anordnung der Gehöfte wird durch das Beiſpiel Fig. 1, Geſtütsvorwerk Gurdſzen, erläutert. Die Gebäude umſchließen ein längliches Viereck, deſſen eine Schmalſeite die Wohnung des Vorſtehers einnimmt und das übrigens von Geſtütsgebäuden — in dieſem Falle einem Stutenſtall und landwirtſchaftlichen Betriebsgebäuden — umſchloſſen wird. Eigentümlich ſind die auf allen Vorwerken des Hauptgeſtüts Trakehnen wiederkehrenden Laufgärten. Zwei konzentriſche kreisförmige Zäune aus ſtarken Eichenpfoſten und doppelter Verriegelung umſchließen einen Ring von 6 m Breite, in dem die jungen Pferde, namentlich im Winter, getummelt werden. Der innere kreisförmige Raum iſt für die tragenden Stuten beſtimmt, und die Zwickelflächen werden teils mit Tannengebüſch bepflanzt, teils liefern ſie Weideplätze für lahme und kranke Pferde. Im Sommer werden die Pferde auf freien Weideplätzen getummelt.

1. Die Ställe der Mutterſtuten ſind Laufſtälle in einzelnen Abteilungen von etwa 12—14 m im Geviert für je zehn bis zwölf Stuten, ſo daß auf die Stute 15 bis 16 qm zu rechnen ſind. Die Scheidewände ſind mit Krippen beſetzt. In eine Abteilung werden Stuten ungefähr gleicher Abfohlzeit gebracht. Wenn das Abfohlen beginnt, wird in einer Ecke des Laufſtalles eine Box mit beweglichen Hürden abgeteilt. Nach einigen Tagen geht die Mutterſtute mit ihrem Fohlen wieder frei im Stall umher. Die Bauart iſt die einfachſte. Es ſind lange Ställe, etwa 12—15 m tief, mit maſſiven Wänden, Ziegeldach, 1,3 m hohen Drempeln. Zu jeder Abteilung führt eine 2,5 m breite, 3,5 m hohe Tür; die Fenſter, 1 m hoch, 1,3 m breit, liegen dicht unter der Decke. Die Stallabteilungen ſind untereinander durch Türen unmittelbar an der hofſeitigen Wand verbunden. Die Decken ſind freitragend, ohne Mittelſtützen, herzuſtellen. Die Fußböden beſtehen überall aus Beton. Für kräftige Lüftung iſt zu ſorgen.

2. Ställe für ein- bis dreijährige Fohlen ſind von den Stutenſtällen nicht verſchieden, doch kann man in eine Abteilung von 150—200 qm etwa 20 Fohlen bringen.

3. Ställe mit feſten Ständen für drei- bis vierjährige Pferde erhalten 1,7 m Standbreite (über ihre ſonſtige Einrichtung ſ. Pferdeſtälle). Die Hauptbeſchäler ſtehen in Boxen mit kräftigen, hohen, hölzernen Doppelwänden, oberer eiſerner Vergitterung und eiſernen emaillierten Krippenſchüſſeln.

4. Die in Hauptgeſtüten vorkommenden Reitbahnen dienen nicht zur Pferdedreſſur, ſondern ſie bezwecken, die Pferde an Zaum und Sattel zu gewöhnen, ſie zu longieren und ihnen Bewegung zu machen. Die Reitbahnen in Trakehnen haben die Grundmaße 14:15 m, in einem Fall 11:23 m, bei 5 m Höhe. Man hat es für zuläſſig gehalten, Mittelpfoſten darin aufzuſtellen. — In den Reitbahnen ſind Vorrichtungen für das Decken der Stuten, die ſogenannten Probierſtände, vorhanden. Da die Hauptbeſchäler Tiere von hohem Werte ſind, dürfen ſie nicht der Gefahr ausgeſetzt werden, durch die Stuten abgeſchlagen und dabei ſchwer verletzt zu werden. Darum bringt man ſie zum Anreizen der Stute zunächſt neben dieſe, durch eine Schutzwand von ihr getrennt. In Trakehnen ſind zu dieſem Zweck Lattierbäume mit daran befeſtigten Matratzen frei an der Decke aufgehängt.

5. Das Beamtenperſonal beſteht in Trakehnen, einem Hauptgeſtüt von etwa 1100 Köpfen, aus 1 Landſtallmeiſter, 1 Kaſſenrendanten, 1 Wirtſchaftsdirigenten, 1 Oberroßarzt, 1 Geſtütsarzt, 1 Geſtütsinſpektor, 1 Geſtütsſekretär, 1 Geſtütsaufſeher, 1 kommiſſariſchen Geſtütsroßarzt, 1 Oberſtutmeiſter, 4 Sattelmeiſtern, 1 Schleuſenmeiſter, 4 Futtermeiſtern, 1 Stutmeiſter. Das Wärterperſonal beſteht aus 1 Oberwärter, 5 Hauptbeſchälwärtern, 12 Hengſt- und Stuthirten, 21 Stutwärtern (davon etwa die Hälfte verheiratet), 9 Fohlenwärtern, 20—40 Mietswärtern. — Bei jungen Pferden in Laufſtällen rechnet man auf 20 Tiere (bei Pferden in feſten Ständen auf je 3—4 Pferde) 1 Wärter. Dieſe werden, wenn ſie verheiratet ſind, ähnlich wie ländliche Arbeiter untergebracht (ſ. Arbeiterwohnhäuſer, ländliche).

6. Roßgärten, Pferdekoppeln, Gehege oder Paddocks ſind größere eingehegte Weideplätze, auf denen die Pferde in größeren Herden, jeder Jahrgang in beſonderer Abteilung, während der beſſeren Jahreszeit ſich frei bewegen können; das iſt notwendig zur Beförderung ihrer geſunden Entwicklung und ihrer Abhärtung. Die Einfriedigungen werden aus eingegrabenen Pfoſten und doppelter Verriegelung aus Stangen oder mit zwei ſtarken Drähten bezogen

hergeſtellt. Zum Schutz bei ſchlechter Witterung dienen leichte Sommerſtälle, aus runden, in die Erde eingegrabenen Pfählen, geſtülpter Bretiſchalung und Rohrdach hergeſtellt. Die vier Abteilungen für verſchiedene Jahrgänge ſind durch 1 m hohe Kriechtüren für den Wärter verbunden. Ein umfriedigter Umgang geſtattet dem Wärter, von außen von Tür zu Tür zu gelangen, ohne die Zäune der einzelnen Abteilungen des Roßgartens zu überſteigen. Durch die geöffnete Stalltür wird der Umgang geſchloſſen. An geeigneter Stelle werden Haferkrippen angebracht.

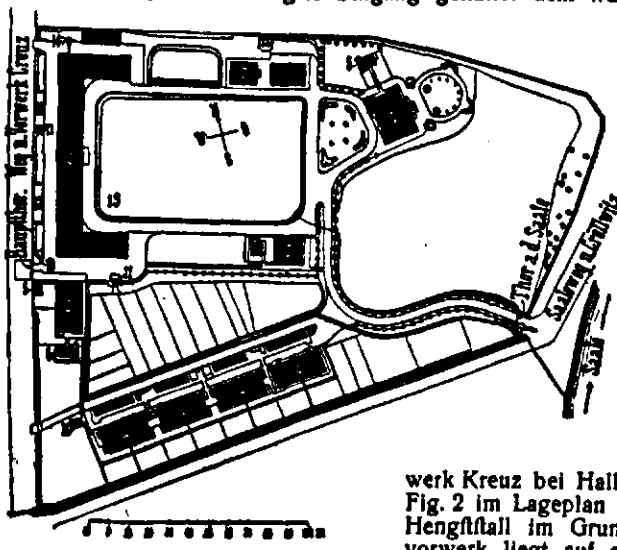


Fig. 2.
1 Vorſteherwohnhaus. 2 Rechnungsführerwohnhaus. 3 Sattelmeiſter- und Marketenderwohnhaus. 4 Wärterwohnhäuſer. 5 Stallungen. 6 Hengſtſtall. 7 Krankenſtall. 8 Klepperſtall. 9 Spritzen- und Gerätſchuppen. 10 Brunnen. 11 Wage. 12 Dunggruben. 13 Abort. 14 Göpel. 15 Reitplatz.

II. Landgeſtüte ſind in der Hauptſache Hengſtdepots. Die Landbeſchäler werden während der Deckzeit zum großen Teil auf Stationen im Bezirk des Landgeſtütes verteilt. Zum Betriebe eines Landgeſtütes gehören: 1. der Hengſtſtall; 2. die Wohnhäuſer der Beamten, und zwar: a) des Vorſtehers, b) des Rechnungsführers, c) der Sattelmeiſter, d) des Marketenders, e) der Wärter; 3. der Krankenſtall; 4. der Klepperſtall.

Ein muſtergültiges Landgeſtüt iſt in den Jahren 1884/85 auf Vorwerk Kreuz bei Halle a. S. neu erbaut worden. Es iſt in Fig. 2 im Lageplan dargeſtellt, Fig. 3 veranſchaulicht den Hengſtſtall im Grundriß und Durchſchnitt. Das Geſtütsvorwerk liegt auf einer Hochebene, unmittelbar an dem ſteil abfallenden linken Saaleufer. Der große Hengſtſtall für 114 Landbeſchäler beſteht aus einem Langhauſe und zwei kurzen Flügeln. In dem Langhauſe ſtehen 88 Beſchäler in feſten Kaſtenſtänden von 1,85 m Breite. Die wertvolleren Hengſte ſind in den Boxen der Flügel untergebracht. Sämtliche Eingänge ſind durch Windfänge gegen Zugwind geſchützt. Oeſtlich von dem Stall liegt der große Reitplatz, auf dem die Hengſte täglich ſtark geritten werden.

Dienſtwohnungen ſind vorhanden: 1. Für den Vorſteher. Dieſer kann von ſeiner Wohnung den Reitplatz und den Hauptzugang zum Hengſtſtall überſehen. Die Wohnung beſteht aus acht Zimmern, einigen Kammern und den nötigen Wirtſchaftsräumen. 2. Die Wohnung des Rechnungsführers liegt an dem Wege von dem Haupteingangstor nach dem Stall. Sie enthält fünf Stuben, zwei Kammern und Wirtſchaftsräume; zum Dienſtgebrauch ſind vorhanden eine Schreibſtube, Aktenkammer und der Treſor. 3. Der Sattelmeiſter erhält fünf Stuben und Nebenräume. 4. Der Marketender hat die Speiſeanſtalt für die unverheirateten Wärter zu verwalten; für ſeine Familienwohnung ſind ihm zwei Zimmer und eine Kammer überwieſen. Im Zuſammenhange mit der geräumigen Küche, Back- und Waſchanſtalt ſteht der Speiſeſaal. 5. Für unverheiratete Geſtütswärter ſtehen fünf Zimmer von je 25 qm, eins desgleichen zu 46 qm zur Verfügung. Die Räume zu 3.—5. ſind in einem Gebäude untergebracht. Für verheiratete Geſtütswärter ſind vier Wohnhäuſer zu je vier Familien vorhanden. Jede Wohnung beſteht aus einer Stube, einer Kammer, einer Küche und Speiſekammer, dazu einer Dachkammer und kleinem Keller. — Der Krankenſtall enthält

Fig 3.

acht Abteilungen für je ein krankes Pferd, die durch feſte Wände voneinander getrennt ſind, eine Futterkammer und eine Badeeinrichtung für Pferde. Das Waſſerbecken iſt 8 m lang, 3 m breit und hat an drei Seiten einen 60 cm breiten Umgang. Der Klepperſtall hat vier Pferdeſtände und eine Box von der Ausdehnung zweier Stände, einen Wagenraum (5,5 . 6,6 m), Kutſcherſtube, Schmiede, Beſchlagraum und eine kleine Wohnung.

Literatur: [1] Frentzel, J P., Stutbuch des Königl. Hauptgeſtüts Trakehnen, Berlin 1878, nebſt den beiden Nachträgen bearbeitet von H. E. v. Nathuſius 1883 und U. Runge 1888. — [2] Stillfried-Rattonitz, Freih. H. v., Beiträge zu einem Geſtütsbuch von Trakehnen, Berlin 1859. — [3] Graefe, Zur Geſchichte des litauiſchen Landgeſtüts, Berlin 1862. — [4] Schwarz und Krocker,

Deutfches Geftütbuch, Berlin 1872. — [5] Frentzel, J. P., Ueber Landespferdezucht im Regierungsbezirk Gumbinnen, Berlin 1875. — [6] Stoeckel, C. M., Die Kgl. preußifche Geftütsverwaltung und die preußifche Landespferdezucht, Berlin 1890. — [7] Mentzel, E. O., Die Remontierung der preußifchen Armee, Berlin 1845. — [8] Tiedemann, Ludwig v., Das landwirtfchaftliche Bauwefen, Halle a. S. 1898. — [9] Rueff, A. v., Bau und Einrichtung der Stallungen und Aufenthaltsorte unfrer nutzbaren Haustiere, Stuttgart 1875. — [10] Schwartz, J. v., Das Kgl. preußifche Hauptgeftüt Graditz, Berlin 1870.

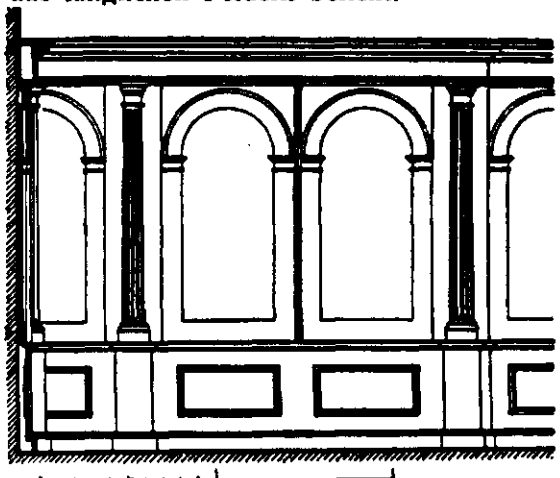
v. Tiedemann.

Gefundheitsgefchirr, eine Sorte von Porzellan, das feiner Zufammenfetzung nach etwa in der Mitte zwifchen echtem Hartporzellan und feinem Steingut fteht; diefes Gefchirr wurde z. B. in der fpäter mit der Königl. Porzellanmanufaktur vereinigten Gefundheitsgefchirrfabrik zu Charlottenburg hergeftellt. Im allgemeinen wird jetzt folches ordinäre Tongefchirr darunter verftanden, deffen Glafur bleifrei ift. S. Tonwaren.

Dümmler.

Getäfel (Täfelung), jede aus Tafeln (f. d.) zufammengefetzte Verkleidung der Wände und Decken (f. d.). Die Tafeln bilden die Füllungen und fitzen zumeift zwifchen friesartigem feßteren Rahmenwerk. Das hohe Wandgetäfel kann überdies durch Gefimfe bekrönt und durch Pilafter oder Säulen gegliedert fein (f. die Figur), während das niedere, in Höhe von 60—150 cm, Lambris (f. d.) oder Bruftgetäfel genannt, meift aus länglichen Feldern befteht.

Im allgemeinen find die Profile und vortretenden Teile nicht zu kräftig zu halten. Durch Anwendung verfchiedener Holzarten, wie z. B. dunkle Friefe und helle Felder (oder durch Farbe), find die Mittel zu feiner Wirkung gegeben, die noch durch eingelegte Arbeit (Intarfia, f. Kunftgewerbe) und Schnitzerei zu höchfter Ausbildung gebracht werden können [3]. Die Behandlung der Oberfläche in einem matten Glanze durch Auftrag von Wachs ift einer Politur vorzuziehen. Letztere follte nur an feinen Stäben und Linienverzierungen zur Anwendung kommen, Vergoldung ebenfo nur in befchränktem Maße, wo fie dann von fchönfter Wirkung fein wird.



Von der Stadtkanzlei Konftanz, 1598.

Literatur: [1] Krauth, Das Schreinerbuch, Leipzig 1890, Bd. 1, S. 70. — [2] Semper, G., Der Stil, Bd. 2, Tektonik, München 1863. — [3] Burckhard, J., Gefchichte der Renaiffance in Italien, Stuttgart 1868, S. 251 ff.

Weinbrenner.

Getreideboden (-fchüttboden), Dachraum oder ummauertes Gefchoß eines Gebäudes zur Aufbewahrung von ausgedrofchenem Getreide oder Korn. Zum Schutz des Gebäudes gegen Mäufefraß, Vögel und Infekten wird der Boden am beften in Stein: Platten oder Eftrich, ausgeführt. Die Fenfter für den Luftzutritt find gegen Norden zu richten und mit engen Drahtgittern zu verfehen. Ueber ganze Gebäude zu diefem Zwecke f. Getreidefpeicher und Silo.

Weinbrenner.

Getreidedarre, f. Getreidetrockenvorrichtung.

Getreidemähmafchine, f. Mähmafchine.

Getreidemühle, eine Waffer- oder Dampfmühle, in der Getreide (Weizen oder Roggen) zu Mehl vermahlen wird. Damit verbunden find häufig Griesfabrikation und Graupenmüllerei; f. Mehlfabrikation.

Getreidereinigungs- und -fortiermafchine, hat den Zweck, aus dem ausgedrofchenen Getreide alle unbrauchbaren Teile zu entfernen und das gewonnene reine Gut zu fortieren, foweit diefes nicht fchon in der Drefchmafchine gefchehen ift.

Man unterfcheidet Mafchinen zum Trennen des Gutes nach der Größe, Schwere und Form. Bei den meiften der Getreidereinigungsmafchinen find mehrere diefer Einzelwirkungen vereinigt. Ueber Mafchinen zum Entfernen der Grannen und Hülfen f. Drefchmafchine und Enthülfer. — Die Trennung nach der Größe allein wird durch Siebe erreicht, und zwar unterfcheidet man feftftehende Siebe, bei denen das Gut durch die eigne Schwere herunterriefelt, Rüttelfiebe, bei denen die Bewegung des Gutes über das Sieb durch Rütteln unterftützt wird, und Sortierzylinder oder Siebtrommeln, die fich um ihre fchwach geneigte Längsachfe langfam drehen und die kleineren Teile des Gemenges auf der unteren inneren Seite der Trommel allmählich durchlaffen. Die Trennung nach der Schwere gefchieht durch die Zentrifugalkraft (f. Getreidefchleuder) oder einen Windftrom, der die fpezififch leichteren Staubteile, Hülfen,

brandige Körner u. ſ. w. weiter fortbläſt als die ſchwereren. Zum Trennen nach der Form dienen die Ausleszylinder (Trieure) und Auslestücher.

Fig. 1 zeigt die gewöhnliche Anordnung einer Getreidereinigungsmaſchine, bei der die Wirkungen der Rüttelſiebe und des Windſtroms vereinigt ſind. Das Gemenge fällt aus dem Aufgabetrichter auf den erſten Siebkaſten, auf dem gleichzeitig die erſte Trennung nach der Größe und das Wegblaſen der Spreuteile u. ſ. w. durch den von den Ventilatorflügeln gelieferten Wind vor ſich geht. Das gereinigte und vorſortierte Gut unterliegt dann noch einer weiteren

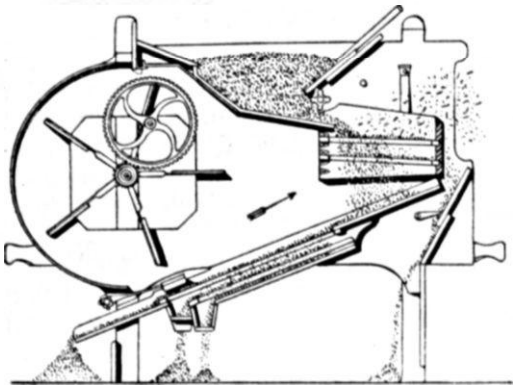


Fig. 1. „Ideal".

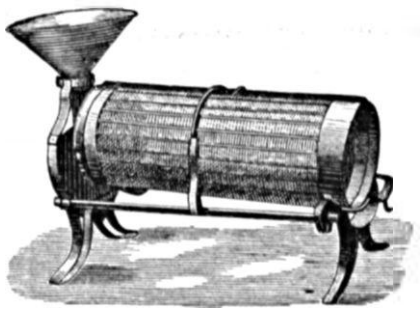


Fig. 2.

Sortierung in dem zweiten Siebkaſten. Die Siebe ſind einzeln auswechſelbar. Bei der Windfege „Triumph" von Gebrüder Röber, Wutha (Thüringen), werden die Getreidekörner durch ein beſonders gerilltes Abfallbrett in dünner, ununterbrochener Schicht ſo gleichmäßig in den Bereich des Windſtromes gebracht, daß ſie von ihm lediglich nach der Schwere ſortiert werden können — Fig. 2 zeigt eine einfache Sortiermaſchine mit Sortierzylinder von Mayer & Co., Kalk (Rheinland), und Fig 3 zeigt die Wirkung des Trieurs, einer Trommel, die im Innern mit kugeligen oder eiförmigen Auskehlungen verſehen iſt, die ſo bemeſſen ſind, daß die länglicheren Getreidekörner aus ihnen herausſtehen und frühzeitig zum Hinunterfallen gebracht werden, während die runden (Rade-) Körner bis zu einer höheren Stelle des Umfanges mitgenommen werden und in die beſondere (eventuell mit einer Transportſchnecke ausgerüſtete) Abführmulde fallen. Fig. 4 veranſchaulicht die äußere Anſicht eines mit einem Sortierzylinder kombinierten derartigen Trieurs der letzteren Firma. Fig. 5 zeigt eine Rübenkerneſtoppelausleſemaſchine von Gebrüder Röber, Wutha, mit zwei übereinander angeordneten quer bewegten, endloſen Auslestüchern. Die mehr runden reinen Rübenkerne rollen von dem Aufgabetrichter aus über das Tuch hinweg nach unten, während die Stoppeln u. ſ. w. infolge der größeren Reibung von dem Tuch ſeitwärts mitgenommen und über die letzte Walze abgeworfen werden. Mit einer gewöhnlichen Reinigungsmaſchine kann ein Mann in der Stunde im Mittel 23 hl Gemenge reinigen [1]. — Preiſe und Größenverhältniſſe ergeben ſich aus den Katalogen z. B. von Gebrüder Röber, Wutha, Mayer & Co., Kalk, Maſchinenfabrik Krätzig & Söhne, Jauer, u. a.

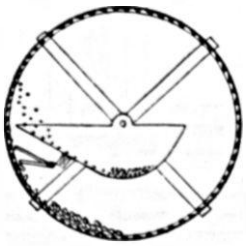


Fig. 3.

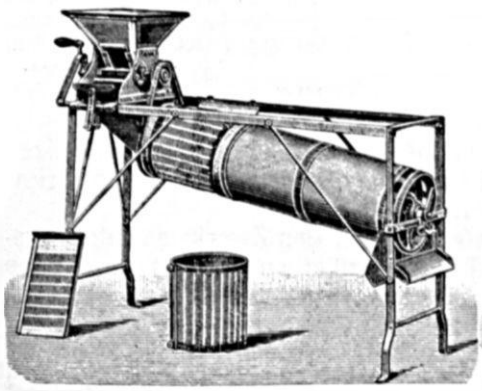


Fig. 4.

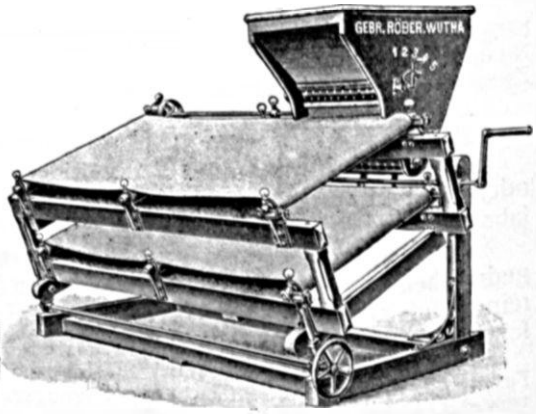
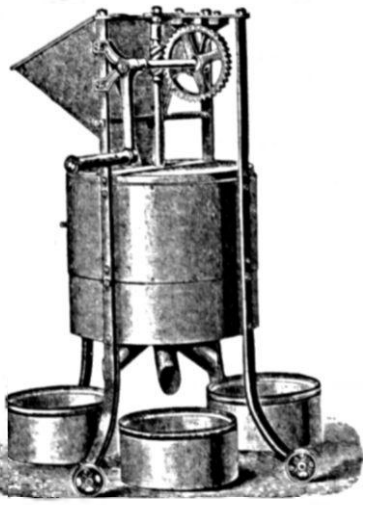


Fig. 5.

Literatur: [1] Wüſt, Landwirtſchaftliche Maſchinenkunde, Berlin 1889. — [2] Perels, Handbuch der landwirtſchaftlichen Maſchinenkunde, Berlin 1880.

Wrobel.

Getreideſchleuder, dient zum Zwecke einer Sonderung der Körner nach der Schwere und eignet ſich beſonders zum Ausſcheiden ſchweren Saatgutes ſowie guter Braugerſte.



Die Beeinfluſſung der Körner durch die Zentrifugalkraft kann weit ſicherer beherrſcht werden als die durch Wind (ſ. Getreidereinigungs- und Sortiermaſchine), ſo daß die Körner mit großer Schärfe ihrer Schwere nach getrennt werden.

Die Figur zeigt eine ſolche Getreideſchleuder mit ſtehender Schleudertrommel in äußerer Anſicht von Hermann Kayſer, Maſchinenfabrik Leipzig, zum Sortieren von bereits gereinigtem Gut. Für noch nicht gereinigtes Gut werden Getreideſchleudern geliefert, bei denen über der eigentlichen Schleuder noch eine Windfege mit Sieben und ein Ausleszylinder vo geſehen ſind. — Die Leiſtung beträgt je nach Größe 5—10 hl pro Stunde bei einem Preis für Handbetrieb von 225—340 ℳ. *Wrobel.*

Getreideſpeicher. Man unterſcheidet Bodenſpeicher und Siloſpeicher. Jene ſind gewöhnliche Gebäude mit Stockwerken (Balkenlagen), dieſe ſind Schachtſpeicher, alſo Gebäude, die durch ſenkrechte Zwiſchenwände in Einzelräume von kleiner Grundfläche und großer Höhe geteilt ſind.

Bodenſpeicher. Jeder gewöhnliche Speicher iſt hierfür benutzbar, vorausgeſetzt, daß er reichlich mit Lüftungsvorrichtungen (Fenſtern) verſehen iſt. Bei ſpeziell für Getreide aufgeführten Bodenſpeichern iſt folgendes zu berückſichtigen: Stockwerke niedrig, da man nicht gern über 1 m hoch beſchüttet. Berechnung der Tragfähigkeit unter Zugrundelegung des Getreidegewichtes von 750 kg pro Kubikmeter. Bei Berechnungides Faſſungsvermögens iſt der für Gänge und Böſchungen frei bleibende Raum zu berückſichtgen; ferner iſt Platzüberſchuß für das zur Erhaltung des Getreides nötige Umſchaufeln erforderlich. Für Getreide, das in Säcken angeliefert wird und darin etwa bleiben ſoll, ſind Winden oder Aufzüge vorzuſehen; für Getreide, das ausgeſchüttet werden ſoll oder loſe kommt, Elevatoren (ſ. d.); für Schiffe beſondere Schiffselevatoren zur Vermeidung der Handarbeit; Brückenwagen, Dezimalwagen automatiſche Wagen (ſ. S. 458); für wagerechten Transport Schnecken oder Transportbänder. Schnecken oder Bänder liegen in den einzelnen Stockwerken unter den Deckenund laſſen das Getreide unmittelbar auf den Platz fallen, auf dem es lagern ſoll. Die Verteilung erfolgt auch vom oberſten Stockwerke aus auf die übrigen durch ſenkrechte Rohre, die in jedem Stockwerk durch Schieber und Klappen zu öffnende und zu ſchließende ſeitliche Auslaßöffnungen haben. Häufig bilden die hohlen gußeiſernen Gebäudeſäulen dieſe Fallröhren. Für die Entnahme des Getreides aus dem Speicher dienen ebenfalls Schnecken oder Transportbänder, denen durch entſprechende Oeffnungen, Trichter und Röhren das Getreide aus den einzelnen Stockwerken zugeſchaufelt wird. Auch hierfür können die hohlen Gebäudeſäulen dienen, indem ſie ſeitliche, mit Trichtern verſehene Einläufe beſitzen, deren Oberkanten im Niveau der einzelnen Stockwerke liegen, ſo daß das Einſchaufeln des Getreides leicht erfolgen kann. In einer beſonderen, feuerſicher abzutrennenden Abteilung wird die ſogenannte „Reinigung" eingerichtet, die bei Handelsſpeichern meiſt nur aus wenigen Maſchinen beſteht, die mittels Wind- und Siebſortierung eine grobe Vorreinigung (Ausſcheidung von Steinen, Erdknollen, Staub u. ſ. w.) bewirken. In großen Speicheranlagen ſtellt man dieſe Maſchinen zweckmäßig ganz aus Eiſen her. Das Umſtechen (die Umſchaufelung) des Getreides zwecks ſeiner Konſervierung geſchieht meiſt von Hand. Als Verſuche, dieſe Arbeit zu umgehen, ſind zu nennen: Herſtellung der Speicherböden als eine Aneinanderreihung von Trichtern (Militärſpeicher in Dresden, Syſtem Opitz) oder als großer, mittels einzelner Schieber zu ſchließender Roſt, der bei Oeffnung das Getreide auf den darunterliegenden Boden herabrieſeln läßt (Regenſyſtem). Vorteile der Bodenſpeicher: Benutzbarkeit der Räume zu beliebigen Zwecken, Begehbarkeit und leichte Kontrolle über den Zuſtand der Frucht. Nachteile: Unvorteilhafte Raumausnutzung, Arbeitsaufwand für das Umſtechen. Ueber Siloſpeicher ſ. Silo. Vgl. Maſſentransport. *Arndt.*

Getreidetrockenvorrichtung, Vorrichtung, um von Natur feuchtes oder behufs Reinigung oder Dämpfung (ſ. Schwitzapparat) mit Waſſer in Berührung gebrachtes Getreide (Weizen) zu trocknen.

Als Hilfsmittel hierfür dienen: Wärme, Luftzug und Schleuderkraft. Als Darren bezeichnet man diejenigen Vorrichtungen, bei denen nur die zwei erſten zuſammenwirken. Bei dieſen bewegt ſich in einem Gehäuſe, das mit ſchrägen (durchlochten) Fallbrettern verſehen iſt, ein Getreideſtrom langſam nach abwärts, nach Maßgabe der Entnahme von Körnern am unteren Ende des Apparates (mittels Schnecke oder dergl.). Ein Ventilator und eine Heizvorrichtung (für Dampf oder Brennmaterial) befinden ſich entweder im Apparate ſelbſt oder ſind mit ihm verbunden. Der Ventilator treibt einen Luftſtrom zunächſt durch die Heizkammer, dann durch die Getreidemaſſe. Neuerdings wendet man ſenkrechte rohrartige, im Querſchnitt etwa quadratiſche, durch mehrere Stockwerke reichende Kammern an, bei denen zwei gegenüberliegende Wände aus doppelten, mit hohlem Zwiſchenraum angeordneten Siebplatten beſtehen. In dieſen Hohlräumen ſinkt das Getreide herab, während ein Strom heißer von einem Ventilator getriebener Luft durch den Innenraum des Rohres ſtreicht und durch die Siebwände und die dünnen Getreideſchichten nach außen tritt. Behufs Kühlung des Getreides teilt man gegen das untere Ende der Kammer einen Teil ab und läßt dieſen durch einen beſonderen Ventilator von kalter Luft durchſtrömen. Vortrocknung durch Zentrifugierung oder durch eine der nachſtehend beſchriebenen Vor-

richtungen. Die zweite Gruppe (ſogenannte Kolonnen) folgt mehr oder weniger nachſtehendem Typus: Ein ſenkrechter Zylinder mit Siebwandung enthält ein ebenfalls ſenkrechtes, ſich ſehr ſchnell drehendes Flügelwerk, das mit Schaufeln, die gegen die Wagerechte etwas geneigt ſind, beſetzt iſt. Der Getreideeintritt findet von unten ſtatt, die Schaufeln heben die Körner empor, die oben die Maſchine verlaſſen, und das Waſſer wird hierbei abgeſchleudert. Die durch die gelochte Wandung entweichende Luft erſetzt ſich entweder von außen her oder aus einer Heizvorrichtung. Man ſtellt gegebenenfalls mehrere ſolcher Apparate auf, die das Getreide nacheinander durchläuft. (Vgl. D.R.P. Nr. 41044, Fr Brandſtädter.) *Arndt.*

Getreidewage (automatiſche Wage), Vorrichtung zum ſelbſttätigen Verwiegen eines fortwährend rinnenden Getreideſtromes u. ſ. w. Es iſt unſtatthaft, an Stelle des Wägens das Meſſen zu ſetzen, weshalb die ſelbſttätige Entleerung des Wiegegefäßes immer nach Erreichung einer beſtimmten Gewichtshöhe, nicht nach Füllung eines beſtimmten Hohlmaßes, zu geſchehen hat.

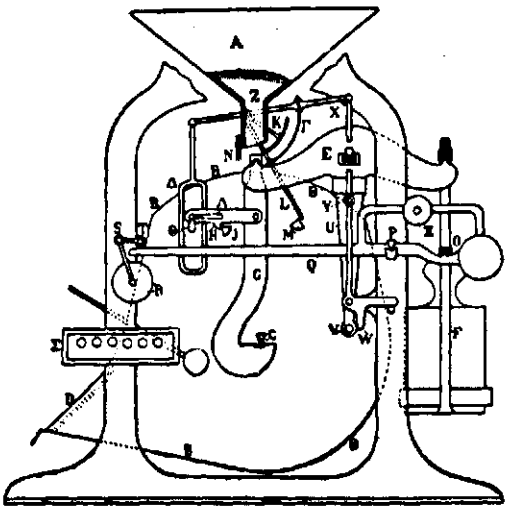


Fig. 1.*

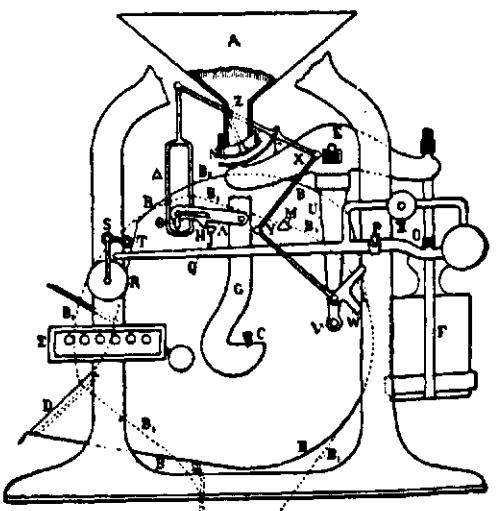


Fig. 3.

Die verbreitetſte automatiſche Getreidewage iſt die von Reuther & Reifert in Hennef a. d. Sieg. Fig 1 zeigt dieſe Wage im Ruhezuſtande. (Die Darſtellung iſt eine im Intereſſe der Deutlichkeit vereinfachte, ſchematiſche.) Dem Trichter *A* läuft das Getreide ſtändig zu. Von dort ſtrömt es durch den unteren Auslauf zeitweilig in das Wiegegefäß *B*, welches nach jedesmaliger Füllung mit der vorſchriftsmäßigen Gewichtsmenge um Punkt *C* nach links herumſchlägt und die Frucht aus der mit einer Klappe verſehenen Auslaßöffnung *D* heraus in einen unter der Wage angebrachten Trichter laufen läßt. Fig. 3 zeigt in der punktierten, mit B_1 bezeichneten Linie die Stellung des umgeſchlagenen Wiegegefäßes. Die Anzahl dieſer Entleerungen wird durch ein Zählwerk (Σ) regiſtriert, und da die Skala gleich die entſprechenden Gewichte enthält, ſo kann man die in einer gewiſſen Zeit durch die Wage kontrollierten Gewichtsmengen jederzeit unmittelbar ableſen. Die Grundform der Wage iſt durch den Wagebalken *E*, die an ſeiner rechten Seite hängende Gewichtsſchale *F* und das an der linken Seite aufgehängte Wiegegefäß *B* gekennzeichnet. Dieſe Aufhängung iſt vermittelt durch die Hängeſäulen *G*, welche die Drehpunkte *C* für das Wiegegefäß tragen. Damit das Wiegegefäß *B* nicht vorzeitig überkippen kann, greift ein an der Hängeſäule *G* drehbarer Haken *H* über einen am Wiegegefäß *B* befindlichen Anſchlag *J* (Fig. 1) und hält das Gefäß in ſeiner aufrechten Lage feſt. Die Füllung darf im Intereſſe geringen Zeitaufwandes in keinem zu dünnen Strahl erfolgen, anderſeits aber läßt ſich mit einem ſtarken Strahl keine genügend genaue Abwägung erzielen. Daher iſt die Einrichtung getroffen, daß vor endgültiger Abſperrung des Getreideſtromes eine Verminderung desſelben eintritt, und zwar dadurch, daß kurz vor Erreichung der vorſchriftsmäßigen Füllung die Mündung des Trichters *A* durch eine Klappe verſchloſſen wird, welche nur kleine Oeffnungen zum ferneren Durchlaſſen eines ſchwachen Getreideſtromes beſitzt. Dieſe Klappe *K* wird nämlich durch einen mit ihrer Drehachſe verbundenen Hebel *L* zurückgehalten, welcher ſich gegen einen am Wiegegefäße *B* befindlichen Anſchlag *M* lehnt. Gibt dieſer Anſchlag den Hebel frei, ſo fällt er in ſeine tiefſte Lage, und gleichzeitig legt ſich die Klappe *K* vor die Einflußöffnung (ſ. Fig. 2). Eine Bürſte *N* dient hierbei als Abdichtung. Dieſes Freigeben des Hebels *L* geſchieht auf folgende Weiſe: Es iſt Vorſorge getroffen, daß die linke Seite des Wagebalkens *E* und mit ihr das Wiegegefäß *B* bereits vor Erreichung der den Gewichten auf der Schale *F* entſprechenden Getreidefüllung ein wenig herabſinkt. Mit den Hängeſtangen der

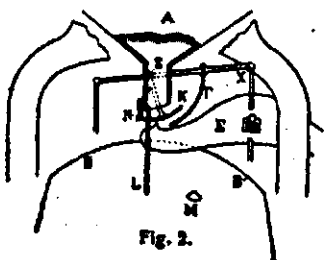


Fig. 2.

Gewichtsſchale iſt nämlich ein Angriffspunkt *O* für einen um den Punkt *P* drehbaren Hebel *Q* verbunden, welcher bei der tiefen (Ruhe-)Stellung der Gewichtsſchale an ſeinem linken Ende durch ein Gewicht *R* belaſtet wird. Dieſes Gewicht nämlich iſt um Punkt *S* drehbar und mit der Rolle *T* durch einen Winkelhebel verbunden. Dadurch laſtet in der in Fig. 1 gezeichneten Lage ein durch *R* erzeugter Gewichtsdruck auf dem Hebel *Q*, und dieſer Druck entlaſtet die Gewichtsſchale *F*, bewirkt alſo, daß ein Sinken des Wiegegefäßes bereits vor Beendigung der Füllung beginnt. Dadurch aber ſinkt der Anſchlag *M* mit herab und gibt den Hebel *L* frei, wodurch die in Fig. 2 dargeſtellte Lage der Klappe *K* herbeigeführt wird. Der völlige Abſchluß des Getreidezulaufes geſchieht nun auf folgende Weiſe. Infolge der zum Teil noch vorhandenen entlaſtenden Wirkung des Hebels *Q* ſinkt das Wiegegefäß aufs neue herab, dicht bevor die gewollte Füllung erreicht iſt. Durch die entſprechende Drehung des Wagebalkens *E* wird ein mit ihm verbundener Zeiger *U* nach rechts bewegt und drückt mit dem an ſeinem Ende befeſtigten Stift *V* gegen einen Hebel *W*, welcher ein Einknicken des bisher geſtreckten (Fig. 1) Kniegelenkes *XY* (Fig. 3) herbeiführt. Dadurch wird ein zweiarmiger, um Punkt *Z* drehbarer Hebel herabgezogen, welcher mit der zweiten Abſperrklappe *Γ* verbunden iſt, ſo daß dieſe nun den weiteren Zulauf gänzlich abſtellt. Das andre Ende desſelben Hebels trägt eine abwärts hängende Gabel *Δ* (Fig. 1), welche durch die eben beſchriebene Bewegung nach aufwärts gezogen wird (Fig. 3). Dadurch ſtößt ſie gegen den mit dem Haken *H* verbundenen, nach unten ragenden Anſatz *Θ*, wodurch der ganze Haken *H* gehoben und dem Gefäße *B* das Umſchlagen in die Lage B_1 (Fig. 3) und dadurch die Entleerung möglich wird.

Durch die bei der Entleerung eintretende Aenderung der Schwerpunktslage kehrt das Gefäß von ſelbſt in die Anfangslage (*B*) zurück und ſtellt dabei ſelbſttätig den ganzen Mechanismus für ein neues Spiel wieder ein. Der Anſchlag *J* fängt ſich hinter dem Haken *H*, Anſchlag *M* nimmt den Hebel *L* in ſeine erſte Lage mit zurück und dieſer hebt außer der Klappe *K* auch die Klappe *Γ* mittels eines Anſatzes wieder in die Höhe, wodurch die Gabel *Δ* wieder in die tiefe und das Kniegelenk *XY* wieder in die geſtreckte Lage kommt.

Die Richtigkeit der Wage kann jederzeit geprüft werden, indem man eine Füllung ohne Ausleerung herbeiführt. Das geſchieht durch Entfernung des Anſchlages *Θ*, die ſich leicht durch Umlegen des kleinen mit *Θ* verbundenen Hebelchens *Λ* nach links bewirken läßt. Der Haken *H* kann dann durch die hochgehende Gabel *Δ* nicht ausgelöſt werden. Man muß dann nach geſchehener Füllung den Einfluß des Hebels *Q* aufheben, indem man das linke Ende ſo weit hebt, daß die Berührung bei *O* aufhört. Spielt dann die Wage nicht ein, iſt alſo zu viel oder zu wenig Frucht in den Behälter gelangt, ſo beweiſt dies einen zu ſpäten oder zu frühen Schluß der Klappe *Γ*. Durch Verſchieben des Gewichtes *R* kann nach beiden Richtungen hin Abhilfe geſchaffen werden, indem durch Verſchiebung nach links der Einfluß des Hebels *Q* vergrößert, alſo ein früherer Abſchluß herbeigeführt wird, während die Bewegung von *R* nach rechts dieſen Einfluß verringert, alſo ein ſpäteres Abſperren des Getreideſtromes erzeugt. *Arndt.*

Getreidezentrifuge, ſ. Getreidereinigungs- und -ſortiermaſchine.

Getriebe, ſ. Mechanismen.

Getriebene Arbeit, in Metallblech, am beſten in dem ſehr dehnbaren Kupfer, plaſtiſch ausgearbeitete Werke der Kunſt.

Zu dieſem Ende wird das Blech entweder mit Punzen auf einer Pechſcheibe geſchlagen oder es wird auf Stanzen gelegt, mit einer Bleiplatte bedeckt und durch Daraufſchlagen die plaſtiſche Form der Stanzen darin ausgeprägt. Getriebene Arbeit wurde ſchon in Babylon und Ninive hergeſtellt, und zwar entweder als Empaiſtik, d. h. mit einem Kern aus Lehm oder Holz verſehen, oder als Sphyrelaton, das als hohle getriebene Arbeit aufzufaſſen iſt und namentlich in Griechenland angewendet zu werden pflegte. Bei Koloſſalſtatuen wurden mehrere Stücke gemacht, die dann zuſammengenietet erſchienen. Auch in der Folgezeit wurde getriebene Arbeit häufig angewendet; in der Renaiſſanceperiode iſt Benvenuto Cellini der Hauptvertreter dieſer Richtung. — Vgl. Kunſtgewerbe.

Literatur: Semper, G., Der Stil, Frankfurt a. M. 1860. *Weinbrenner.*

Getrieberohr, ſ. Schachtabteufen.

Getriebezimmerung, ſ. Tunnelbau.

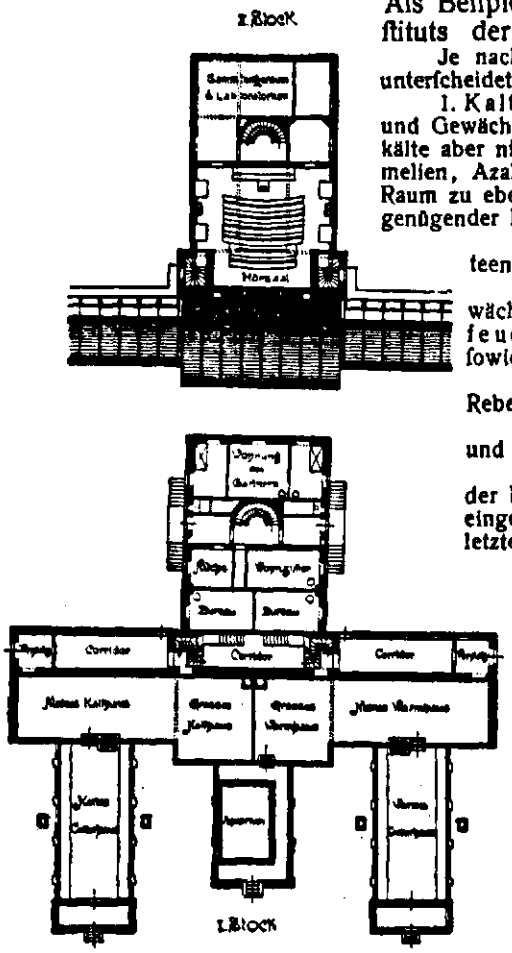
Gettanlagummi, ſ. Guttapercha.

Gevierte, ſ. Buchdruckerkunſt.

Gewachſener Boden, der noch nicht gelockerte, durch natürliche Lagerung feſtgewordene Boden im Abtrage, im Gegenſatz zu geſchüttetem Boden im Auftrag, der bereits eine erhebliche Auflockerung erfahren hat, die ſich durch allmähliche Lockerung nur zum Teil wieder verliert, und daher z. B. nicht geeignet iſt zum Tragen von Bauwerken. Solche müſſen deshalb im allgemeinen ſtets „bis in den gewachſenen Boden“ gegründet (untermauert) oder durch Pfähle u. ſ. w. unterbaut werden; ſ. Gründungen. *Goering.*

Gewächshaus, Gebäude, in dem ausländiſche oder zur Zucht beſtimmte Gewächſe und Pflanzen während des Winters oder durch das ganze Jahr wartende Pflege finden. Dieſem Zwecke entſprechend ſoll das Licht möglichſt ungehemmt einfallen und ein beſtimmter Wärmegrad ſtets gleichmäßig erhalten werden; die Lage iſt daher ſo zu wählen, daß die Sonnenſtrahlen zu jeder Zeit, auch im Winter, eintreten, die kalten Luftſtröme aber abgehalten werden. Die Hauptſeite

iſt deswegen tunlichſt nach Süden zu richten, das Dach und die Seitenwände aus Glas zu erſtellen, die Rückſeite aber als Mauerwerk zu halten. Auch iſt das Anlehnen an Terraſſen, ebenſo, um die Wärme im Innern zu erhalten, ein Tieferlegen des Bodens bis zu 1,0 m unter der Erdoberfläche zu empfehlen. Als Beiſpiel diene der Grundriß des Botaniſchen Inſtituts der Univerſität Freiburg i. B. (ſ. die Figur).



Grundriß des Botaniſchen Gartens der Univerſität Freiburg i. B. (Aus „Freiburg i. B., die Stadt und ihre Bauten".)

Je nach den Kulturerforderniſſen der Pflanzengattungen unterſcheidet man:

1. Kalthaus von 0—7° C. für immergrüne Baumarten und Gewächſe, die im Sommer im Freien ſtehen, die Winterkälte aber nicht ertragen, wie Orangenbäume (Orangerie), Kamelien, Azaleen und Eriken. Hierfür kann auch jeder hohe Raum zu ebener Erde mit hochgeführten Fenſtern, Einfahrt und genügender Lüftung dienen.

2. Das gemäßigte Haus (7—15° C.) für Kakteen, Pelargonien und Zwiebelgewächſe.

3. Das Warmhaus (30—38° C.) für tropiſche Gewächſe, wie Palmen, Orchideen und Farne, ferner das feuchte Warmhaus für Waſſerpflanzen, Viktoria u. ſ. w. ſowie zur Vermehrung.

4. Das Treibhaus für Frühfrüchte wie Pfirſiche, Reben und Ananas.

Man teilt auch die Häuſer ein in ſolche zur Zucht und zur Erhaltung der Pflanzen (Konſervatorium).

Die innere Einrichtung iſt nach Art und Größe der Pflanzen eine verſchiedene, je nachdem dieſe feſt eingepflanzt ſind oder in Kübeln oder Töpfen, welch letztere auf abgeſtuften Holzgeſtellen (Stellagen) ihre Aufſtellung finden. Die Grundrißform des Gewächshauſes kann eine mannigfaltige ſein, doch empfiehlt ſich das Rechteck, weil dieſes für Aufſtellung und Pflege die bequemſte Anordnung geſtattet, außerdem für die Dachkonſtruktion, Heizung und Lüftung die geringſten Schwierigkeiten bietet. Als Dachbildung kommen in Betracht: das Pultdach, das Satteldach ſowie das halbe Satteldach mit geraden und gebogenen Sparren. Das tragende und ſtützende Element ſind Holz und Eiſen. Das Holz, das in feuchter Wärme keine Dauer hat, behauptet ſeine Wichtigkeit als ſchlechter Wärmeleiter, indem es das ſtarke, tragfähige und dauerhafte, aber leicht roſtende Eiſen ſo umgibt, daß dieſes, das als guter Wärmeleiter leicht zu Tropfwaſſer und Pflanzenbeſchädigung Veranlaſſung gibt, vor der Einwirkung der äußeren Temperatur möglichſt geſchützt wird. Durch das Zuſammenwirken beider Stoffe läßt ſich bei kleinſten Abmeſſungen der tragenden Teile ein tunlichſt ſtarker Lichteinfall bewirken. Der letztere iſt außerdem abhängig von der Dachneigung, die zwiſchen 25 bis 40° gewählt wird [1]. Die Verglaſung iſt eine einfache oder doppelte; letztere iſt zur Erhaltung der Innentemperatur von Wert; bei einfacher Verglaſung dienen zum Schutz gegen Kälte Deckläden von einfacher oder doppelter Brettbreite. Das Glas muß ziemlich ſtark, die Scheiben aber dürfen nicht zu groß ſein. Zur Abhaltung der Sonnenſtrahlen dienen Schattendecken, beſtehend in Tüchern, Matten, Lattenrahmen, auch Rolladen, die von dem Firſt herabgelaſſen werden. Die Heizungseinrichtung für kleine Gebäude kann in Tonöfen oder Tonkanälen von rundem oder viereckigem Querſchnitt beſtehen. Der Heizkörper iſt außerhalb in einem Vorraum oder an der Rückſeite in einem kellerartigen Anbau anzubringen, um die ſchädliche Einwirkung des Rauches auf die Pflanzen zu verhüten. Bei größeren Warmhäuſern ſind Waſſer- und Dampfheizungen einzurichten, deren Rohrleitungen entweder unter dem Boden oder an den Wänden geführt ſind. Raſche Wärmeentwicklung und leichte Beherrſchung ſowie Gleichmäßigkeit der Wärmeabgabe iſt von Wichtigkeit. Die Zuführung friſcher, aber vorgewärmter Luft muß bei Anordnung der Lüftungsöffnungen angeſtrebt werden.

Literatur: [1] Baukunde des Architekten, Berlin 1884, Gewächshäuſer, Bd. 2, S. 883 ff. — [2] Wanderley, G., Ländliche Wirtſchaftsgebäude, Leipzig 1877—82. — [3] Zeitſchrift für Bauweſen, Berlin 1867. — [4] Zentralblatt der Bauverwaltung, Berlin 1883, S. 133. — [5] Berlin und ſeine Bauten, 1. Teil, S. 165. — [6] Alphand, A., Les Promenades de Paris, 1867—75. — [7] Daly, C., Révue générale de l'architecture et des travaux publics, Paris, Bd. 8, S. 254. — [8] Deutſche Bauztg., Berlin 1873, 1881. — [9] Bouché, Bau u. Einrichtung d. Gewächshäuſer, Bonn 1886. *Weinbrenner.*

Gewältigen, ſ. Aufgewältigen.

Gewände, aufſteigender Teil der Umfaſſungen von Türen und Fenſtern.

Gewäſſerſchau, ſ. Bachſchau.

Gewandhaus, großes Gebäude in Meß- und Marktſtädten, in dem die Tuchmacher und Wollwarenfabrikanten ihre Waren feilbieten konnten.

Im Innern befand ſich in der Mitte eine Straße und rechts und links die Verkaufsläden oder aber zwei ſich kreuzende Straßen. Die bekannteſten Bauten dieſer Art dürften das ehemalige Gewandhaus in Leipzig und jenes in Krakau ſein; letzteres wird heute noch als Verkaufshaus für verſchiedene Waren benutzt. *Weinbrenner.*

Gewann. Die Grundſtücke einer Gemarkung bilden je nach Lage, Beſitz- und Anbauverhältniſſen getrennte Gruppen, Gewanne mit beſonderen Namen. Dieſe beziehen ſich auf Bodenbeſchaffenheit, wie „Ried", „Sand", „Letten", auf Benutzungsart, wie „Bungert" (Baumgarten), „Köhlgarten", „Neumatten", auf Beſitzverhältniſſe, wie „Allmend", „Kloſterhof", „Rittersgrund", auf die Lage, wie „Eck", „Sommerberg", „Sattel" oder endlich auf hiſtoriſche Erinnerungen, wie „Heidengrab", „Franzoſenweg", „Judenbuck" u. a. m.

Sehr häufig werden durch oberflächlich arbeitende Grundbuchführer und Kartographen ſolche Namen in unglaublicher Weiſe verdorben. An einem Ort iſt z. B. aus Fohlenſtall Füllenſtall, ſchließlich Phyllistal, aus Hoheneckbuck Honigbuck oder Hunnenbuck geworden, und bedauerlicherweiſe nimmt man ſich nicht überall bei den Landesvermeſſungen die Mühe, dem Urſprung ſolcher Namen nachzugehen, obgleich man damit nicht ſelten auf hiſtoriſch ganz intereſſante Dinge kommt. Scharf abgegrenzt ſind die Gewanne meiſt nicht; wo eine ungeregelte Gemenglage der Parzellen herrſcht, gehen dieſelben oft unklar ineinander über. Bei Neueinteilung einer Gemarkung ſ. Feldbereinigung, Bd. 3, S. 676, kann auch hierin Ordnung geſchaffen werden. *Lubberger.*

Gewebe (tissu, web) iſt ein flächenförmiges Fadengebilde, bei welchem ſich zwei Fadengruppen (Kette und Schuß) unter gegenſeitiger geſetzmäßiger Schränkung derart kreuzen, daß die eine Fadengruppe (die Kette) nur längs durch das ganze Gebilde hindurchgeht, während die andre Fadengruppe (der Schuß) in der Querrichtung läuft (ſ. Weberei).

Für das Weben werden die Kettenfäden aus der Gewebeebene ausgelenkt, und in das ſo gebildete Fach wird der Schußfaden über die ganze Gewebebreite auf einmal eingetragen. — Zur Kennzeichnung der verſchiedenen Gewebearten diene folgende Zuſammenſtellung: Es können bei den Geweben ein oder mehrere Kettenfadenſyſteme vorhanden ſein (Doppelgewebe [1], S. 649, Gaze [1], S. 559, Samt [1], S. 661, aufgeſchweifte Muſter [1], S. 643); auch ein oder mehrere Schußfadenſyſteme (Doppelgewebe, Mancheſter [1], S. 661, Schußflorteppiche [1], S. 775, broſchierte Stoffe [1], S. 637). Die Kettenfäden können vollſtändig parallel durch das Stück hindurchlaufen, ſo daß das Gewebe immer von gleicher Breite iſt, doch laſſen ſich auch Gewebe mit konvergierenden Kettenfäden herſtellen, oder die Kettenfäden können ausgewellt ſein, ſo daß die Gewebebreite ſich ändert, oder die Kette kann, nach Kreisbogen gekrümmt, in dem Gewebe verlaufen (kreisförmige Gurte) [1], S. 817. — Gobelins [1], S. 772, und broſchierte Stoffe [1], S. 637, ſind als Vereinigung von mehreren Geweben anzuſehen. — Die Schußfäden kreuzen in der Regel die Kette rechtwinklig, laufen alſo in der Regel geradlinig rechtwinklig zu den Gewebefahlleiſten, doch ſind auch Gewebe mit ſchräglaufenden Schußfäden ausgeführt worden [1], S. 480; der Schußfaden kann ferner durch ein wellenförmig geſtaltetes Blatt in geſchlängelter Form angeſchlagen werden, wobei wieder die Tiefe der Wellen ſich verändern kann [1], S. 539; endlich kann auch der Schußfaden für einzelne Eintragungen nicht über die ganze Breite gebunden ſein (Gewebe mit verlorenen Schüſſen [1], S. 808); zu alledem kann die Schußdichte veränderlich gemacht werden. — Schlauchförmige Gewebe können entweder auf einem gewöhnlichen Webſtuhl [1], S. 548, oder auf einem Rundſtuhl [1], S. 716, hergeſtellt werden. — Von dem Gewebe unterſcheidet ſich das Geflecht (ſ. d.) dadurch, daß nur ein Fadenſyſtem zur Bildung nötig iſt.

Literatur: [1] Müller, Ernſt, Handbuch der Weberei, Leipzig 1896. *E. Müller-Dresden.*

Gewebeſchneidmaſchine, ſ. Zuſchneidemaſchinen.

Gewehr. Das Infanteriegewehr hat während des letztverfloſſenen halben Jahrhunderts, namentlich aber ſeit 1886, durchgreifende Umgeſtaltungen und in bezug auf Leiſtung und Wirkung in jedem Sinne außerordentliche Verbeſſerungen erfahren. Dieſe ſind vorzugsweiſe durch die veränderte Ladeweiſe (Hinter- und ſpäter Mehrlader), die Herabſetzung des Kalibers oder der Laufweite und die Erfindung des rauchſchwachen Pulvers ermöglicht worden.

Bis 1830—40 war die Infanterie aller Mächte noch vorwiegend mit glatten Steinſchloßgewehren von großem Kaliber (17—18 mm) bewaffnet, neben welchen Büchſen (mit gezogenem Lauf) nur in verhältnismäßig geringer Zahl auftraten. Zwiſchen 1830 und 1850 wurde das Steinſchloß allgemein durch das Perkuſſionsſchloß (mit Zündhütchen) erſetzt, und in den folgenden zehn Jahren nahmen die Großmächte durchweg gezogene Vorderlader, zum Teil mit kleinerem Kaliber, an. Zugleich verdrängte das Langgeſchoß die bisher ausſchließlich angewendete Rundkugel, die in den Büchſen mit Pflaſter geladen wurde, um den Spielraum aufzuheben und ihr Führung in den Zügen zu geben. Das Langgeſchoß erhielt ſeine Führung teils durch Stauchung (Lorenz, Wilkinſon), teils durch Aus-

dehnung (Expanſion). Letztere wurde entweder durch einen am Boden der Laufbohrung angebrachten Dorn bewirkt, auf den man das Geſchoß durch wiederholte Stöße mit dem Ladeſtock derart auftrieb, daß es ſich hinten weitete, oder durch eine kleine Höhlung am Geſchoßboden, die zuweilen noch einen Spiegel von Holz oder Blech enthielt, der die ausdehnende Wirkung der Pulvergaſe auf den hohlen Bodenteil des Geſchoſſes unterſtützen ſollte (Neßler, v. Podewils, Minié, Pritchett-Enfield; Dorn- [oder Stift-] und Kammergewehre: Delvigne, Thouvenin, Wild).

Preußen gebührt das Verdienſt, ſchon im Jahre 1841 einen gezogenen Hinterlader von mittlerem Kaliber, das von Nikolaus Dreyſe in Sömmerda erfundene Zündnadelgewehr (m/41), angenommen zu haben. Seine Einheitspatrone vereinigte Geſchoß und Pulverladung mit dem führenden Pappſpiegel, der auch die Zündpille enthielt, zu einem Ganzen. Es geſtattete daher ein weit raſcheres Laden (in jeder Stellung) und Feuern als der bisherige Vorderlader. Unter Moritz von Oranien (1580) brauchte man zum Laden der Muskete 43 Griffe; Guſtav Adolfs Musketiere konnten in der Stunde kaum mehr als einen Schuß abgeben; das Perkuſſionsgewehr tat in der Minute drei, das Zündnadelgewehr, das ſechs Griffe erforderte, fünf Schüſſe. Gegen die Kriegsbrauchbarkeit des Hinterladers, der am 7. Mai 1849 im Gefecht bei Alminde (Jütland) zur erſten kriegeriſchen Verwendung gelangte, machten ſich anfangs vielfache Zweifel und Bedenken geltend, die indes durch die Feldzüge von 1864 und 1866, in denen ſich das Zündnadelgewehr ausgezeichnet bewährte, glänzend widerlegt wurden.

Nunmehr beeilten ſich alle Staaten, teils die vorhandenen Gewehre in Hinterlader umarbeiten zu laſſen, teils verbeſſerte Neukonſtruktionen einzuführen, die das inzwiſchen veraltete Zündnadelgewehr erheblich übertrafen, wie dies namentlich die überlegenen balliſtiſchen Leiſtungen des Chaſſepot im Kriege 1870—71 dartaten. Die ſchon vor dem Kriege begonnene Umänderung des Zündnadelgewehrs trat deshalb in den Hintergrund, und es wurde das Gewehr m/71 angenommen, das den ungefähr gleichzeitig eingeführten Waffen der andern Heere mindeſtens ebenbürtig war.

Die neueren Gewehre wurden hauptſächlich durch folgende weſentliche Fortſchritte gekennzeichnet: Erſatz der Papier- durch eine ſelbſtlidernde Metallpatrone, welche die früher im Verſchluß liegende mangelhafte Liderung (Abdichtung gegen das Entweichen der Pulvergaſe) allein und weit beſſer beſorgte; Verringerung der Zahl der Ladegriffe, indem das Spannen des Schloſſes, das früher einen beſonderen Griff erforderte, nun beim Oeffnen (oder Schließen) ſelbſttätig erfolgte; bedeutende Verkleinerung des Kalibers (der Laufweite).

Während die älteren bezw. die aus Vorderladern umgearbeiteten Hinterlader teils noch Laufweiten von 17,8—17,5 mm hatten (franzöſiſches Tabatière-, niederländiſches Snider- und italieniſches Carcano-Gewehr), teils in den Grenzen von 15,43 bis 12,12 mm lagen (preußiſches Zündnadel-, ruſſiſches Karl-, engliſches Snider-, ſpaniſches Berdan-, öſterreichiſches Wänzl-, bayriſches Podewils- und ſchwediſches Remington-Gewehr), gingen ſie nun ausnahmslos auf 11,44—10,40 mm hinab (däniſches Remington-, engliſches Martini-Henry-, deutſches m/71, bayriſches Werder-, franzöſiſches Chaſſepot- und Gras-, belgiſches Albini-Brändlin-, niederländiſches Beaumont-, öſterreichiſch-ungariſches Werndl- und Remington-, ruſſiſches Berdan- [Nr. 2], ſchweizeriſches Milbank-Amsler-, Peabody- und Vetterli-Gewehr).

Die kleine Laufweite des Infanteriegewehrs geſtattete große Mündungsgeſchwindigkeit und hohe Querdichte (oder Querſchnittbelaſtung: Verhältnis des Gewichts zum Querſchnitt des Geſchoſſes), welche die unerläßlichen Vorbedingungen einer hohen balliſtiſchen Leiſtung des Geſchoſſes bilden, dem ſie eine flache, geſtreckte Flugbahn und lange beſtrichene Räume, gute Treffähigkeit, bedeutende Endgeſchwindigkeit, erhebliche Durchſchlagleiſtung und große Schußweiten gaben. — Aber nur durch ihre Vereinigung und gegenſeitige Ergänzung vermochten beide ſo hervorragende Ergebniſſe zu erzielen. Für kleine Mündungsgeſchwindigkeit war hohe Querdichte entbehrlich und ohne beſonderen Nutzen; große Mündungsgeſchwindigkeit dagegen, wenn ſie nicht von genügender Querdichte getragen wurde, erlahmte ſehr bald, weil das Geſchoß zur Ueberwindung des Luftwiderſtands nicht hinlänglich befähigt war.

Da mit dem Durchmeſſer des Geſchoſſes der Querſchnitt im quadratiſchen, das Gewicht aber (bei ähnlichen Geſchoſſen von demſelben Metall) im kubiſchen Verhältnis zunimmt, ſo wächſt die Querdichte mit der Laufweite im einfachen Verhältnis. Sonach liegen alle balliſtiſchen Vorteile ſcheinbar auf ſeiten des großen Kalibers. In Wirklichkeit trifft indes gerade der entgegengeſetzte Fall zu. Durch das gewählte oder erreichte Maß der Mündungsgeſchwindigkeit iſt im allgemeinen auch ſchon die obere Grenze des Geſchoßgewichts ohne weiteres gegeben, da die Rückwirkung des Schuſſes hauptſächlich durch die Mündungsgeſchwindigkeit und das Gewicht des Geſchoſſes bedingt wird. Iſt der eine dieſer Werte beſtimmt, ſo kann ſich der zuläſſige Höchſtbetrag des andern nur noch in ziemlich enggezogenen Grenzen bewegen, weil ſonſt entweder der Rückſtoß der Waffe zu ſtark oder ihr Gewicht unverhältnismäßig groß werden müßte; in beiden Fällen würde alſo die für den Feldgebrauch ſtatthafte Beanſpruchung der Körperkraft des Infanteriſten überſchritten werden. Bei gegebenem Geſchoßgewicht iſt es dann naturgemäß balliſtiſch vorteilhafter, aus dem durch die Dichte des Geſchoßmetalls gleichfalls gegebenen Rauminhalt ein Geſchoß von kleinem Kaliber und großer Länge, ſtatt umgekehrt ein kurzes Geſchoß von großem Durchmeſſer zu formen, da man im erſteren Fall hohe, im andern geringe Querdichte erzielt.

In demſelben Sinne beeinflußt die Laufweite auch die für das heutige Gewehr ſo weſentliche Durchſchlagleiſtung. Die Geſchoßarbeit, deren die verſchiedenen Kaliber zu der gleichen Durchſchlagleiſtung bedürfen, verringert ſich mit der abnehmenden Laufweite höchſtens im Verhältnis der Geſchoßquerſchnitte, mindeſtens im Verhältnis der Geſchoßumfänge; in jedem Fall haben alſo die kleineren Kaliber erheblich weniger Geſchoßarbeit nötig als die großen. Eine 13 g ſchwere Schrapnellkugel aus Weichblei braucht 8 mkg Arbeit bezw. 110 m Treff-

geſchwindigkeit, um einen Mann außer Gefecht zu ſetzen; ihr Durchmeſſer beträgt 13 mm. Schon im Verhältnis der Umfänge oder Durchmeſſer würde demnach ein 8-, 6,5- und 5-mm-Gewehrgeſchoß nur 5 bezw. 4 und 3 mkg Arbeit für den gleichen Zweck bedürfen. Der wirkliche Arbeitsbedarf der Gewehrgeſchoſſe iſt indes noch weſentlich geringer, teils weil er ſich mit der abnehmenden Laufweite in höherem Maße als im Verhältnis der Durchmeſſer vermindert, teils weil dieſe Geſchoſſe gegen die Schrapnellkugel in bezug auf Spitzenform (Ogival gegen Halbkugel) ſowie an Feſtigkeit und Härte (Hartbleikern in Stahl- oder Kupfernickelmantel gegen nacktes Weichblei) erheblich im Vorteil ſind.

Das niedrigere Geſchoßgewicht der kleinen Laufweite führt ferner — ungeachtet der geſteigerten Mündungsgeſchwindigkeit — zu einer beträchtlichen Ermäßigung des Rückſtoßes und geſtattet daher, ohne größere Beanſpruchung des Schützen, eine entſprechende Erleichterung der Waffe, die wieder der Belaſtung des Mannes zugute kommt. Beiſpielshalber hat ein 5-mm-Gewehr von nur 3 kg Gewicht mit 7 g Geſchoßgewicht und 850 m Mündungsgeſchwindigkeit nicht mehr als 0,6 mkg Rückſtoßarbeit und 1,98 m Rückſtoßgeſchwindigkeit.

Endlich erfährt auch das Patronengewicht mit der abnehmenden Laufweite eine weſentliche Verringerung. Möglichſt leichte Patronen ſind ſelbſtredend unter allen Umſtänden von Vorteil, gleichviel, ob man es vorzieht, in den Taſchen des Mannes und in den Fahrzeugen eine tunlichſt große Schußzahl mitzuführen oder den Infanteriſten mit Schießbedarf möglichſt wenig zu belaſten. 150 Patronen (älterer Art) des deutſchen 7,9-mm-Gewehrs 98 wiegen 4,1 kg; dasſelbe Gewicht ergeben rund 225 der 18 g ſchweren Patronen des 5-mm-Gewehrs; ohne Gewichtszuwachs erhöht ſich daher die Schußzahl um 75 Stück = 50 %. 150 5-mm-Patronen wiegen 2,7 kg; bei gleicher Schußzahl vermindert ſich demnach das Gewicht um 1,4 kg = 33 %.

Die entſcheidenden Vorzüge der kleinen Gewehrkaliber lagen alſo bisher in der hohen Mündungsgeſchwindigkeit und der großen Querdichte des Geſchoſſes (bei an ſich kleinerem Geſchoßgewicht). Daraus ergaben ſich: 1. Sehr flache Flugbahnen und große beſtrichene Räume; alſo Beherrſchung größerer Strecken des Vorfelds mit einer Aufſatzſtellung und geringer Einfluß der Entfernungsfehler auf die Treffergebniſſe. Gegen 1,7 m Zielhöhe (Mannshöhe) hat das 5-mm-Gewehr einen vollſtändig beſtrichenen Raum von der Mündung bis gegen 700 m. 2. Beträchtliche Durchſchlagleiſtung, durch die große Endgeſchwindigkeit (am Ziel), den kleinen Durchmeſſer und die bedeutende Feſtigkeit und Härte der Geſchoſſe bedingt. 3. Geringer Rückſtoß, aus dem kleinen Geſchoßgewicht folgend; daher verminderte Beanſpruchung des Schützen; deshalb zuläſſig: 4. Geringes Gewicht der Waffe, mithin Entlaſtung des Mannes. 5. Kleines Patronengewicht; dadurch größere Schußzahl in den Taſchen und Wagen bezw. geringere Belaſtung des Infanteriſten und der Fahrzeuge. Die Uebertragung dieſer maßgebenden Geſichtspunkte auf die Praxis hatte während der letzten Jahrzehnte dazu geführt, daß die Laufweite ſtufenweiſe von rund 18 auf 6 mm (im Verſuch 5 mm) geſunken und gleichzeitig die Querdichte von 20 auf reichlich 31 g für den Quadratzentimeter (5 mm : 33,1 g) geſtiegen war.

Neuerdings iſt man im Deutſchen Reich und auch in Frankreich mit Erfolg beſtrebt geweſen, die balliſtiſche Leiſtung des Gewehrs durch weitere Steigerung der Mündungsgeſchwindigkeit (im Verein mit einer mäßigen Herabſetzung des Geſchoßgewichts) und vor allem durch Annahme einer ſehr ſchlanken Spitzenform des Geſchoſſes derart zu heben, daß auf allen gebräuchlichen Kampfentfernungen noch flachere Flugbahnen als bisher erzielt werden. Näheres über die deutſche S-Munition, das franzöſiſche D-Geſchoß und die mit erſterer erreichten außerordentlichen Fortſchritte der Leiſtung und Wirkung ſ. in der Zuſammenſtellung auf S. 470 bezw. im Art. Munition für Gewehre. Die Konſtruktion der ſchon vor einiger Zeit von den deutſchen Waffen- und Munitionsfabriken und von der Waffenfabrik Mauſer angenommenen 6,5-cm-Spitzgeſchoſſe m/1904 (Fig. 1) kennzeichnet ſich durch folgendes Verhältnis der Abmeſſungen:

Fig. 1.

Länge des Führungsteils	1,85	Geſchoßdurchmeſſer
„ der Spitze	2,19	
Mittlerer Krümmungshalbmeſſer des Spitzbogens	4,7—8,2	

Für die Kaliber von 7,65, 7,0 und 6,5 mm hat, gegenüber den älteren Mauſerwaffen von gleicher Laufweite, das Geſchoßgewicht um 2—1 g = 14—10 % und demgemäß ſelbſtredend auch die Querdichte um 14—10 % abgenommen, während anderſeits die Mündungsgeſchwindigkeit, teils durch die Erleichterung des Geſchoſſes, teils durch Vergrößerung der (überdies aus wirkſamerem Pulver beſtehenden) Ladung um 17—44 %, eine Zunahme von 19—24 % erfahren hat; trotzdem iſt der höchſte Gasdruck im 7,65-mm-Gewehr um 1 % geſunken, im 7,0- und 6,5-mm-Gewehr nur um 10 bezw. 8 % geſtiegen. Die Treffähigkeit und ebenſo die Durchſchlagleiſtung (letztere beſonders gegen Holz und vor allem gegen Stahl) iſt erheblich geſteigert, und die bedeutende Verbeſſerung der Flugbahnverhältniſſe ergibt ſich aus nachſtehender Zuſammenſtellung (ſ. a. die Zuſammenſtellung auf S. 471).

Entfernung	Abnahme der Scheitelhöhen der Bahn			Zunahme des beſtrichenen Raumes gegen 1,7 m Zielhöhe			Verkürzung der Flugzeiten		
	7,65-mm-Gewehr	7,0-mm-Gewehr	6,5-mm-Gewehr	7,65-mm-Gewehr	7,0-mm-Gewehr	6,5-mm-Gewehr	7,65-mm-Gewehr	7,0-mm-Gewehr	6,5-mm-Gewehr
m	%	%	%	%	%	%	%	%	%
200	40	39	42	—	—	—	23	22	26
800	51	49	56	154	—	358	28	27	33
1400	42	43	52	61	—	86	22	22	27
2000	39	38	46	—	33	60	19	18	23

Da derartige Ergebniſſe durch die Steigerung der Mündungsgeſchwindigkeit allein, zumal bei der verringerten Querdichte des Geſchoſſes, keinesfalls erreicht werden konnten, ſo iſt der praktiſche Beweis erbracht, daß der Vorteil der ſchlankeren Spitze den Nachteil der kleineren Querſchnittbelaſtung nicht nur ausgleicht, ſondern noch bei weitem überwiegt.

Eine namhafte Steigerung der Feuergeſchwindigkeit und damit auch der Feuerwirkung in gegebenen kritiſchen Gefechtslagen wurde durch die Mehrlader (Repetiergewehre) erzielt, die ſchon im nordamerikaniſchen Bürgerkriege eine gewiſſe Rolle geſpielt hatten, die ſich aber erſt allgemein Bahn zu brechen vermochten, nachdem die urſprünglichen mangelhaften Konſtruktionen (Röhrenmagazin im Kolben oder im Vorderſchaft) durch vollkommenere (Kaſtenmagazin im Mittelſchaft) erſetzt waren.

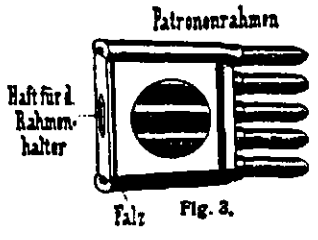


Fig. 3.

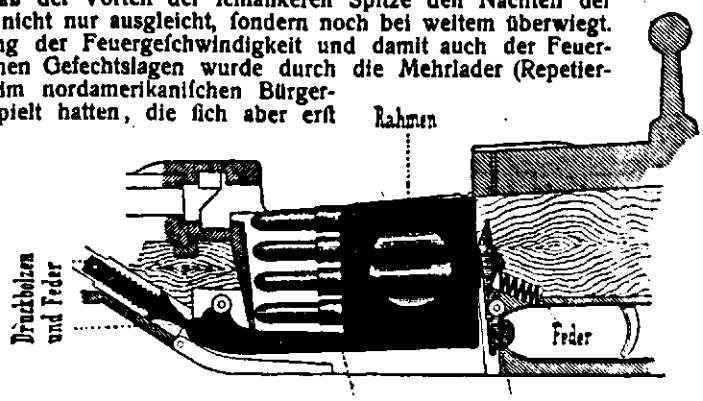


Fig. 2.

Das Röhrenmagazin findet ſich gegenwärtig nur noch an dem franzöſiſchen Lebelgewehr und an den gleichfalls veralteten Waffen einzelner Staaten zweiten und dritten Ranges; alle andern Mehrlader ſind mit Kaſtenmagazinen ausgerüſtet. Bei dieſen unterſcheidet man drei grundſätzlich verſchiedene Gattungen, benannt nach ihren Erfindern: v Mannlicher, Mauſer und Krag-Jörgenſen.

Fig. 4.

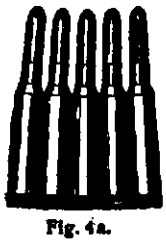


Fig. 4a.

v. Mannlicher (deutſches Gewehr 88, Fig. 2 und 3): Senkrechter, unten offener Kaſten; die darin übereinander liegenden Patronen werden mit dem ſchachtelförmigen Patronenrahmen, der ſie zu einem Paket vereinigt, von oben in das Magazin eingeführt. Der löffelartige Zubringer, den der Druckbolzen mit Schraubenfeder betätigt, hebt ſie der Reihe nach einzeln vor die hintere Lauföffnung bezw. in die „Kammerbahn"; der beim Schließen nach vorn geſchobene Verſchluß („Kammer") erfaßt jedesmal die oberſte Patrone und führt ſie in das Patronenlager des Laufs ein. Der hakenartige gefederte Rahmenhalter, der um eine wagerechte Welle ſchwingt, verhindert, daß ſich der Patronenrahmen unter dem hebenden Druck des Zubringers nach oben verſchieben kann. Sein Hinabgleiten wird anderſeits durch die Reibung und Spannung verhütet, die zwiſchen den auf dem Zubringer ruhenden Patronen und den oben und unten nach innen umgebogenen Wandungen des Rahmens ſtattfindet. Sobald daher die letzte Patrone des Pakets verfeuert iſt, fällt der leere Rahmen von ſelbſt nach unten aus dem Kaſten; der Zubringer geht dabei mit Spielraum durch die offenen Schmalſeiten des Rahmens hindurch.

Mauſer (Fig. 4—6): Senkrechter, unten geſchloſſener Kaſten; die zu einem Paket gehörenden Patronen werden durch einen ſpangenförmigen Ladeſtreifen,

Fig. 5.

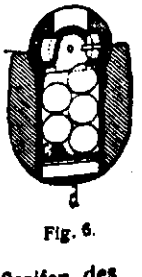


Fig. 6.

der nur die Patronenböden umfaßt, zuſammengehalten (Fig. 4 und 4a: gefüllter Ladeſtreifen des ſpaniſchen Gewehrs m/93). Die innen am Boden liegende Flachfeder *w* drückt die Patronen gegen den hakenförmig umgebogenen Rand des Ladeſtreifens, der in die Eindrehungen für die Ausznehmerkralle (am Verſchluß) eingreift, ſo daß die Patronen feſtgelegt ſind und nicht von ſelbſt herausfallen können. Der Schütze ſetzt den Ladeſtreifen — beliebig mit dem einen oder andern Ende — in die über dem Magazin in die Verſchlußhülſe eingeſchnittenen ſenkrechten Rinnen, ſtreift die Patronen durch einen Fingerdruck vom Streifen ab in den Kaſten hinein und wirft den entleerten Ladeſtreifen fort, oder letzterer fällt beim Schließen des Verſchluſſes von ſelbſt ab. Die Patronen liegen loſe übereinander im Magazin und werden von dem durch eine Zickzackfeder betätigten Zubringer bis zur Kammerbahn gehoben.

Die neueren Mauſergewehre (Fig. 5 und 6) haben einen flacheren und breiteren Kaſten, der ſich unten mit dem Schaft vergleicht und die fünf Patronen in zwei Reihen nebeneinander (drei links, zwei rechts) aufnimmt. Eine auf der Zubringerplatte links angeordnete Rippe

(Fig. 6) bewirkt, daß die Patronen der einen Reihe in gleicher Höhe mit den Zwischenräumen der andern liegen und in diese eingreifen. Der vordere Teil des Verschlußkolbens ist unten abgeflacht und hat zwei seitliche Vorsprünge, um die Patronen, die abwechselnd von rechts und links emporsteigen, fassen und in den Lauf einführen zu können. Sobald das Magazin entleert und die letzte Hülse ausgeworfen ist, tritt eine auf dem Zubringer angebrachte Nase in die Kammerbahn, verhindert das Schließen des Verschlusses und benachrichtigt so den Schützen mit großer Deutlichkeit, daß das Magazin von neuem gefüllt werden muß. Diese einfache Vorrichtung ist von hohem Wert, da sie das in der Erregung des Kampfes — und selbst bei Friedensübungen — leicht mögliche „Blindabziehen" verhütet. Ein zunächst nur für Karabiner bestimmtes Muster des Mausermagazins nimmt zehn Patronen in zwei Reihen auf, ist deshalb entsprechend tiefer und ragt unten um einige Zentimeter aus dem Schaft hervor. Es wird mit zwei gewöhnlichen Ladestreifen zu je fünf Patronen gefüllt.

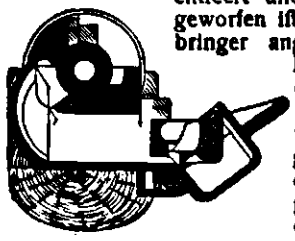


Fig. 9.

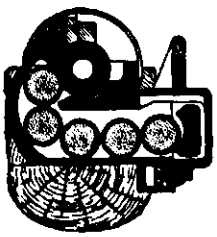


Fig. 7.

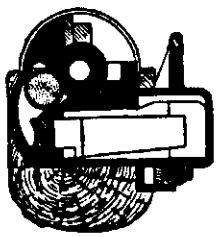


Fig. 8.

Krag-Jörgensen (Fig. 7, 8 und 9): Wagerechter Kasten mit seitlicher, nach unten (früher nach vorne) öffnender Tür. Die Patronen werden aus einem an die Türöffnung angelegten Blechbehälter (Rahmen) in den Kasten entleert und liegen in diesem *nebeneinander*, der Zubringer, dessen Feder erst beim Schließen der Kastentür in Tätigkeit tritt, schiebt sie von links vor die Lauföffnung; die Patroneneinlage der Hülse hat daher unten keinen Durchbruch.

Die *Mannlicher*-Mehrladung ist eingeführt im Deutschen Reich (88), Bulgarien, Italien, den Niederlanden, Oesterreich-Ungarn, Rumänien und bei dem französischen Karabiner m/90 (Berthier); System *Mauser* im Deutschen Reich (98), Argentinien, Belgien, Bolivia, Brasilien, Chile, China, Columbia, Ecuador, Kongostaat (für die europäischen Truppen), Luxemburg, Mexiko (Oranje-Freistaat), Persien, Peru, Portugal (m/1904), Rußland, Schweden, Serbien, Spanien (Transvaal-Freistaat), in der Türkei und in Uruguay; *Krag-Jörgensen* in Dänemark sowie (verbessert) in Norwegen, vormals auch in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Bei dem schweizerischen Gewehr m/89 und dem Karabiner m/93 wird der abnehmbare Magazinkasten aus zwei (Karabiner einer) Ladeschachteln mit zwölf (Karabiner sechs) losen Patronen in zwei Reihen nebeneinander gefüllt. Durch eine Magazinsperre (Abstellvorrichtung) kann die Zuführung von Patronen aus dem Kasten vor den Verschlußkolben ausgeschaltet werden. Im Anschluß an die von Schweden-Norwegen vorgenommene umfangreiche Prüfung verschiedener Mehrladermuster wurden die wesentlichen Eigenschaften der Systeme von Mannlicher, Mauser und Krag-Jörgensen in der Stockholmer Artilleriezeitschrift von Hauptmann *Lemchen* wie folgt gekennzeichnet: Zum Laden der Waffe sind bei v. Mannlicher und Mauser vier, bei Krag-Jörgensen neun Griffe erforderlich.

Vorzüge.

v. *Mannlicher*: Der Verschluß ist gut konstruiert und arbeitet im allgemeinen sehr leicht. Das Magazin läßt sich ohne die geringste Schwierigkeit und stets auf dieselbe Weise füllen sowie ohne Beanspruchung des Verschlusses leeren. Das Gewehr ist leicht anzufertigen.

Mauser: Der Verschluß arbeitet gut und hat sich namentlich gegen Rost unempfindlich gezeigt, indem die an älteren Schloßmustern wie auch von v. Mannlicher und Krag-Jörgensen angewendete Spannase fortgefallen ist. Da nur bei vollständig geschlossenem Verschluß abgezogen werden kann, kommen Versager, die ihre Ursache im Arbeiten des Verschlusses haben, seltener als bei den andern beiden Systemen vor. Die Art, wie der Verschluß die Rückwirkung der Pulvergase aufnimmt, ist vorteilhafter als bei Krag-Jörgensen angeordnet; auch läßt sich die äußerst einfach konstruierte Mehrladevorrichtung leichter als bei jenem System herstellen und instand halten. Der Kasten kann sowohl mittels des Ladestreifens wie mit losen Patronen gefüllt werden. Ist die letzte Patrone aus dem Magazin verschossen und wird dieses nicht von neuem gefüllt, so läßt sich die Waffe nicht mehr abziehen. Der Ladestreifen ist einfacher und haltbarer konstruiert als bei Krag-Jörgensen, wiegt weniger und hält die Patronen, selbst wenn er nur zum Teil gefüllt ist, sicherer zusammen als die Rahmen von v. Mannlicher und Krag-Jörgensen. Die äußere Form des Gewehrs ist vorteilhafter als bei v. Mannlicher, weil der Kasten den Schaft nicht überragt.

Krag-Jörgensen: Der Verschluß ist gut konstruiert und arbeitet sehr leicht. Bei den Versuchen hat sich das Gewehr besonders unempfindlich gegen Zündhütchensprengungen gezeigt. Die Mehrladevorrichtung ist vom Verschluß völlig unabhängig; auch ohne diesen zu öffnen, kann der Kasten gefüllt oder auf einmal entleert werden. Selbst bei beschädigtem Magazin läßt sich das Gewehr als Einzellader gebrauchen. Man kann den Kasten sowohl mittels des Rahmens wie mit losen Patronen füllen.

Nachteile.

v. *Mannlicher*: Der Verschlußkopf bildet einen kleinen losen Teil, welcher beim Zusammensetzen der Waffe nach dem Reinigen leicht vergessen werden kann; wird mit dem Gewehr in diesem Zustand geschossen, so ist ein Unglücksfall unvermeidlich. Bringt man einen Rahmen ein, in dem sich die Patronen verschoben haben oder der bei der Fortschaffung, durch Werfen u. dergl. beschädigt worden ist, so tritt eine Störung im Arbeiten der Mehrladevorrichtung ein. Das Gewehr ist als Einzellader kaum verwendbar. Der Kasten kann nur mittels des

Rahmens gefüllt werden. Das Nachfüllen eines teilweiſe geleerten Magazins iſt unmöglich; ſtatt deſſen kann nur ein Austauſch der Patronenrahmen ſtattfinden. Ein Rahmen, in welchem eine oder mehrere Patronen fehlen, iſt kaum noch benutzbar, da er die Patronen nicht mehr zuſammenhält. Die Einrichtung des Gewehrs macht das Magazin ſchwer zugänglich; auch läßt es ſich nur bei geöffnetem Verſchluß füllen.

Mauſer: Das Füllen des Magazins bei geſchloſſenem Verſchluß iſt untunlich; der Kaſten kann nicht auf einmal, ſondern nur allmählich mit Hilfe des Verſchluſſes geleert werden.

Krag-Jörgenſen: Der Grundſatz, auf dem die Konſtruktion beruht, iſt im allgemeinen als veraltet anzuſehen, da kein andres modernes Gewehr mehr vorwiegend als Einzellader gebraucht werden und die Magazinfüllung als Vorrat für Ausnahmefälle aufſparen ſoll. Bei unrichtiger Handhabung des Abſtellhebels, der das Magazin ſperrt, kommen oft Verſager vor, ebenſo wenn beim Schließen der Griff des Verſchlußkolbens nicht vollſtändig herabgedrückt wird. Die beiden verſchiedenen Ladeweiſen erfordern, daß der Mann die Patronen auch auf zweierlei Art verpackt mitführt (teils loſe, teils in Rahmen); dadurch kann die Eigenſchaft des Gewehrs als Schnellader in Frage geſtellt werden. Fällt ein Rahmen zu Boden oder wird er, wie es beim Erſatz des Schießbedarfs in der Schützenlinie vorkommen kann, geworfen, ſo trennen ſich die Patronen von ihm. Das Gewehr läßt ſich ſchwer ſo anfertigen, daß die Teile vertauſchbar ſind.

Dieſe Ergebniſſe der vorgenommenen Vergleichsverſuche führten in Schweden zur Annahme des Syſtems Mauſer, während ſich Norwegen gleichzeitig für Krag-Jörgenſen entſchied.

Durch die Mehrladung iſt die mögliche Feuergeſchwindigkeit von fünf Schüſſen in der Minute beim Zündnadelgewehr auf 25 gezielte und auf 50 Schüſſe in mechaniſchem Schnellfeuer geſteigert worden. Aber weder dieſe Leiſtung noch die Herabſetzung der Laufweite würde den tatſächlich erzielten gewaltigen Zuwachs an Feuerwirkung auch nur annähernd ergeben haben, wenn nicht als dritter und mächtigſter Bundesgenoſſe das rauchſchwache Pulver hinzugetreten wäre, das mit äußerſt geringfügiger Rauchentwicklung zugleich den Vorzug einer ſehr beträchtlichen Triebkraft bei verhältnismäßig niedrigem Gasdruck vereinigt (ſ. Geſchoßtreibmittel). Infolgedeſſen wuchs die Mündungsgeſchwindigkeit von 320 m (Vorderlader) auf rund 770 m bei dem 6 mm (5 mm 850 m) und die wirkſame Schußweite von knapp 250 m (glatte Flinte) auf reichlich 5000 m; gleichzeitig wurde ein außerordentlicher Gewinn an Durchſchlagleiſtung erzielt.

Künſtliche und natürliche Deckungen, die ehemals gegen Infanteriefeuer unbedingt ſicherten, gewähren nun keinen nennenswerten Schutz mehr. Im Gegenteil, was früher den Verteidiger beſchirmte, half ihn jetzt vernichten, da die von den zerſchmetterten Mauern, Bäumen u. ſ. w. losgeriſſenen Trümmer und Splitter die Wirkung der Geſchoſſe ſelbſt vervielfachten. Dadurch wurde naturgemäß ein vollſtändiger Umſchwung in den taktiſchen Verhältniſſen, namentlich in der Geländebenutzung, dem Kampf um Oertlichkeiten, Gehölze u. a. m., herbeigeführt.

In betreff der Verwundungen iſt ermittelt worden, daß beiſpielshalber das Geſchoß des franzöſiſchen Gewehres m/86/93 noch bis auf 3000 m weiche Körperteile durchbohrt und Glieder zerſchmettert, während das italieniſche und andre 6,5-mm-Gewehre bis zu 4000 m Menſchen außer Gefecht ſetzen können. Der möglichen Wirkung zufälliger Treffer auf ſo große Entfernungen iſt indes eine nennenswerte praktiſche Bedeutung nicht beizulegen. Die gefechtsmäßige Verwertung der balliſtiſchen Leiſtung bis zu ihren äußerſten Grenzen bleibt ausgeſchloſſen, weil — abgeſehen von der unzureichenden und unverwendbaren Höhe des Aufſatzes am Gewehre — das Zielen und die Beobachtung der Infanteriefeuerwirkung auf 3—4 km mit bloßem Auge unmöglich und ſelbſt mit bewaffnetem in den meiſten Fällen undurchführbar iſt.

Die kleinkalibrigen Mantelgeſchoſſe bringen vermöge ihrer beträchtlichen Geſchwindigkeit und Arbeit häufig ſchwere Verwundungen hervor, teils durch hydrauliſche Sprengung der mit — praktiſch unelaſtiſcher — Flüſſigkeit gefüllten und kapſelartig geſchloſſenen Organe (Gehirn, Herz, Magen, Darm, Harnblaſe), teils durch umfangreiche Zertrümmerung und Splitterung der Knochen, teils endlich durch ausgedehnte Zerreißung der Blutgefäße (Verblutung). Anderſeits bewirkt die große Feſtigkeit der Mantelgeſchoſſe, die ihre Formveränderung beim Eindringen in den getroffenen Körper faſt ganz ausſchließt, daß die Heilung der nicht unbedingt tödlichen Wunden meiſt viel raſcher und günſtiger verläuft als früher.

Die gegen die Verringerung der Laufweite wiederholt geltend gemachte Behauptung, daß kleinkalibrige Geſchoſſe nicht imſtande ſeien, lebende Ziele ſofort außer Gefecht zu ſetzen, d. h. ihre Bewegungs- und Kampffähigkeit unmittelbar und augenblicklich aufzuheben, iſt durch die Erfahrungen der neueſten Kriege nicht beſtätigt worden. Selbſtredend bleibt die Schußwirkung ſtets von Ort und Art der Verwundung abhängig, und leichte Streifſchüſſe werden ebenſowenig wie früher lebende Ziele immer außer Gefecht ſetzen. Jedenfalls wird man aber ſtets mit einem verhältnismäßig hohen Prozentſatz von Toten und Schwerverwundeten zu rechnen haben, während zugleich die großen Schußweiten unſrer heutigen Waffen die Behandlung der Verwundeten auf dem Schlachtfeld und ihre Fortſchaffung nach den Verbandplätzen erheblich erſchweren, verzögern und gefährden.

Die Hauptteile des modernen Infanteriegewehrs ſind — abgeſehen von der ſchon beſprochenen Mehrladeeinrichtung —: Lauf, Viſiervorrichtung, Verſchluß und Schloß, Schaft, Beſchlag, Zubehör und Bei- oder blanke Waffe.

Lauf: Röhre von beſonders widerſtandsfähigem Stahl (neuerdings Nickelſtahl), 610 bis 800 mm lang, hinten ſtärker als vorn. Die innere Bohrung (Seele) zerfällt in den gezogenen Teil und das der Geſtalt der Patrone entſprechende Patronenlager. Die Züge, deren Zahl zwiſchen drei und ſieben ſchwankt und in der Regel vier beträgt, bilden Rinnen, die in den gezogenen Teil eingeſchnitten ſind. Die zwiſchen ihnen ſtehen bleibenden Rippen heißen Felder; der Abſtand zweier einander gegenüber liegenden Felder ergibt das Kaliber oder

die Laufweite *d* der Waffe. Die Windung der Züge und der Felder, der Drall, gibt dem Geſchoß, in deſſen Mantel ſich die Felder während ſeiner Bewegung durch die Seele einſchneiden, eine (für die Stetigkeit des Fluges in der Luft notwendige) Drehung um die Längsachſe.

Ueber Drallänge und -winkel ſ. Geſchütze. Der Querſchnitt der Züge iſt teils rechteckig (Fig. 10, ruſſiſches Dreilinienгewehr m 91), teils muldenförmig (Fig. 11, öſterreichiſch-ungariſches Gewehr m 88), teils bogenförmig (Fig. 12, däniſches Gewehr m 89).

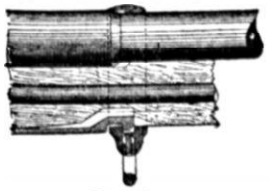


Fig. 15.

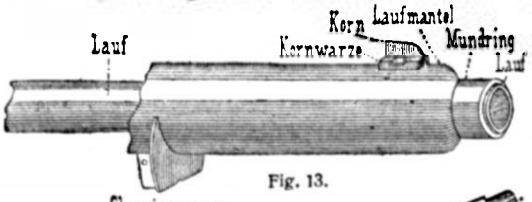


Fig. 13.

Fig. 10.

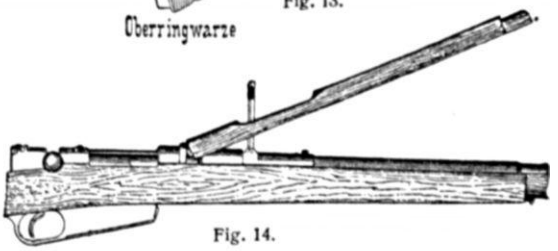


Fig. 14.

Fig. 11.

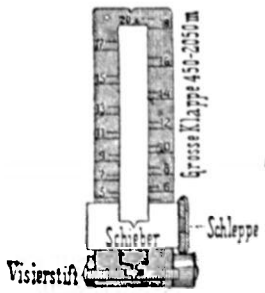


Fig. 17.

Fig. 12.

Bei einigen Gewehren (deutſches 88, belgiſches und däniſches) iſt der Lauf ſeiner ganzen Länge nach mit einigen Millimetern Spielraum von einer dünnen Stahlblechröhre, dem Laufmantel, umgeben (Fig. 13). Dieſer erleichtert die Handhabung des durch anhaltendes Feuern erhitzten Gewehres, ſchützt den Lauf vor äußeren Beſchädigungen, ſichert ihn beim Schießen gegen die nachteiligen Einwirkungen des Schafts und geſtattet ihm, wenn der Lauf heiß geworden iſt, ſich ungehindert auszudehnen und frei zu ſchwingen, wodurch die Treffſähigkeit befördert wird. Bei neueren Gewehrmuſtern wird ſtatt des Laufmantels ein hölzerner Handſchutz (Oberſchaft) angewendet, der die obere Seite des Laufs im hinteren Teil umgibt und für das Viſier ausgeſchnitten iſt (Fig. 14, Handſchutz des ſpaniſchen 7-mm-Mauſergewehres m 93).

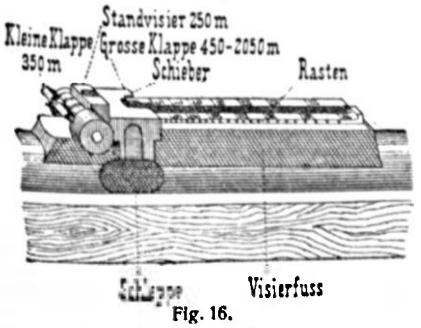


Fig. 16.

Die freie Ausdehnung des ſich beim Feuern erwärmenden Laufs in der Längsrichtung kann auch dadurch erreicht werden, daß der Lauf ſich nach vorn in einem oder mehreren Abſätzen ſtufenförmig verjüngt und an dieſen Stellen im Schaft und Unterring Spielraum erhält: ſpaniſches Gewehr m 93 (Fig. 15); deutſches Gewehr 98.

Die Viſiervorrichtung dient dazu, dem Lauf die für das Treffen des Ziels geeignete Richtung zu geben; ſie beſteht aus Viſier (Auffatz) und Korn. Erſteres befindet ſich nahe dem hinteren Laufende, letzteres dicht hinter der Mündung. Die Viſierlinie, d. h. die Verbindungslinie zwiſchen der Kimme (Einſchnitt) des Viſiers und der Kornſpitze, iſt in der Regel 600—700 mm lang. Je weiter das zu beſchießende Ziel entfernt iſt, deſto größer wird der anzuwendende Erhöhungswinkel, den die Seelenachſe mit der Wagerechten bilden muß. Der kleinſten Entfernung entſpricht daher die niedrigſte Viſierſtellung, das Standviſier, das meiſt für 200—300 m, bei den 6,5-mm-Gewehren für 300—400 m eingerichtet iſt. Nach den Vorkehrungen, die für das Schießen auf weitere Entfernungen, alſo unter größerer Erhöhung, getroffen ſind, unterſcheidet man hauptſächlich vier Gattungen von Viſieren: Rahmen- (Schieber- oder Leiter-), Treppen- und Rahmen- und endlich Quadranten- und Kurvenviſiere.

Erſteres (Fig. 16 u. 17: Viſier des deutſchen Gewehrs 88) hat außer dem Standviſier und der „kleinen Klappe" einen rechteckigen Rahmen (Leiter, „große Klappe"), in deſſen lange Schenkel die Entfernungszahlen und -marken (Viſiermarken) eingeſchlagen ſind. Längs des Rahmens, der ſich um eine wagerechte Welle drehen (aufrechtſtellen) läßt, gleitet ein mit einer Kimme verſehener Schieber auf und nieder; mittels eines gefederten Sperrſtücks (Schleppe), das in Ausſchnitte (Raſten) in der einen Rahmenkante eingreift, wird er auf die befohlene Entfernung eingeſtellt. Der Viſierfuß iſt auf den Laufmantel aufgelötet.

Das Treppen- und Rahmenviſier (Fig. 18 u. 19: Viſier des ruſſiſchen Dreilinien-gewehrs) hat zwei ſenkrechte Wangen *A*, deren ſtufenförmig ausgearbeitete Oberkanten eine Art Treppe bilden; die linke Wange iſt an der Außenſeite mit Entfernungszahlen verſehen. Zwiſchen den Wangen bewegt ſich der um die Welle *a* ſchwingende Rahmen *B*, der den Schieber *c* trägt und zwei Kimmen, b^1 und b^2, hat; an ſeiner Rückſeite ſind gleichfalls Ent-

Fig. 19.

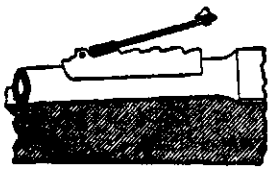


Fig. 18.

fernungszahlen und -marken angebracht. Beim Schießen auf kleinere Entfernungen (bis 1200 Schritt) wird der Schieber auf die entſprechende Stufe der Wangen gelegt und über Kimme b^1 gezielt (Fig. 18); über 1200 Schritt gebraucht man Rahmen und Schieber ebenſo wie beim Rahmenviſier; die Kimme b^2 iſt für die größte Entfernung (2700 Schritt) beſtimmt.

Das Quadrantenviſier (Fig. 20: Viſier des ſchweizeriſchen Karabiners m/93) beſteht aus einem zwiſchen zwei ſenkrechten Wangen drehbaren Blatt, das oben die ebenfalls drehbare Viſierklappe trägt. In die Innenfläche der linken Wange ſind die Stellrinnen und in die Oberkante die zugehörigen Entfernungszahlen eingeſchnitten. Die ſcharfe Kante der Blattfeder greift in die Stellrinnen ein und hält dadurch das Blatt in der gewünſchten Lage feſt.

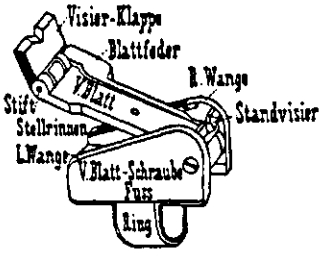


Fig. 20.

Das weſentlich vervollkommnete Kurvenviſier des deutſchen Gewehrs 98 vereinfacht den Gebrauch, ſchließt die Benutzung einer falſchen Kimme aus, beugt der Wahl unrichtiger Aufſatzſtellungen tunlichſt vor, erleichtert deren Ueberwachung durch die Vorgeſetzten, ermöglicht in jeder Lage ein bequemes Einſtellen, begünſtigt daher die ſtete Feuerbereitſchaft und gewährt ein freies, immer gleiches Geſichtsfeld. Es beſteht aus Viſierfuß, -klappe und -ſchieber (Fig. 20a und 20b). Der Viſierſchieber läßt ſich auf dem Viſierfuß vor- und rückwärts bewegen und an den verſchiedenen Viſiermarken dadurch feſtſtellen, daß die Naſen ſeiner beiden gerauhten Drücker, die von den ſchraubenförmigen Drückerfedern betätigt werden, in die viereckigen Raſten an den Führungsleiſten des Viſierfußes eingreifen. Die Viſiermarken ſind ſowohl auf der oberen wie an den beiden Seitenflächen des Viſierfußes angebracht; die oberen Marken werden von der hinteren Abſchnittfläche, die ſeitlichen von den beiden Zeigern des Viſierſchiebers beſtrichen. Die ſeitlichen Marken nebſt den Zeigern dienen nur dazu, die Prüfung und Ueberwachung der richtigen Aufſatzſtellung durch den Zug- oder Gruppenführer zu erleichtern. Die Viſierklappe

Fig. 20a. Deutſches Gewehr 98. Hinterer Laufteil mit Viſierfuß.

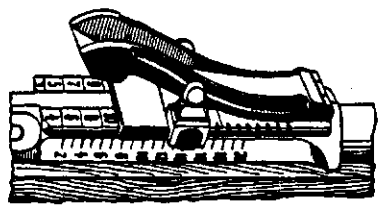


Fig. 20b. Viſier.

ſchwingt in ſenkrechter Richtung um den Viſierſtift, der ſie vorn mit dem Viſierfuß gelenkig verbindet; in die flach gekrümmten Führungsnuten, mit denen ihre aufrechten Seitenwände verſehen ſind, greifen die entſprechenden wagerechten Kurvenſtifte (Zapfen) des Viſierſchiebers ein; ſie regeln die Bewegung der Viſierklappe derart, daß letztere durch das Vorſchieben des Viſierſchiebers (auf eine höhere Entfernungszahl) gehoben, durch das Zurückziehen des Schiebers geſenkt wird. Die in den Kamm (oberen Rand) der Viſierklappe eingeſchnittene dreieckige Kimme iſt bei dieſem Viſier die einzige, während das deutſche Gewehr 88 vier Kimmen hat. Das Viſier läßt ſich auf folgende Entfernungen einſtellen: 200 m (Standviſier, Viſierſchieber in der hinterſten Stellung), 300 m, 350 m, 400 m, 450 m u. ſ. w. mit je 50 m Unterſchied bis 2000 m. Für S-Munition ſind die Viſierentfernungen: 400, 500, 550 und weiter um je 50 m ebenfalls bis 2000 m ſteigend.

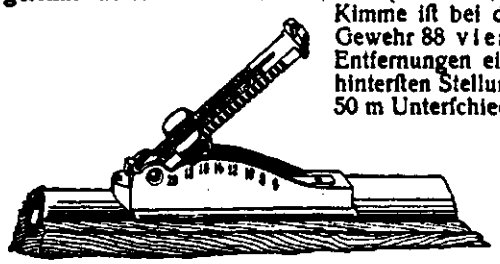


Fig. 20c. Mauſerviſier m/1904.

Das Mauſerviſier m/1904 zeigt Fig. 20c.

Je flacher die Flugbahnen und je länger daher die beſtrichenen Räume werden, deſto größere Strecken vermag das Gewehr mit einer Erhöhung zu beherrſchen, deſto weniger verſchiedene Viſierſtellungen werden alſo erforderlich und deſto mehr wird die Einrichtung und der Gebrauch des Viſiers vereinfacht. Die größte Schußweite, bis zu der die jetzigen Viſiere ausreichen, beträgt rund 2000 m.

Verſchluß und Schloß bewirken den Abſchluß der hinteren Lauföffnung, das Zuführen und Abfeuern der Patronen ſowie das Ausziehen und Auswerfen der leeren Hülſen nach dem Schuß. Die früheren (Block-, Klappen- und Wellen-) Verſchlüſſe ſind in neuerer Zeit ſämtlich durch den ſchon bei dem preußiſchen Zündnadelgewehr angewendeten, inzwiſchen allerdings weſentlich vervollkommneten Kolben- oder Zylinderverſchluß verdrängt worden.

Eine Hülſe, deren vorderer Teil, der Hülſenkopf, auf das hintere Laufende aufgeſchraubt iſt (Fig. 5), nimmt den Verſchluß auf. Der mit einem ſenkrechten Handgriff („Knopf“)

verſehene Verſchlußkolben („Kammer") (Fig. 5 und 21) greift mit zwei Riegel- oder Stützwarzen („Kammerwarzen") in entſprechende Ausdrehungen des Hülſenkopfes ein; dadurch wird der Verſchluß verriegelt und der Lauf geſchloſſen. Bei den meiſten Gewehren iſt hierzu eine drehende Bewegung des Verſchlußkolbens erforderlich; bei einigen (öſterreichiſch-ungariſches und ſchweizeriſches Gewehr und Karabiner) genügt indes zum Schließen und Oeffnen ein geradliniges Vorſchieben bezw. Zurückziehen des Kolbens. Der eigentliche Verſchlußzylinder iſt dann in einem zweiten äußeren Zylinder ſchraubenartig ſo geführt, daß ihm deſſen geradlinige Bewegung eine Drehung erteilt, die den Verſchluß ver- oder entriegelt. Die relativ günſtigſte Beanſpruchung der Waffe durch den Rückſtoß wird erreicht, wenn die Riegelwarzen ſymmetriſch und möglichſt weit vorn angeordnet ſind.

Beim Oeffnen nimmt der Auszieher *b*, eine kräftige, vorn am Verſchlußkolben angebrachte Kralle (Fig. 21), die vom vorhergehenden Schuß im Lauf verbliebene leere Patronenhülſe mit zurück; ſie ſtößt hierbei gegen eine von unten in die Kammerbahn hineinragende Naſe, den Auswerfer, und wird dadurch nach oben hinausgeſchleudert.

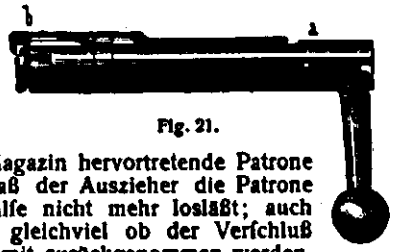


Fig. 21.

Beim Schließen ſchiebt der Kolben eine neue, aus dem Magazin hervortretende Patrone in den Lauf. Dabei iſt es von weſentlicher Bedeutung, daß der Auszieher die Patrone ſofort erfaßt und bis zum Auswerfen der verfeuerten Hülſe nicht mehr losläßt; auch bei einem etwaigen Zurückziehen des Verſchlußkolbens, gleichviel ob der Verſchluß bereits geſchloſſen war oder nicht, muß die Patrone wieder mit zurückgenommen werden, damit bis zur Abgabe des Schuſſes keine zweite Patrone vor den Lauf treten kann, weil dies ſogenannte „Doppelladen" leicht bedenkliche Folgen hat: Klemmungen, Ladehemmungen und ſogar die Entzündung der vorderen Patrone durch den Stoß der hinteren Geſchoßſpitze.

Das Spannen der Schlagbolzenfeder, die zum Abfeuern den Schlagbolzen (Fig. 22: Schlagbolzen nebſt Mutter des ſpaniſchen Gewehres m/93) gegen das am Boden der Patrone befindliche Zündhütchen ſchleudert, wird entweder beim Oeffnen oder Schließen (oder durch beide Bewegungen gemeinſam) ſelbſttätig bewirkt. Eine Sperrvorrichtung („Schlößchen") erhält das Schloß in geſpanntem Zuſtand, während eine Sicherung, die ſich raſch und leicht ein- und ausrücken laſſen muß, das ſelbſttätige Losgehen des geſpannten Gewehres bezw. das Oeffnen (und Spannen) verhindert.

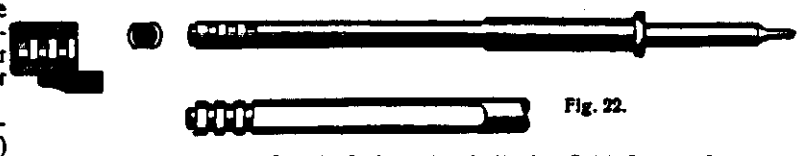


Fig. 22.

Nach dem Schließen löſt ein Fingerdruck auf die Abzugzunge (Fig. 5) die Sperrung der geſpannten Schlagbolzenfeder aus, die nun den Schlagbolzen betätigt und abfeuert. Die Abzugvorrichtung muß ſo angeordnet ſein, daß keinesfalls vor vollſtändigem Schließen des Verſchluſſes abgefeuert werden kann. Bei dem ſpaniſchen Gewehr m/93 iſt dies dadurch erreicht, daß die Abzuggabel vorn eine Warze trägt, die beim Abziehen in die Hülſenbohrung greift. Solange jedoch der Verſchluß geöffnet iſt, wird dies durch den Verſchlußkolben verhindert, der den lichten Querſchnitt der Hülſe ausfüllt. Erſt beim Schließen tritt die Ausſparung im Verſchlußkolben (Fig. 21) über die Warze, ſo daß dieſe nach oben ausweichen kann und das Abfeuern geſtattet.

Die Verſchluß- und Schloßteile des 6,5-mm-Mannlicher-Gewehrs m/95 zeigten mehrfach eine durchaus eigenartige Konſtruktion: Der Kolbenverſchluß mit Drehbewegung iſt vorn durch fünf hintereinander liegende Stützwarzen (Querleiſten) auf jeder Seite ſymmetriſch verriegelt und vom Schloß vollſtändig getrennt. Letzteres, ein Hahnſchloß, liegt unter dem Verſchluß und dient zugleich als Verſchlußhalter; der Hahn wird beim Oeffnen mittels einer an das hintere Ende des Verſchlußkolbens angeſchnittenen Schraubenfläche geſpannt; ſeine Ruhraſt dient als Sicherung. Der Verſchluß trägt nur den Auszieher und enthält den — nicht gefederten — Schlagbolzen, der zum Abfeuern durch den Schlag des Hahns betätigt wird. Der hölzerne Oberſchaft reicht von der Hülſe bis zum vorderen Schaftende. Auch an der Mehrladeeinrichtung befanden ſich manche Neuerungen: der Patronenrahmen für fünf Schüſſe iſt ſehr ſchmal bezw. kurz und daher leicht (Leergewicht 7 g); er liegt vorn höher als hinten im Magazinkaſten, deſſen untere Fläche daher eine ſanft anſteigende, nirgends ſcharf abgeſetzte oder vortretende ſchiefe Ebene zwiſchen Abzugbügel und Schaft bildet. Der entleerte Patronenrahmen fällt durch eine kleine Oeffnung im Kaſtenboden heraus. Das Magazin — mit ſeitlicher Lippe über dem Zubringer — geſtattet das Füllen bezw. Nachfüllen mit loſen Patronen ſowie den Gebrauch der Waffe als Einzellader und verhindert das „Doppelladen".

Der Schaft beſteht aus Kolben, Kolbenhals und langem Teil; er ſchützt Lauf und Laufmantel gegen Verbiegungen und vereinigt mittels des Beſchlags alle Teile zu einem Ganzen, deſſen Anordnung die Fortſchaffung des Gewehrs auf dem Marſch, die Handhabung und den Gebrauch als Feuer- und als blanke Waffe in zweckmäßiger Weiſe ermöglicht. Er wird meiſt aus ſorgfältig getrocknetem (bezw. ausgelaugtem) Nußbaumholz angefertigt. Verſuche, die Schäfte aus gepreßtem Stahlblech herzuſtellen, haben bisher zu keinem praktiſch brauchbaren Ergebnis geführt.

Der Beſchlag dient, außer zur Verbindung der Metallteile mit dem Schaft, auch zur Anbringung des Gewehrriemens und zum Schutz der unteren Kolbenfläche gegen Beſchädigungen; er beſteht aus Ober- und Unterring, Kolbenkappe, einigen Schrauben u. a. m.

Zubehör: Gewehrriemen, Mündungsdeckel (mit Mündungsſchoner) und einige Geräte zum Auseinandernehmen und Zuſammenſetzen des Gewehrs.

Gegenstand	Deutsches Reich	England	Frankreich	Italien	Oesterr.-Ungarn (Bulgarien)	Rußland	Japan	Argentinien	Belgien	Dänemark	Niederlande	Norwegen	Rumänien	Schweden	Schweiz	Spanien	Türkei	Verein. Staaten von Amerika
Benennung bezw. Konstruktionsjahr	„98“ (mit S-Munition)	m/1903	m/86/93 (mit Patronen alt. Art, ohne D-Gesch.)	m/91	m/88/90 u. m/95 (Bulgar. m/88)	Dreilinien-gewehr m/91	m/97	Mauser Modelo Argentino 91	m/89	m/89	m/95	m/98	m/93	m/96	m/89 und 89/96	m/93	m/90	m/1903
System bezw. Konstrukteur	Gewehrprüfungskommiss. (Mauser)	Lee-Enfield; Sonderausschuß (Mauser)	Lebel u. a.	Carcano v. Mannlicher	v. Mannlicher u. Mannl.-Luitic	Mosin, Nagant	Arisaka; Honjo; Murata (Mauser)	Mauser	Mauser	Krag-Jörgensen	v. Mannlicher	Krag-Jörgensen	v. Mannlicher	Mauser	Schmidt Rubin	Mauser	Mauser	Springfield (Mauser)
Laufweite (zwischen den Feldern) mm	7,90	7,71	8,00	6,50	8,00	7,62	6,50	7,65	7,65	8,00	6,50	6,50	6,50	6,50	7,50	7,00	7,65	7,62
Gewicht ohne blanke Waffe kg	4,10	3,75	4,18	3,80	4,49	3,393	3,9	3,9	3,9	4,25	4,30	4,0	4,01	3,92	4,200	3,9—4,0	3,900	—
Gewicht mit blanker Waffe kg	4,56	—	4,58	4,20	4,86	4,299	4,4	4,428	4,35	4,50	4,60	4,24	4,37	4,20	4,730	[illegible]	4,525	4,29
Das Visier (Aufsatz) reicht bis m	2000	1800	2000	2000	2250	1920	2000	2000	2000	2100	2100	2200	2000	2000	2000	2000	2000	—
Gewicht der Patrone g	23,7	27,5	29,0	22,0	[illegible]	25,812	[illegible]	27,0	28,0	30,5	22,55	23,60	22,50	22,0	27,5	24,6	27,0	29,23
Gewicht der Ladung (rauchschwaches Pulver) g	3,2	1,94—2,05	2,75	2,28	2,75	2,22	[illegible]	2,65	2,16	2,50	2,35	2,37	2,35	2,30	1,90	2,45	2,65	2,81
Geschoß- Gewicht g	10,0	13,9	15,0	10,5	15,8	13,73	10,5	13,8	14,1	14,7	10,15	10,1	10,3	10,1	13,8	11,2	13,8	14,26
Geschoß- Querdichte g auf 1 qcm	20,0	30,1	29,8	31,6	31,4	30,2	31,6	30,0	30,7	29,2	30,5	30,4	31,04	30,4	31,2	29,1	30,0	31,3
Geschoß- Länge mm	28,0	31,5	31,0	30,5	31,8	30,23	32,55	30,8	30,2	30,25	31,4	31,0	31,4	31,0	28,7	30,8	30,8	32,05
Geschoß- desgl. Laufweiten	3,54	4,10	3,88	4,69	4,00	3,97	5,00	4,02	3,95	3,78	4,83	4,77	4,83	4,77	3,83	4,40	4,02	4,21
Patronenzahl im Magazin	5	10	8 (u. 1 auf d. Löff.).	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	12	5	5	5
Patronenzahl i. d. Taschen d. Mannes	120	100 i. Gurt u. Bandelier	120	162	120	120	[illegible]	—	120	120	160	150	130	120	150	150	150	—
Mündungsgeschw. des Geschosses m	875	640	638	700	620	635	[illegible]	652	600	620	745	730	740	730	620	710	652	702
Geschoßarbeit an der Mündung mkg	390	290,0	311,8	259,7	310,0	281,0	289,6	303,6	259,0	288,0	287,4	274,6	288,4	274,6	270,6	287,9	299,3	358,5
Größte Schußweite m	4000	—	3200	[illegible] 4000	4500	3060	—	4000	—	3500	—	—	—	—	—	über 4000	4000	—
bei einer Erhöhung von Grad	32	—	33	—	—	31,5	—	31	—	35	—	—	—	—	—	—	31	—
Feuergeschwindigkeit: Normale Leistung; gezielte Schüsse in der Minute bei Einzelladung	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	—	—	—
Feuergeschwindigkeit: Normale Leistung; gezielte Schüsse in der Minute bei Mehrladung	—	—	11	12—15	17	—	—	20—25	17	—	12—15	—	—	20—25	20	26	20—25	—
Feuergeschwindigkeit: Mechanische Leistung im Schnellfeuer: Schüsse in der Minute	—	—	14	—	35	—	—	50	—	—	—	—	—	40	40	40	50	—
Das Laden d. Gewehrs mit Patronen	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	—	—	—
erfordert Sekunden	—	—	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	—	—
Rückstoßarbeit mkg	1,27	1,24	1,35	0,87	1,33	1,12	0,95	1,05	1,11	1,18	0,86	0,87	0,95	0,70	0,99	1,01	1,05	1,44
Höchster Gasdruck Atmosphären	—	2700	2970	[illegible] 4000	3000	2900	—	3000	2000	2300	3700	3000	4200	3000	2600	3500 (durchschn.)	3000	2950

Anmerkung zur Tabelle S. 470, betr. Oeſterreich-Ungarn und Bulgarien.

Das öſterreichiſch-ungariſche Gewehr m/88/90 iſt durch Umgeſtaltung des Gewehrs m/88 für rauchſchwaches Pulver entſtanden. Das Gewehr m/95 hat dieſelbe Laufweite, Seele, Patrone und Leiſtung wie m/90; ſein Gewicht iſt um 840 g vermindert worden; Lauf aus widerſtandsfähigerem Stahl; Verſchluß mit Geradzug und ſymmetriſcher Verriegelung unmittelbar hinter dem Patronenlager, ähnlich wie beim öſterreichiſch-ungariſchen Karabiner m/90; hölzerner Oberſchaft (Handſchutz); m/95 iſt zur allmählichen Ergänzung der Vorrats- und Truppenbeſtände beſtimmt.

Oeſterreichiſch-ungariſches Gewehr m/95: Gewicht: ohne Bajonett: 3,650 kg; mit „ 3,935 „ — Länge: ohne „ 1,227 m; mit „ 1,518 „

Das bulgariſche Gewehr feuerte früher (ebenſo wie urſprünglich das öſterreichiſch-ungariſche Gewehr m/88) mit Schwarzpulver (4 g) und erteilte daher dem Geſchoß nur 530 m Mündungsgeſchwindigkeit.

Schießbedarf und -leiſtung älterer und neueſter Mauſer-Mehrlader.

Gegenſtand	7,65-mm-Gewehr m/91	7,65-mm-Gewehr m/1904	Unterſchied	Unterſchied %	7,0-mm-Gewehr m/93	7,0-mm-Gewehr m/1904	Unterſchied	Unterſchied %	6,5-mm-Gewehr m/94	6,5-mm-Gewehr m/1904	Unterſchied	Unterſchied %
Patrone Länge . . . mm	78,0	78,0	—	—	78,0	78,0	—	—	80,2	82,2	2,0	2,49
Patrone Gewicht . . . g	26,8	25,3	1,5	5,60	24,8	24,0	0,8	3,23	23,2	23,0	0,2	0,86
Patronenhülse[1] Länge . . . mm	53,4	53,4	—	—	56,5	56,5	—	—	55,7	57,7	2,0	3,59
Patronenhülse[1] Gewicht . . . g	10,4	10,4	—	—	11,1	11,1	—	—	10,7	10,7	—	—
Geſchoß[2] Länge . . mm	30,8	30,8	—	—	30,8	30,8	—	—	32,2	32,2	—	—
Geſchoß[2] Kaliber	4,03	4,03	—	—	4,40	4,40	—	—	4,95	4,95	—	—
Geſchoß[2] Gewicht . . . . . g	13,70	11,82	1,88	13,7	11,20	10,00	1,20	10,7	10,10	9,07	1,03	10,20
Geſchoß[2] Querdichte g/qcm	29,8	25,7	4,1	13,7	29,1	26,0	3,1	10,7	30,0	27,3	2,7	9,00
Gewicht der Ladung[3] . g	2,65	3,10	0,45	17,0	2,45	2,95	0,50	20,4	2,30	3,30	1,00	43,5
Ladungsverhältnis	0,19	0,26	0,07	36,8	0,22	0,30	0,08	36,4	0,23	0,36	0,13	56,5
Gewicht des leeren Ladeſtreifens für fünf Schüſſe g	6,0	6,0	—	—	10,0	10,0	—	—	9,0	9,0	—	—
Mündungsgeſchwindigk. m	650	790	140	21,5	700	835	135	19,3	725	900	175	24,1
Mündungsarbeit . . . mkg	295	376	81	27,5	280	355	75	26,8	271	374	103	38,0
Höchſter Gasdruck . . at	3030	3000	—30	0,99	3050	3350	+300	9,84	3050	3300	+250	8,20
Größte Schußweite[4] km	über 4		—	—	über 4		—	—	über 4		—	—

[1]) Aus Meſſing, mit Eindrehung. [2]) Hartbleikern mit nickelplattiertem Stahlmantel oder Kupfernickelmantel. [3]) Rauchſchwaches Blättchenpulver. [4]) Bei 30—32° Erhöhung.

Beiwaffe: Kommt teils in der bekannten urſprünglichen Form des eigentlichen Bajonetts, teils in Geſtalt eines Dolches, Degens oder Säbels vor. Ueber die Vorzüge und Nachteile der verſchiedenen Muſter ſind die Anſichten ſehr geteilt; nur ſo viel iſt ſicher, daß die blanke Waffe infolge der erheblich geſteigerten Feuerwirkung ihre frühere Bedeutung für das Gefecht zum Teil eingebüßt hat.

Die weſentlichſten Einrichtungen und Eigenſchaften der heutigen Infanteriegewehre ſind in den vorſeitigen beiden Zuſammenſtellungen enthalten. — S. a. Jagdgewehr, Munition für Gewehre, Selbſtlader.

Literatur: Marſchner, Lehrbuch der Waffenlehre zum Selbſtſtudium für Offiziere aller Waffen, 3. Aufl., Wien 1903/05; Korzen u. Kühn, Waffenlehre, Wien 1905; Deutſche Waffen- und Munitionsfabriken; Waffenfabrik Mauſer, Das Mauſer-Mehrladegewehr und ſeine Munition, Berlin 1904 (nicht im Buchhandel); Wille, Waffenlehre, 3. Aufl., nebſt Ergänzungsheft I, Berlin 1905; Schießvorſchrift für die Infanterie, Berlin 1905. *R. Wille.*

Gewehrfabrikation. Die geſamte mechaniſche Bearbeitung der Gewehrteile wird gegenwärtig überwiegend durch Sondermaſchinen bewirkt. Der Handarbeit iſt faſt nur noch das ſchließliche Zuſammenfetzen der fertig bearbeiteten Metallteile und ihre Vereinigung mit dem Schaft vorbehalten.

Der maſchinelle Betrieb geſtattet haarſcharfe Genauigkeit der Formgebung, und dieſe iſt um ſo dringender geboten, als im Hinblick auf den ſofortigen leichten Erſatz im Felde verlangt werden muß, daß ſich faſt alle gleichnamigen Teile verſchiedener Waffen untereinander und mit den Vorratsteilen unbedingt vertauſchen laſſen. Die Erfüllung dieſer Forderung wird in vielen Fällen ſchon durch die Art der Einſpannvorrichtungen angebahnt, die ſo angeordnet ſind, daß ein im vorhergehenden Stadium mangelhaft bearbeitetes Werkſtück ſich überhaupt nicht einſpannen läßt und dadurch den Arbeiter von ſelbſt auf den Fehler ſeines Vordermannes hinweiſt. Ferner wird die vollkommene Gleichmäßigkeit der Formen durch die unausgeſetzte Benutzung von Lehren gewährleiſtet, die ihrerſeits wieder, der allmählichen Abnutzung wegen, einer häufigen Nachprüfung mittels Kontrollehren unterliegen. Sie werden nicht nur von den Arbeitern, Meiſtern und Reviſoren der Fabrik ſelbſt, ſondern auch von dem militäriſchen Abnahmeperſonal während aller Fabrikationsſtadien in ausgiebigſtem Maße gehandhabt. Wiederholte Gewalt- und Treffähigkeitsbeſchüſſe teils der Läufe allein, teils der zuſammengeſetzten und vollſtändig fertiggeſtellten Waffen vollenden deren zahlreiche Unterſuchungen und Prüfungen.

Ihre Geſamtheit gleicht einem Rigoroſum, bei dem alles darauf zugeſchnitten iſt, jeden unreifen und ſchlecht beſchlagenen Prüfling ſofort zu erkennen und auszumerzen, um dem Auftraggeber, der Heeresverwaltung, lauter tadelloſe Fabrikate zuzuführen. Dieſe weitgehende, peinliche Sorgfalt kann man keinesfalls für übertrieben halten, wenn man den entſcheidenden Einfluß berückſichtigt, den die Güte der Infanteriebewaffnung auf den Verlauf und Ausgang der modernen Schlacht ausübt. Je beſſer das Gewehr konſtruiert iſt, deſto mehr büßt es durch mangelhafte

Ausführung an feinem Gefechtswert ein. Fehler, die an der glatten Flinte gleichgültig waren, können für den Mehrlader verderblich werden.

Die Fabrikation der Jagd-, Scheiben- und Luxuswaffen ift im Laufe der Zeit ebenfalls beträchtlich vorgefchritten, aber gegenüber der auf dem Gebiete der Kriegsgewehre erzielten Vervollkommnung doch im allgemeinen bedeutend zurückgeblieben, was teils der hochgradigen Zerfplitterung der Fabrikation, teils den mannigfachen wechfelnden Gefchmacksrichtungen und Anfprüchen fowie namentlich auch den durch rückfichtslofen Wettbewerb häufig ftark gedrückten Preisverhältniffen zuzufchreiben fein mag. Jedenfalls ift die Tatfache nicht zu leugnen, daß vielfach minderwertige und unzuverläffige Waffen auf den Markt geworfen werden.

Die wefentlichften Stadien der Gewehrfabrikation find nachftehend, hauptfächlich im Anfchluß an das Arbeitsverfahren der rühmlichft bekannten und altbewährten Mauferfchen Waffenfabrik zu Oberndorf a. N., kurz dargelegt.

Lauf. Aus befonders widerftandsfähigem Stahl (Nickelftahl) werden walzenförmige Stäbe von paffender Länge und Stärke unter Dampf- bezw. Mafchinenhämmern in Gefenken gefchmiedet oder neuerdings auch auf Walzenftraßen hergeftellt. Zuweilen findet demnächft noch eine Verdichtung der Laufftäbe in kaltem Zuftande ftatt (Daelen) oder eine Veredelung des Werkftoffs durch befondere Wärmebehandlung. Hervorragend gute phyfikalifche Eigenfchaften zeichnen u. a. den Sonderftahl von Friedr. Krupp, Gebr. Böhler in Ratibor und von der Bismarckhütte (Schlefien) vorteilhaft aus.

Die fogenannten damaszierten oder Damaftläufe beftehen aus einer großen Anzahl fchmaler, dünner Eifenbänder, die in vielfach fich kreuzenden Richtungen gewunden und zufammengefchweißt werden. Sie erfreuten fich früher eines hohen Anfehens, haben aber heute jede praktifche Bedeutung eingebüßt, da fie von guten, aus einem Stück gefchmiedeten Flußftahlläufen an Feftigkeit entfchieden übertroffen werden; die zahlreichen Schweißftellen bilden ebenfoviel Fehlerquellen. Vgl. Damaszieren.

Das Bohren der Läufe gefchieht in einer Richtung (nicht von beiden Endflächen bis zur Mitte); die Bohrmafchinen find fo eingerichtet, daß fich der Lauf dreht, während der Bohrer keine Drehbewegung macht. Das Bohren fehr kleiner Laufweiten (bis zu 5 mm hinab) verurfachte mit den älteren Mafchinen beträchtliche Schwierigkeiten, die indes jetzt als völlig überwunden gelten können. Beachtung verdient in diefer Hinficht namentlich die von Charles William Sponfel in Hartford-Connecticut konftruierte Laufbohrmafchine (D.R.P. Nr. 60218), die durch eine fehr forgfältige Bohrerführung und die eigenartige Anordnung des Oelzu- und -abfluffes die normale Geftalt der Seele auch bei den kleinften bisher angewendeten Kalibern ficherftellt. Der Bohrer ift mit zwei einander gegenüber liegenden Längsnuten verfehen, von denen die eine durch einen Metallftreifen verdeckt, die andre an der Außenfeite offen ift. Durch erftere wird das Oel unter ftarkem Druck (gegen 50 Atmofphären) bis zu den Bohrerfchneiden vorgepreßt; durch die andre offene Nut fließt es wieder ab und fpült zugleich die entftandenen Bohrfpäne mit fort. Eine Mafchine bohrt in 10 Arbeitsftunden 10—20 Läufe, je nach dem Kaliber (je kleiner die Laufweite, defto geringer die Leiftung).

Beim Ziehen fchneidet man, falls die Seele vier Züge (die gewöhnliche Zahl) erhalten foll, alle vier gleichzeitig ein; bei fechs Zügen dagegen immer nur je zwei einander gegenüber liegende gemeinfam, bei ungerader Zugzahl jeden Zug einzeln. Der Kolben oder Kopf der Ziehmafchine, der die Meffer trägt, wird teils mittels Spindel, teils mittels Stahlband in der Seele hin und her bewegt und zugleich durch ein Führungslineal mit Zahnftange und -rad mit einer folchen Winkelgefchwindigkeit um feine Achfe gedreht, wie fie dem gewählten Drall der Züge (f. Gewehr) entfpricht. Der Ziehkopf geht in der Minute 15mal, im ganzen, um einen Lauf fertig zu ziehen, 400mal hin und her und fchneidet fowohl beim Vor- wie beim Rückgang. Der Querfchnitt eines Zuges hat durchfchnittlich 0,4 qmm Flächeninhalt. Folglich nimmt ein Meffer auf jedem Weg nur $\frac{0{,}4}{800} = 0{,}0005 \left(\frac{1}{2000}\right)$ qmm vom Laufquerfchnitt fort. Auf diefem allmählichen, nach Möglichkeit verzögerten Fortfchreiten der Formgebung und auf der vollkommen gleichmäßigen Gefchwindigkeit des Ziehkopfes beruht wefentlich die tadellofe Herftellung der für die Gefchoßführung und für die Treffähigkeit der Waffe fo wichtigen Züge. Eine Ziehmafchine bearbeitet in 10 Stunden durchfchnittlich zehn Läufe.

Das Abdrehen der Außenflächen des gezogenen Laufs findet auf einer gewöhnlichen Drehbank (mit Lünettenführung in der Laufmitte) ftatt; es wird zuerft mit grobem Span vorgedreht (gefchroppt) und dann gefchlichtet; die Drehbank hat diefelbe quantitative Leiftungsfähigkeit wie die Ziehmafchine. Beim Abdrehen der dünnen nachgiebigen Laufröhren ift es unmöglich, kleine Verbiegungen an ihnen zu verhüten, die, fo geringfügig fie auch fein mögen, die Treffähigkeit des Gewehres noch weit nachteiliger als mangelhaft gefchnittene Züge beeinfluffen würden. Ort und Art diefer faft unmerklichen Abweichungen der Lauf- und Seelenachfe von der geraden Linie zu erkennen, ift naturgemäß äußerft fchwierig. Es gehören dazu die fcharfen und zuverläffigen Augen der Alpenbewohner und Schützen, denen man deshalb mit Vorliebe diefe heikle Arbeit anvertraut. Indem die Leute durch den gegen das Licht (Fenfter) gerichteten Lauf fehen, entnehmen fie aus der Verzerrung bezw. aus der exzentrifchen Geftalt der Schattenringe, die auf der fpiegelnden Seelenwandung erfcheinen, mit großer, durch lange Uebung und Erfahrung gefeftigter Sicherheit, an welchen Stellen und wie ftark der Lauf verbogen ift. In neuerer Zeit hat man übrigens begonnen, zu dem gleichen Zweck auch Inftrumente zu benutzen [1].

Nachdem die wahrgenommenen Verbiegungen des Laufs genau feftgelegt find, wird deffen Geraderichten mittels Richtmafchinen bewirkt, welche auf die konvexe Seite des an zwei Punkten vor und hinter der Biegung unterftützten Laufs einen Druck ausüben und fo feine abnorme Krümmung befeitigen.

Hülfe, Verfchluß- und Schloßteile, Mehrladeeinrichtung, Vifier, Beiwaffe u. f. w. werden faft ausnahmslos unter Schnell- oder Reibungshämmern von 20—500 kg Bärgewicht in Gefenken gefchmiedet und dann (ebenfo wie der Lauf nach dem Abdrehen) vorwiegend auf Sondermafchinen fertig bearbeitet. Unter letzteren fpielen namentlich Revolverbänke und Kopierfräfen eine hervorragende Rolle. Bei jenen ift der Revolverkopf der Drehbank an feinem Umfang mit einer größeren Zahl verfchiedener Werkzeuge ausgerüftet; feine Drehung um einige Grade genügt daher, das Werkftück der Reihe nach in der mannigfachften Weife zu bearbeiten, fo daß eine vervielfachte Formgebung mit dem denkbar geringften Aufwand von Arbeit, Zeit und Koften erzielt wird. Bei den Kopierfräfen erhält der Fräfer feine Führung durch ein dem fertigen Werkftück kongruentes eifernes Modell und kann deshalb die verwickeltften Formen mit größter Genauigkeit herftellen.

Die große Zahl der verfchiedenen Arbeitsftadien und Mafchinen bezw. Werkzeuge, die zur Fertigung der Gewehrteile erforderlich find, ergibt fich am deutlichften aus ein paar Beifpielen: Das 7,65-mm-Maufergewehr m/93 befteht aus 70 einzelnen Teilen, die insgefamt 1276 Arbeitsftadien durchlaufen, bei denen (außer 40 Hämmern und 58 Feuern) 1630 Fräsmafchinen aller Art, 264 Normallehren und 328 Normalrapporteure in Tätigkeit treten. Zur Herftellung einiger Hauptteile des belgifchen Gewehres m/89 find in runden Ziffern nötig:

Gewehrteil	Lauf	Hülfe	Verfchluß-kolben	Vifier	Magazin mit Zubringer	Bajonett
Arbeitsftadien	35	80	35	80	80	105
Mafchinelle Werkzeuge .	95	110	40	55	80	75

Härten. Die meiften Stahlteile, namentlich folche, die einer dauernden Reibung ausgefetzt find und daher in weichem Zuftande einer rafchen Abnutzung unterliegen würden, bedürfen einer künftlichen Härtung. Je nach Art und Maß der Beanfpruchung werden die zu wählenden Härtegrade und die Stärke der harten Oberflächenfchicht bemeffen; der Kern des Werkftücks (mit Ausnahme der Federn und der aus Federftahl gefertigten Teile) muß indes ftets weich bleiben, um ein Uebermaß von Sprödigkeit zu verhüten, das unter der Einwirkung von Stoß und Schlag leicht zur Zerftörung (Zerfpringen) der Teile Anlaß geben könnte. Die zu härtenden Gegenftände werden gewöhnlich in Blechkäften, die Lederkohle enthalten, eingebracht, in Retorten unter Luftabfchluß geglüht und fodann in Waffer oder zuerft in einer auf dem Waffer fchwimmenden Oelfchicht abgekühlt. Mitunter benutzt man zum Härten Siemensfche Generatoröfen (Herftal). Die gehärteten Stücke, die man nicht weiter bearbeiten, fondern in gefräftem Zuftand belaffen oder nur noch polieren will, werden zuweilen mit dem Sandftrahlgebläfe behandelt (Steyr), um die an der Oberfläche haftenden Verunreinigungen und Unebenheiten zu entfernen. Vgl. Anlaffen.

Blauen und Bräunen (Brünieren). Zum Schutz gegen Roft und zur Verbeflerung des Ausfehens überzieht man viele Gewehrteile mit einer künftlichen blauen oder dunkelbraunen Oxydfchicht, indem man fie nach dem Auftragen einer Beize, deren Zufammenfetzung häufig als Fabrikgeheimnis gilt, in Dampfkäften hängt, um eine rafche Oxydation hervorzurufen, mit rotierenden Stahldrahtbürften bürftet, wäfcht, in Trockenkäften bringt und dies Verfahren öfter wiederholt. Vgl. Brünieren.

Schaft. Das befte und gebräuchlichfte Nutzholz für Schäfte ift Nußbaum. Die rohen Schafthölzer werden aus Baden, der Pfalz, dem Elfaß, der Schweiz, Italien und Frankreich bezogen und gewöhnlich dem natürlichen Trockenverfahren an der Luft, das 2—3 Jahre beanfprucht, überlaffen, oder man befreit fie durch Auslaugen in weit kürzerer Zeit von ihrem Waffergehalt. Dem eigentlichen Auslaugen geht das Oeffnen der Holzporen durch Behandlung mit Dampf in luftdicht gefchloffenen Räumen voran; dann wird die feuchte Luft abgefaugt, entwäffert und wieder in den Trockenraum hineingepreßt. Diefen jedesmal 4 Minuten währenden Kreislauf wiederholt man 10—12 Tage hindurch, bis nur noch eine geringfügige Waffermenge ausfcheidet. Nach kurzer Lagerung im Freien find die Hölzer zur mechanifchen Bearbeitung fertig.

Die äußere Formgebung und das Ausarbeiten der zahlreichen Nuten, Einlaffungen und Bohrungen für die Metallteile der Waffe erfolgt mittels eines zu diefem Sonderzweck finnreich zufammengeftellten Satzes von Kopier-, Fräs- und Bohrmafchinen, denen fich zur fchließlichen Glättung der Außenflächen noch Schleifmafchinen hinzugefellen.

Das Zufammenfetzen des Gewehrs beginnt mit dem Auffchrauben der Hülfe auf das hintere Laufende; diefer Arbeit fchließt fich das Einpaffen des Verfchluffes, Schloffes u. f. w. und endlich das Schäften an.

Die Befchußproben gliedern fich meift in den vor dem Schäften ftattfindenden Gewaltbefchuß (mit einem um rund 1000 Atmofphären höheren Gasdruck, als die Gebrauchsladung ergibt) und in das Anfchießen auf Treffähigkeit nach dem Schäften. Im einzelnen werden diefe Proben je nach den Anforderungen der beftellenden Heeresverwaltungen fehr verfchieden ausgeführt.

Die bedeutendften Gewehrfabriken (von den ftaatlichen abgefehen) find: Maufer'fche Waffenfabrik in Oberndorf a. N.; Martinikenfelde bei Berlin, früher der Aktiengefellfchaft Ludw. Loewe & Cie. gehörig, jetzt Eigentum der Deutfchen Waffen- und Munitionsfabriken, A.-G.; Oeflerreichifche Waffenfabrikgefellfchaft in Steyr und Letten [2]; Fabrique nationale d'armes de guerre in Herftal bei Lüttich [3]. — Die Maufer'fche Waffenfabrik befteht als folche feit 1872 (war von 1811 bis 1872 Staatsfabrik); fie befchäftigt bei höchftem Betriebe gegen 2600 Mann (Frühjahr 1895: 85 Meifter und 2315 Arbeiter), befitzt rund 2400 Werkzeugmafchinen, 10 Kraftmafchinen von zufammen 740—1000 PS. (nominell 630 Dampf- und 110 Waffer-PS.) fowie 14 Dynamos mit insgefamt 420 PS. Neun Keffel haben zufammen 780 qm Heizfläche und

verbrauchen im Winter bei höchſtem Betrieb in 10ſtündiger Arbeitszeit einſchließlich der Dampfheizung 11 800 kg, im Sommer (ohne Heizung) 9950 kg Kohlen.

Literatur: [1] Dévé, Vérificateurs du dressage des canons de fusil, Revue d'artillerie 1896, Bd. 48, S. 216. — [2] Strachowsky, Die Werke der Oeſterreichiſchen Waffenfabrikgeſellſchaft in Steyr und Letten, Steyr 1888. — [3] Guinaux, La fabrique d'armes de guerre à Herſtal (Liège), Lüttich 1892 (Sonderabdruck aus Revue de l'armée belge). *R. Wille.*

Gewerbegerichte, beſondere geſetzliche Gerichte zur Entſcheidung von Rechtsſtreitigkeiten, die ſich zwiſchen gewerblichen Arbeitgebern und Arbeitern aus dem abgeſchloſſenen Arbeitsvertrag ergeben [1].

Streitigkeiten dieſer Art eignen ſich weniger zur Entſcheidung durch die ordentlichen Gerichte. Sie müſſen von ſachkundigen, mit den Verhältniſſen und den in Betracht kommenden techniſchen und örtlichen Eigentümlichkeiten vertrauten und deshalb auch das Vertrauen der Parteien in beſonderem Maße genießenden Perſonen und in einem Verfahren entſchieden werden, das eine möglichſt vereinfachte und beſchleunigte Verhandlung ſowie ſchnelle Vollſtreckung der Entſcheidungen ermöglicht und wenig Koſten verurſacht. Die gleichmäßige Zuziehung von Arbeitgebern und Arbeitern, womöglich unter einem weder dieſen noch jenen angehörenden unparteiiſchen Vorſitzenden, iſt ein dringendes Erfordernis und geeignet, ſozial ausgleichend zu wirken. — Ueber den Unterſchied zwiſchen Gewerbegerichten und Einigungsämtern ſ. Einigungsämter.

Das Bedürfnis nach beſonderen Gerichten zur Entſcheidung der Rechtsſtreitigkeiten zwiſchen den Arbeitgebern und ihren Angeſtellten ergab ſich im Anſchluß an die Entſtehung und Ausbildung der Fabrikbetriebe ſchon zu Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts. In der Stadt Berlin wurde ſchon 1792 ein Verſuch mit einer beſonderen Behörde zur Entſcheidung von derartigen Streitigkeiten gemacht. In der Rheinprovinz wurden ſolche Gerichte unter der franzöſiſchen Herrſchaft eingeführt. Napoleon I. hatte im Jahre 1806 in Lyon für das dortige Seidengewerbe ein Conseil de prud'hommes (Gewerbegericht aus Fabrikanten und den oberen Schichten der Arbeiterſchaft, die ihren Vorſitzenden aus ihrer Mitte wählten) eingerichtet, welches nachher auch für andre Induſtrieſtädte eingeführt und durch die ſpätere Geſetzgebung weiter ausgebildet wurde (ſ. unten). Die preußiſche Geſetzgebung behielt die Gewerbegerichte in der Rheinprovinz bei; in denſelben war aber die Arbeiterſchaft nicht vertreten. Ein Verſuch, die Gewerbegerichte auch in den alten preußiſchen Provinzen einzuführen, hatte nicht den gewünſchten Erfolg. Die Verordnung vom 9. Februar 1849, welche die Errichtung beſonderer Gewerbegerichte aus Arbeitgebern und Arbeitnehmern mit einem Arbeitgeber als Vorſitzenden geſtattete, führte zur Errichtung nur weniger Gewerbegerichte, die bald wieder eingingen. § 108 der Gewerbeordnung für den Norddeutſchen Bund (ſpäteren Reichsgewerbeordnung) vom 21. Juni 1869 beſtimmte im Anſchluß an die Vorſchriften der preußiſchen Allgemeinen Gewerbeordnung vom 17. Januar 1845: Streitigkeiten der ſelbſtändigen Gewerbetreibenden mit ihren Geſellen, Gehilfen oder Lehrlingen, die ſich auf den Antritt, die Fortſetzung oder Aufhebung des Arbeits- oder Lehrverhältniſſes, auf die gegenſeitigen Leiſtungen während der Dauer desſelben oder auf die Erteilung oder den Inhalt der Arbeitszeugniſſe beziehen, ſind, ſoweit für dieſe Angelegenheiten beſondere Behörden beſtehen, bei dieſen zur Entſcheidung zu bringen. Inſoweit ſolche beſondere Behörden nicht beſtehen, erfolgt durch die Gemeindebehörde die Entſcheidung, gegen welche den Beteiligten eine Berufung auf den Rechtsweg binnen 10 Tagen offenſteht, ohne daß hierdurch die vorläufige Vollſtreckung aufgehalten wird. Durch Ortsſtatut können beſondere Schiedsgerichte mit der Entſcheidung betraut werden, welche durch die Gemeindebehörde unter gleichmäßiger Zuziehung von Arbeitgebern und Arbeitnehmern zu bilden ſind. Der an die Stelle des genannten § 108 tretende § 120a der Gewerbeordnungsnovelle vom 17. Juli 1878 traf im weſentlichen die gleichen Beſtimmungen. Indes wurden nur wenige Gewerbegerichte errichtet, bis nach langen Verhandlungen das Reichsgeſetz betreffend die Gewerbegerichte vom 29. Juli 1890 (Reichsgeſetzblatt S. 141) Wandel ſchuf. Das Geſetz erfuhr weſentliche Abänderungen durch das Reichsgeſetz vom 30. Juni 1901 (Reichsgeſetzblatt S. 249). Maßgebend iſt jetzt das Gewerbegerichtsgeſetz in der Faſſung der Bekanntmachung vom 29. September 1901 (Reichsgeſetzblatt S. 353) [2]. Danach erfolgt die Errichtung der Gewerbegerichte im allgemeinen durch Ortsſtatut. Für Gemeinden mit mehr als 20000 Einwohnern muß ein Gewerbegericht errichtet werden. Die Landeszentralbehörde kann unter Umſtänden die Errichtung anordnen, wenn ſie durch die Gemeinde nicht erfolgt (§§ 1, 2). Die Gewerbegerichte ſind zuſtändig zur Entſcheidung von gewerblichen Streitigkeiten zwiſchen Arbeitern einerſeits und ihren Arbeitgebern anderſeits ſowie zwiſchen Arbeitern desſelben Arbeitgebers. Im einzelnen ſind ſie zuſtändig ohne Rückſicht auf den Wert des Streitgegenſtandes für Streitigkeiten:

1. über den Antritt, die Fortſetzung oder die Auflöſung des Arbeitsverhältniſſes ſowie über die Aushändigung oder den Inhalt des Arbeitsbuchs, Zeugniſſes, Lohnbuchs, Arbeitszettels oder Lohnzahlungsbuchs;

2. über die Leiſtungen aus dem Arbeitsverhältniſſe;

3. über die Rückgabe von Zeugniſſen, Büchern, Legitimationspapieren, Urkunden, Gerätſchaften, Kleidungsſtücken, Kautionen u. dergl., welche aus Anlaß des Arbeitsverhältniſſes übergeben worden ſind;

4. über Anſprüche auf Schadenerſatz oder auf Zahlung einer Vertragsſtrafe wegen Nichterfüllung oder nicht gehöriger Erfüllung der Verpflichtungen, welche die unter Nr. 1—3 bezeichneten Gegenſtände betreffen, ſowie wegen geſetzwidriger oder unrichtiger Eintragungen in Arbeitsbücher, Zeugniſſe, Lohnbücher, Arbeitszettel, Lohnzahlungsbücher, Krankenkaſſenbücher oder Quittungskarten der Invalidenverſicherung;

5. über die Berechnung und Anrechnung der von den Arbeitern nach den Beſtimmungen des Krankenverſicherungsgeſetzes zu leiſtenden Krankenverſicherungsbeiträge und Eintrittsgelder;

6. über die Anſprüche, die auf Grund der Uebernahme einer gemeinſamen Arbeit von Arbeitern desſelben Arbeitgebers gegeneinander erhoben werden.

Unter gewiſſen Vorausſetzungen erſtreckt ſich die Zuſtändigkeit der Gewerbegerichte auch auf Streitigkeiten von Heimarbeitern und Hausgewerbetreibenden mit ihren Arbeitgebern und untereinander. Durch die Zuſtändigkeit eines Gewerbegerichts wird die Zuſtändigkeit der ordentlichen Gerichte ausgeſchloſſen. Als Arbeiter im Sinne des Geſetzes gelten Geſellen, Gehilfen, Fabrikarbeiter und Lehrlinge, auf die Titel VII der Gewerbeordnung Anwendung findet, ebenſo Betriebsbeamte, Werkmeiſter und mit höheren techniſchen Dienſtleiſtungen betraute Angeſtellte, deren Jahresverdienſt 2000 ℳ nicht überſteigt. Keine Anwendung findet das Geſetz auf Gehilfen und Lehrlinge in Apotheken und Handelsgeſchäften ſowie auf Arbeiter, die in den unter der Militär- oder Marineverwaltung ſtehenden Betriebsanlagen beſchäftigt ſind (§§ 1, 3—8, 81).

Das Gewerbegericht beſteht aus einem Vorſitzenden, mindeſtens einem Stellvertreter desſelben und der erforderlichen Zahl (mindeſtens vier) Beiſitzern. Der Vorſitzende und deſſen Stellvertreter dürfen weder Arbeitgeber noch Arbeiter ſein; ſie werden durch den Magiſtrat oder die Gemeindevertretung bezw. durch die Vertretung des weiteren Kommunalverbands gewählt und bedürfen der Beſtätigung durch die höhere Verwaltungsbehörde, ſofern ſie nicht Staats- oder Gemeindebeamte ſind, die ihr Amt kraft ſtaatlicher Ernennung oder Beſtätigung verwalten. Die Beiſitzer müſſen zur Hälfte aus den Arbeitgebern, zur Hälfte aus den Arbeitern entnommen werden; die erſteren werden mittels Wahl der Arbeitgeber, die letzteren mittels Wahl der Arbeiter beſtellt. Die Wahl iſt unmittelbar und geheim. Das aktive Wahlrecht iſt u. a. an die Vollendung des 25. Lebensjahres geknüpft, das paſſive Wahlrecht iſt nicht an die Erreichung eines beſtimmten Lebensalters gebunden; doch ſoll zum Mitglied eines Gewerbegerichts nur berufen werden, wer das 30. Lebensjahr vollendet hat. Frauen haben weder aktives noch paſſives Wahlrecht zum Gewerbegericht. Das Amt der Beiſitzer iſt ein Ehrenamt, das für die Regel nicht abgelehnt werden kann. Die Beiſitzer erhalten für jede Sitzung neben Vergütung für Reiſekoſten eine Entſchädigung für Zeitverſäumnis, deren Zurückweiſung unſtatthaft iſt (§§ 9—23). Bei der Verhandlung und Entſcheidung müſſen Arbeitgeber und Arbeiter ſtets in gleicher Zahl zugezogen werden (§ 24). Bei der Regelung des Verfahrens vor den Gewerbegerichten iſt möglichſt von Prozeßvorſchriften abgeſehen worden, welche die freie Bewegung des Gerichts einengen und an die Selbſttätigkeit der Parteien beſondere Anforderungen ſtellen. Es ſind daher im allgemeinen die für das amtsgerichtliche Verfahren geltenden Vorſchriften der Zivilprozeßordnung für entſprechend anwendbar erklärt, daneben aber eine Reihe abändernder, durch die beſondere Natur der Gewerbeſtreitigkeiten gebotener Beſtimmungen getroffen worden. Die wichtigſte dieſer Aenderungen iſt die, daß der Prozeßbetrieb durch die Parteien fortgefallen und an deſſen Stelle der Offizialbetrieb des Prozeſſes durch das Gericht getreten iſt, das vom Augenblick der Klageerhebung an für den Fortgang des Rechtsſtreits Sorge zu tragen und die Verhandlungstermine von Amts wegen anzuſetzen hat. Dieſe Termine ſollen möglichſt nahe beſtimmt werden. An ordentlichen Gerichtstagen können die Parteien zur Verhandlung des Rechtsſtreits auch ohne Terminbeſtimmung und Ladung vor dem Gericht erſcheinen; die Erhebung der Klage erfolgt in dieſem Falle durch den mündlichen Vortrag derſelben. Oeffentlichkeit der Verhandlung iſt in weitgehendem Umfang vorgeſchrieben. Rechtsanwälte und Perſonen, die das Verhandeln vor Gericht geſchäftsmäßig betreiben, werden als Prozeßbevollmächtigte oder Beiſtände vor dem Gewerbegericht nicht zugelaſſen. Auf eine gütliche Erledigung des Rechtsſtreits ſoll tunlichſt hingewirkt und demgemäß der ſachgemäßen Anſtellung von Sühneverſuchen beſondere Aufmerkſamkeit geſchenkt werden. Die Urteilsverkündung hat für die Regel in dem Termin, in dem die Verhandlung geſchloſſen wird, ſpäteſtens aber 3 Tage nachher ſtattzufinden. Gegen die Entſcheidungen des Gewerbegerichts finden die Rechtsmittel ſtatt, die in den zur Zuſtändigkeit der Amtsgerichte gehörigen bürgerlichen Rechtsſtreitigkeiten zuläſſig ſind; die Berufung iſt jedoch nur zuläſſig, wenn der Wert des Streitgegenſtands den Betrag von 100 ℳ überſteigt. Berufungs- und Beſchwerdegericht iſt das Landgericht. Die der Berufung oder dem Einſpruch unterliegenden Urteile ſind von Amts wegen für vorläufig vollſtreckbar zu erklären, wenn ſie die oben unter Nr. 1 bezeichneten Streitigkeiten betreffen oder der Gegenſtand der Verurteilung an Geld oder Geldeswert die Summe von 300 ℳ nicht überſteigt, es ſei denn, daß die Vollſtreckung dem Schuldner einen nicht zu erſetzenden Nachteil bringen würde. Gebühren werden für die Verhandlung vor den Gewerbegerichten nur in geringem Umfang erhoben (§§ 26—61). — Einen beſonderen Abſchnitt widmet das Geſetz der Tätigkeit des Gewerbegerichts als *Einigungsamt* (ſ. d., Bd. 3, S. 240). Von Bedeutung ſind auch die Beſtimmungen des Geſetzes über die Gutachten und Anträge der Gewerbegerichte (§ 75). Danach iſt das Gewerbegericht verpflichtet, auf Anſuchen von Staatsbehörden oder des Vorſtands des Kommunalverbands Gutachten über gewerbliche Fragen abzugeben. Es iſt berechtigt, in gewerblichen Fragen Anträge an Behörden, Vertretungen von Kommunalverbänden and an die geſetzgebenden Körperſchaften der Bundesſtaaten oder des Reichs zu richten. Beſondere Erfolge ſind auf dem Gebiet der Gutachtenerſtattung der Gewerbegerichte bisher leider nicht erzielt worden. — Für den Fall des Fehlens eines Gewerbegerichts iſt im fünften Abſchnitt des Geſetzes (§§ 76—80) ein vorläufiges Verfahren vor dem *Gemeindevorſteher* oder einem andern — von der Landeszentralbehörde zu beſtimmenden — Organ zugelaſſen. Beſondere Beſtimmungen gelten für die *Berggewerbegerichte* (§ 82). Unberührt bleibt die Zuſtändigkeit der *Innungen* zur Entſcheidung von Streitigkeiten zwiſchen Arbeitgebern und ihren Lehrlingen ſowie die Zuſtändigkeit der *Innungsſchiedsgerichte* (§ 84).

Die Gewerbegerichte, deren Zahl ſich ſchnell vermehrt hat und die ſich zu einem „Verband deutſcher Gewerbegerichte“, dem der größte Teil derſelben angehört, zuſammengetan

haben, haben im gewerblichen und damit im öffentlichen Leben überhaupt eine bedeutſame Stellung gewonnen. — Nach dem Vorgang der Gewerbegerichte ſind für die Entſcheidung von Streitigkeiten aus dem Dienſt- oder Lehrverhältniſſe zwiſchen Kaufleuten einerſeits und ihren Handlungsgehilfen oder Handlungslehrlingen anderſeits durch Reichsgeſetz vom 6. Juli 1904 (Reichsgeſetzblatt S. 266) beſondere Kaufmannsgerichte eingeführt worden. Das Verfahren vor denſelben regelt ſich entſprechend demjenigen vor den Gewerbegerichten [3].

Die franzöſiſchen Gewerbegerichte beſtehen aus einer gleichen Anzahl von Arbeitgebern und Arbeitern, die von ihren Berufsgenoſſen gewählt werden, einem aus der Mitte der Gewählten von dieſen erkorenen Präſidenten und Vizepräſidenten, von denen der eine Arbeitgeber, der andre Arbeiter ſein muß. Ihre Zuſtändigkeit erſtreckt ſich auf alle Streitfälle, die unmittelbar aus dem Arbeitsvertrag entſtehen. Jeder Streitfall kommt zunächſt vor die aus dem Präſidenten oder Vizepräſidenten, einem Arbeitgeber und einem Arbeiter beſtehende Vergleichskammer (Bureau particulier), die einen Vergleich zu verſuchen hat. Kommt ein ſolcher nicht zuſtande, ſo entſcheidet das Bureau général. Unter dem 15. Juli 1905 iſt ein neues Geſetz ergangen, das die Zuſammenſetzung der Spruchkammern und die Organiſation der Rechtſprechung in Berufungsſachen regelt. Die Spruchkammern beſtehen aus einer gleichen Anzahl von Arbeitgebern und Arbeitnehmern, einſchließlich des Präſidenten und Vizepräſidenten. Die Entſcheidung wird durch abſolute Mehrheit der Anweſenden, von denen mindeſtens zwei Arbeitgeber und zwei Arbeiter teilnehmen müſſen, getroffen. Bei Stimmengleichheit ſoll eine Sitzung unter dem Vorſitz des Friedensrichters ſtattfinden. Die Urteile der Gewerbegerichte ſind endgültig, wenn der Betrag der Forderung nicht 300 Franken überſteigt. Iſt letzteres der Fall, ſo iſt Berufung beim Zivilſtribunal zuläſſig, die dort als Handelsſache (ohne Anwaltszwang) behandelt wird.

In England ſind zum Teil die Einigungsämter auch als Gewerbegerichte tätig; ſonſt entſcheiden die ordentlichen Gerichte.

Oeſterreich hat eingehende geſetzliche Regelung des Gewerbegerichtsweſens; ebenſo Italien. Die Schweiz und Belgien haben ſich an die franzöſiſchen Einrichtungen angeſchloſſen [1].

Literatur: [1] Schönberg, Handbuch der politiſchen Oekonomie, 4. Aufl., Bd. 2, Halbbd. 1, Tübingen 1896, S. 711 ff., Halbbd. II, Tübingen 1898, S. 112; Stieda, Artikel „Gewerbegericht“ im Handwörterbuch der Staatswiſſenſchaften, herausgegeben von Conrad, Elſter, Lexis und Löning, Bd. 3, Jena 1892, S. 950 ff., und Supplementbd. I, S. 365 ff.; Neukamp, Artikel „Gewerbegerichte“ im Wörterbuch der Volkswirtſchaft, herausgegeben von Elſter, Bd. 1, Jena 1898, S. 864 ff., alle drei mit weiterer Literaturangabe; Jaſtrow, Sozialpolitik und Verwaltungswiſſenſchaft, Bd. 1, Berlin 1902, S. 405 ff.; Otto, Die Streitigkeiten der ſelbſtändigen Gewerbetreibenden mit ihren Arbeitern in Theorie und Praxis, 3. Aufl., Neuwied 1891; Baum, Handbuch für Gewerbegerichte, Berlin 1904; Bahr, Gewerbegericht, Kaufmannsgericht, Einigungsamt, ſtaats- und ſozialwiſſenſchaftliche Forſchungen, herausgegeben von Guſtav Schmoller und Max Sering, Bd. 23, Heft 5, Leipzig 1905; „Das Gewerbegericht“, Monatsſchrift des Verbandes deutſcher Gewerbegerichte, herausgegeben von Jaſtrow und Fleſch, Berlin 1896 ff.; „Soziale Praxis“, Zentralblatt für Sozialpolitik, herausgegeben von E. Francke (Leipzig). — [2] Wilhelmi und Bewer, Das Gewerbegerichtsgeſetz in der Faſſung der Bekanntmachung vom 29. September 1901, Berlin 1903, und die weiteren unter Einigungsämter aufgeführten Kommentare und Textausgaben. — [3] S. die in Bd. 3, S. 242, unter Einigungsämter aufgeführte Literatur. *Köhler.*

Gewerbehygiene. Die Schädigungen, welche durch die gewerbliche Tätigkeit des Menſchen entſtehen, teilen ſich in ſolche der Umgebung eines gewerblichen Betriebs und in ſolche des Arbeiters. Die Aufgabe der Gewerbehygiene iſt, dieſe Schädigungen kennen zu lernen und die Mittel anzugeben, ſie zu vermeiden oder doch wenigſtens zu vermindern.

Zahlreiche allgemeine Statiſtiken haben verſucht, den ſchädlichen Einfluß der gewerblichen Tätigkeit zahlenmäßig nachzuweiſen. Dieſen allgemein-ſtatiſtiſchen Unterſuchungen fehlt jedoch durchweg die ſichere Grundlage, ſo daß zuverläſſige Schlußfolgerungen unmöglich ſind, zumal da der Menſch neben den Betriebsgefahren auch anderweitigen Schädigungen ausgeſetzt iſt, z. B. von ſeiten der Wohnung, des Alkohols, gelegentlicher Infektionen u. ſ. w. Nur durch eine Spezialſtatiſtik beſtimmter Berufsarten mit großen Zahlen kann ſichere Aufklärung erwartet werden; ſolche ſind für verſchiedene Berufe vorhanden. — Dieſe Statiſtiken und die tägliche ärztliche Erfahrung haben gelehrt, daß ein ſchädlicher Einfluß des Gewerbebetriebs am häufigſten bedingt iſt durch Verſchlechterung der Luft ſowohl in phyſikaliſcher als chemiſcher Beziehung. Viel ſeltener entſtehen dem Arbeiter Gefahren durch Berührung mit reizenden oder ätzenden Stoffen, durch ſpezifiſche ſchädliche Einwirkungen auf die Sinnesorgane, wie Mangel an Licht oder zu grelles Licht auf die Augen, fortgeſetzte Geräuſche auf das Gehör. Schließlich iſt noch als geſundheitsgefährdend in einzelnen Betrieben zu erwähnen die beſondere Haltung und Ueberanſtrengung des Arbeiters, andauernde Erſchütterung und Aehnliches.

Die Verſchlechterung der Luft im Gewerbe kann zuſtande kommen durch Staub, Gaſe, Temperaturſteigerung oder -erniedrigung, Druckerhöhung und Luftbewegung.

Weitaus am häufigſten entſtehen gewerbliche Schädigungen durch Staub; er kann durch ſeine Menge, aber auch durch ſeine Beſchaffenheit gefährlich werden. Die Luft im Freien hat durchſchnittlich etwa $^1/_8$ mg Staub im Kubikmeter, in ſtaubenden Betrieben kann ſie bis zu 100 und 200 mg ſteigen. Geringe Staubmengen werden im allgemeinen von dem Flimmerepithel der Luftröhre, ſoweit ſie nicht ſchon an den feuchten Wänden der Naſen- und Mundhöhle zurückgehalten werden oder durch beſondere ſpitze Beſchaffenheit ſich in die Wand einbohren, wieder nach oben und durch Huſten und Räuſpern nach außen befördert. Größere

Mengen wirken ſtärker reizend, backen auch wohl je nach ihren beſonderen Eigenſchaften (Mehl, Zement) zuſammen und können durch Verringerung der Luftzufuhr bedrohlichere Erſcheinungen hervorrufen.

Bezüglich der Beſchaffenheit ſind die runden Staubarten, wenn ſie ſonſt keine beſonderen ſchädlichen Eigenſchaften haben, am wenigſten gefährlich. Man erkennt dieſe wichtige äußere Form des Staubkorns unter dem Mikroſkop ſchon bei relativ ſchwacher Vergrößerung. Schädlicher ſind die Staubarten mit Häkchen und Schuppen, wie Wolle, Knochen, Holz. Ganz beſonders gefährlich aber ſind die ſcharfen Staubarten, wozu ſchon ſolche von Flachs, Jute, Hanf gehören, da ſie Verletzungen der Schleimhaut hervorzubringen geeignet ſind. Die ſchlimmſten Staubſorten ſind alle Metallſtaube, Steinſtaub, Schmirgel, Sand, Glas, Porzellan; ſie beſitzen ſcharfe Spitzen, Ecken, Schneiden, womit ſie ſich tief in die Lunge einbohren können; damit wird nicht ſelten die Gelegenheit zur Feſtſetzung von Tuberkelbazillen und zur Entwicklung der Schwindſucht gegeben. Denn infektiöſer, mit Tuberkelbazillen verſetzter Staub iſt überall vorhanden, wo Tuberkulöſe ſich aufhalten. Ein einziger mit tuberkulöſem Lungenſpitzenkatarrh behafteter Arbeiter bildet daher in ſtaubigen Betrieben, zumal in ſolchen mit ſpitzigem Staub, z. B. in der Steinhauerei, eine ganz beſondere Gefahr. Aus dieſem Grund ſollten Tuberkulöſe — ganz abgeſehen von dem eignen Intereſſe — von ſtaubigen Betrieben ferngehalten werden. Ein zweiter infektiöſer Staub kommt noch in Wollſortierereien und Bürſtenfabriken vor, nämlich milzbrandbazillenhaltiger Staub; hier hilft nur vorherige Sterilifation des Materials. — Von beſonders ſchädlichen Staubarten iſt noch der Kalk, Zement, Thomasſchlacke und Aetzbaryt zu erwähnen, welche ätzende Wirkung auf die Schleimhäute ausüben, ferner der Perlmutterſtaub, der zu eigenartigen Knochenerkrankungen führt, und der giftige Blei- und Arſenſtaub. Die Erkrankungen, welche durch nichtinfektiöſen Staub hervorvorgerufen werden, beſtehen in der Hauptſache aus Katarrhen der Reſpirationsorgane und akuten und chroniſchen Entzündungen derſelben.

Die Mittel zur Verhinderung derſelben beſtehen vor allen Dingen in möglichſter Vermeidung des Staubs. Wo z. B. naſſer Betrieb möglich iſt, wie in verſchiedenen Schleifereien, iſt dieſer zu wählen. Erſcheint ein ſolcher Ausweg nicht möglich, ſo iſt der Staub an der Entſtehungsſtelle abzuſaugen. Erſt in dritter Linie kommt die Erſtellung einer guten allgemeinen Ventilation des Arbeitsraumes. Ein nach richtigen Grundſätzen durchgeführter Staubſchutz iſt eines der wichtigſten Vorbeugungsmittel gegen Tuberkuloſe, die derzeit verheerendſte Krankheit unſrer erwachſenen Bevölkerung, insbeſondere der Arbeiterbevölkerung. — Von geringer Wirkung ſind die Reſpiratoren; ſie behindern allzuſehr die Atmung, erſchweren dadurch die Arbeit, ſo daß ihre Benutzung leicht umgangen wird. In einzelnen Fällen iſt die Zuführung reiner Luft unter Anwendung des Rauchhelms, der mit einem Pergamentſchlauch verbunden iſt, möglich und hat ſich gut bewährt. Vgl. Entſtaubungsanlagen, Lüftung.

Die im Gewerbebetrieb zu beobachtenden die Luft verſchlechternden Gaſe ſind ſehr mannigfaltiger Art und können hier nicht alle aufgezählt werden. Sie ſind teils vorwiegend ätzender, teils giftiger Natur.

Zu den erſteren gehören die Gaſe von Chlor, Brom und Jod und deren Waſſerſtoffſäuren; ferner die ſchweflige Säure, das Ammoniak, die „nitroſen Gaſe“, beſtehend aus einem Gemiſch von ſalpetriger Säure und Unterſalpeterſäure. Letztere ſind jedoch weit mehr ihrer intenſiven giftigen Eigenſchaften wegen gefährlich.

Von den vorwiegend giftigen Gaſen ſind die Metalldämpfe zu nennen, ſo der des Queckſilbers und Bleis und der des Zinks, der das kurzdauernde Gießfieber der Gelbgießer erzeugt; ferner die Blutgifte Kohlenoxyd, Schwefelwaſſerſtoff, der Schwefelkohlenſtoff, die Dämpfe des Teers und ſeiner Produkte, die beſonders in der Farbeninduſtrie beobachtet werden und den „Anilismus“ hervorzurufen geeignet ſind. Schließlich ſollen noch die Dämpfe des Phosphors in der Zündholzinduſtrie, welche Zahngeſchwüre und Nekroſe des Unterkiefers erzeugen, die Blauſäure, die Pyridinbaſen und der Holzgeiſt erwähnt ſein.

Die Schädigungen, welche der menſchliche Körper bei Einatmung dieſer Gaſe erleidet, ſind verſchiedene. Sie betreffen teils nur die Reſpirationsorgane, teils das Blut, Herz, Nervenſyſtem, Knochen u. ſ. w., können auch in plötzlichem, kaum vorherzuſehendem Tod beſtehen.

Die Vermeidung dieſer Gefahren und die Beſeitigung der Gaſe iſt nicht immer einfach. Zunächſt iſt, wo ſolche zu erwarten ſind, die Fabrikanlage geräumig zu geſtalten, damit dem einzelnen Arbeiter jeweils ein möglichſt großer Luftraum zur Verfügung ſteht, eventuell auch raſche Rettung ins Freie möglich iſt. Die Entſtehungsſtelle der Gaſe iſt womöglich immer unter Abzüge zu verlegen; die abgezogenen Dämpfe ſind auf feuchtem oder trockenem Weg zu verdichten oder chemiſch zu binden oder, wenn möglich, zu verbrennen. — Die geringen Mengen ſchädlicher Gaſe, die auch bei Arbeiten unter Abzug in den Arbeitsraum entweichen, ſind durch gute Ventilation zu entfernen. Iſt das Arbeiten in Räumen nötig, die größere Mengen ſchädlicher Gaſe enthalten, ſo ſollte dies nur mit Rauchkappe und Luftzuführung von außen geſchehen.

Exzeſſive Temperaturen der Luft kommen in ganzen Betrieben oder in Teilen von ſolchen nicht ſelten in Geſtalt großer Wärme vor, ſei es nun durch hohe Außentemperaturen oder unzweckmäßige Heizung oder Beſonderheiten des Betriebs, z. B. bei Trockenanlagen. Gegen die hierdurch drohende Gefahr des Hitzſchlags und ſeiner Vorboten iſt gute Ventilation, teilweiſe auch geeignete Anwendung ſchlechter Wärmeleiter oder das Verbot des Betretens der überhitzten Räume anzuwenden. Zu berückſichtigen iſt, daß „feuchte Hitze“ weſentlich gefährlicher iſt als „trockene“, da ſie die Waſſerverdunſtung von Lunge und Haut und damit die Wärmeregulierung des menſchlichen Körpers erheblich behindert.

Den ſchädlichen Einflüſſen niederer Temperaturen, die zu „Erkältungskrankheiten“ Anlaß geben, iſt durch entſprechende Kleidung oder Heizung zu begegnen. Auch bei Arbeiten in ſtark bewegter Luft iſt die richtige Bekleidung das hauptſächliche Hilfsmittel.

Die bei Caiſſonarbeitern nötige Arbeit unter erhöhtem Luftdruck (vgl. Preßluft-

gründung) iſt an ſich nicht ſchädlich; nur iſt darauf zu achten, daß der Uebergang von einem Luftdruck in den andern langſam erfolgt und daß nur Arbeiter mit geſundem, auch durch Alkoholgenuß nicht geſchwächtem Herzen (Katzenjammer!) verwendet werden, da bei Außerachtlaſſung dieſer Vorſchrift plötzliche Todesfälle möglich ſind.

Das Hantieren mit ätzenden Stoffen bedingt Entzündungserſcheinungen auf der Haut, namentlich an den Händen und Vorderarmen, und wird gefunden bei Arbeitern, die in Berührung kommen mit Teer, Zucker, Ruß, den Aetzalkalien, Chinin, Anilin und ſeinen Derivaten, Chromſäurepräparaten u. a. m. Abhilfe ſchaffen Gummihandſchuhe, oft auch ſchon Einreiben der Hände mit Fett vor Inangriffnahme der Arbeit. Stets iſt größtmögliche Reinlichkeit zu beachten.

Dasjenige Sinnesorgan, das im Gewerbebetrieb am meiſten Schädigungen ausgeſetzt iſt, iſt das Auge. In erſter Linie kommt hier die Beleuchtung des Arbeitsplatzes in Betracht. Bei einigermaßen feinerer Handarbeit iſt für den Arbeitsplatz eine Lichtſtärke von wenigſtens 10 Meterkerzen dringendes Erfordernis. Das Licht ſoll von links oder oben einfallen und durch geſtrichene Scheiben nicht behindert werden; um eine ſtets gleichmäßige Belichtung zu erhalten, empfiehlt es ſich, die Fenſterſeite nach Nordweſten bis Nordoſten zu wählen. Für die Wahl der künſtlichen Beleuchtung haben dieſelben Grundſätze Anwendung zu finden.

Der Reinhaltung der Fenſter und Beleuchtungskörper iſt beſondere Aufmerkſamkeit zuzuwenden, da der Staub erhebliche Lichtmengen zu abſorbieren geeignet iſt. Mechaniſche Verletzungen des Auges durch Funken, Splitter, ätzende Stoffe und Aehnliches ſind durch geeignete Brillen auszuſchließen.

Das Gehör kann durch andauernde heftige Geräuſche, wie ſie in Schmieden und Stampfwerken vorkommen, geſchädigt werden. Gemildert wird dieſe Wirkung durch hohe und weite Arbeitsräume und Anbringung ſchallabſchwächender Unterlagen.

Geruch und Geſchmack werden durch den gewerblichen Betrieb ſeltener beeinträchtigt und können durch Ventilation und Mundpflege geſchützt werden.

Durch beſondere Inanſpruchnahme einzelner Körperteile können lokale Schwielen und Entzündungen oder ſonſtige Wachstumsſtörungen entſtehen, wie z. B. die Trichterbruſt bei den Schuhmachern. Auch Krämpfe und Lähmungen einzelner Muskelgruppen werden beobachtet, z. B. bei Schreibern, Setzern, Klavierſpielern. Schließlich kann jede Ueberanſtrengung zu vorübergehender oder dauernder Schädigung des Herzens, des Nervenſyſtems und überhaupt des ganzen Organismus führen. Um derartigen Vorkommniſſen vorzubeugen, iſt vor allen Dingen eine ſachgemäße Auswahl und eine gründliche und verſtändige Ausbildung des Arbeitsperſonals und richtige Regelung der Arbeitszeit nötig. Einer günſtigen Lebenshaltung des Arbeiters außerhalb der Betriebsſtätte iſt durch die Mittel der allgemeinen Hygiene, wie Wohnungspflege und ſonſtige Wohlfahrtseinrichtungen, Bekämpfung der Tuberkuloſe, des Alkoholismus und der Syphilis Vorſchub zu leiſten. Nach Möglichkeit iſt das Familienleben zu fördern und insbeſondere Frauen- und Kinderarbeit geſundheitlich zu überwachen.

Nicht bei allen Betrieben iſt es möglich, eine Beläſtigung oder Schädigung der Anwohner auszuſchließen. Es erſcheint daher auch im Intereſſe der Induſtrie gelegen, ihr beſondere Ortsteile anzuweiſen, in denen ihr die größtmögliche Freiheit gelaſſen werden kann.

Die Beläſtigung und Gefährdung der Umgebung von Gewerbebetrieben wird hervorgerufen durch ſchlechte Gerüche, ſtarke Geräuſche, Rauch und Ruß und Verunreinigung der Gewäſſer durch die Abwäſſer (ſ. Flußverunreinigung).

Ein nicht überall zur Gewerbehygiene gerechnetes Gebiet betrifft die Unfallverhütung (ſ. d.). Die Statiſtik ergibt, daß die Zahl der Unfälle im allgemeinen geſtiegen iſt. Es rührt dies wohl daher, daß ſeit Inkrafttreten der Unfallverſicherung jeder, auch der kleinſte Unfall zur Anzeige kommt und daß vielfach nicht genügend vorgebildetes Perſonal zur Einſtellung gelangt. Die weitaus größte Zahl der Unfälle wird verurſacht durch Maſchinen, Transmiſſionen und Exploſionen. Durch geeignete Schutzvorkehrungen an den erſteren, Verbeſſerung der Werkzeuge, gute Keſſelkonſtruktionen, ſachgemäße Keſſelüberwachung, abgeſonderten Bau der Arbeitsſtätte und wirkſame Ventilationen wird dieſen Gefahren vorgebeugt. Stets iſt jedoch darauf Rückſicht zu nehmen, daß die Schutzvorkehrung die Arbeit nicht erſchwert, da ſie ſonſt bei mangelnder Ueberwachung von dem Arbeiter beſeitigt wird.

Rückſichten auf die Gewerbehygiene und den Arbeiterſchutz ſind ſowohl bei der Geſetzgebung als auch bei zahlreichen Polizeiverordnungen genommen worden, ſo insbeſondere in der Gewerbeordnung für das Deutſche Reich und in dieſer namentlich bei dem § 120 a—e.

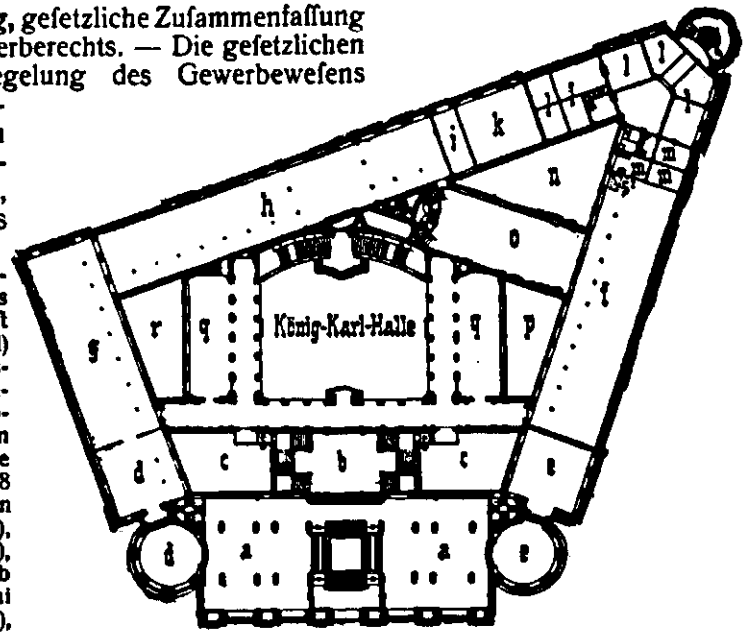
Literatur: Roth, Kompendium der Gewerbekrankheiten, Berlin 1904; Rambouſek, Lehrbuch der Gewerbehygiene, Wien und Leipzig 1906; Sommerfeld, Der Gewerbearzt, Jena 1905. Ferner die Hand- und Lehrbücher der Hygiene, z. B. von Th. Weyl, M. Rubner, A. Gärtner. Ferner Schicker, Die Gewerbeordnung für das Deutſche Reich, 4. Aufl., Stuttgart 1901. *Schwiening.*

Gewerbeinſpektor, ſ. Fabrikinſpektoren.

Gewerbemuſeum, in einigen Ländern vom Staate oder der Gemeinde für ſtändige Ausſtellungen von Gewerbe- und Induſtrieprodukten errichtetes Gebäude, um Muſterleiſtungen vorzuführen, die das inländiſche Gewerbe zu heben geeignet ſind. Sind dieſe Muſeen für den ganzen Staat beſtimmt, ſo bezeichnet man ſie als Landesgewerbehallen. Das Landesgewerbemuſeum zu Stuttgart [1], ein mit großem Koſtenaufwand aufgeführter Prachtbau von Neckelmann, iſt z. B. ein ſolches Inſtitut für Württemberg (ſ. die Figur S. 479).

Literatur: [1] Das neue Landesgewerbemuſeum in Stuttgart, in der Zeitung für die Elektrizitäts- und Kunſtgewerbeausſtellung zu Stuttgart 1896, Nr. 7/8, S. 87 ff. *Weinbrenner.*

Gewerbeordnung, geſetzliche Zuſammenfaſſung (Kodifikation) des Gewerberechts. — Die geſetzlichen Beſtimmungen zur Regelung des Gewerbeweſens bezwecken im öffentlichen Intereſſe und zum Schutz berechtigter Anſprüche teils Förderung, teils Einſchränkung des Gewerbebetriebs [1].



Grundriß des Landesgewerbemuſeums zu Stuttgart. *a a* Vorhalle. *b* Haupttreppe. *c c* Durchfahrtshof. *d d* Kunſtgewerbeverein. *e e* Modelle, Inſtrumente. *f* Maſchinen. *g* Sammlungen der Kgl. Zentralſtelle für die Landwirtſchaft. *h* Technologiſche Sammlungen, Bau- und Ingenieurweſen. *i* Eingang zum chemiſchen Hörſaal. *k* Chemiſcher Hörſaal. *l l* Chemiſches Laboratorium. *m m* Wohnung des Hausmeiſters. *n* Wirtſchaftshof. *o* Elektrotechnik. *p* Keſſelhaushof. *q* Seltenhallen. *r* Gipsgießereihof. *s* Hydrauliſcher Aufzug. *s'* Elektriſcher Aufzug. *s''* Hydrauliſcher Laſtenaufzug.

I. **Deutſchland.** Gewerbeordnung für das Deutſche Reich (zuerſt für den Norddeutſchen Bund) vom 21. Juni 1869, Bundesgeſetzblatt S. 245, mit zahlreichen das erſte Geſetz abändernden oder ergänzenden Nachträgen: insbeſondere Geſetze vom 17. Juli 1878 (Arbeiterſchutzbeſtimmungen ſowie Lehrlingsverhältniſſe), 18. Juli 1881 (Innungen), 1. Juli 1883 (Gewerbebetrieb im Umherziehen), 1. Juni 1891 (Arbeiterſchutzgeſetz), 26. Juli 1897 (Handwerkergeſetzgebung), 30. Juni 1900 (in offenen Verkaufsſtellen beſchäftigte Perſonen); letzte Neuredaktion vom 26. Juli 1900, Reichsgeſetzblatt S. 871 (vgl. [2]). In Preußen, wo durch Edikt vom 2. November 1810 und Geſetz vom 7. November 1811 der Zunftzwang aufgehoben wurde, war durch die Gewerbeordnung vom 17. Januar 1845 ein einheitliches Gewerberecht geſchaffen worden, und zwar auf der Grundlage der — durch Verordnungen vom 9. Februar 1849 übrigens nicht unweſentlich wieder eingeſchränkten — Gewerbefreiheit, d. h. der Freiheit der einzelnen in der Gründung und dem Betrieb der gewerblichen Unternehmungen. Auch in den meiſten übrigen deutſchen Staaten war vor Gründung des Norddeutſchen Bundes die Gewerbefreiheit an Stelle der alten, nicht mehr zeitgemäßen Zunftverfaſſung mit ihren eine freie Entwicklung des Gewerbeweſens hemmenden Beſchränkungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, getreten, ſo im Königreich Sachſen, in Württemberg und Baden 1862, in Bayern 1868. Die Verfaſſungsurkunden für den Norddeutſchen Bund und für das Deutſche Reich unterſtellten die Beſtimmungen über den Gewerbebetrieb der Geſetzgebung des Bundes bezw. des Reichs. Das Freizügigkeitsgeſetz vom 1. November 1867 gab insbeſondere auch jedem Bundesangehörigen das Recht, innerhalb des Bundesgebietes „umherziehend oder an dem Orte des Aufenthalts, bezw. der Niederlaſſung, Gewerbe aller Art zu betreiben unter den für Einheimiſche geltenden geſetzlichen Beſtimmungen“ (§ 1 Abſ. 1 Ziff. 3 des Geſetzes). „Keinem Bundesangehörigen darf um des Glaubensbekenntniſſes willen oder wegen fehlender Landes- oder Gemeindeangehörigkeit .... der Gewerbebetrieb .... verweigert werden“ (§ 1 letzter Abſ.). — Nachdem zuvor das ſogenannte Notgewerbegeſetz vom 8. Juli 1868 in vorläufiger Weiſe den ſtehenden Gewerbebetrieb geregelt hatte, wurde am 21. Juni 1869 die Gewerbeordnung für den Norddeutſchen Bund erlaſſen, die ſich vielfach an die preußiſche Gewerbeordnung anlehnte, übrigens in der Durchführung der Gewerbefreiheit weſentlich weiter ging. Nach der Gründung des Deutſchen Reichs wurde ſie Reichsgeſetz. In den ſüddeutſchen Staaten wurde ſie in den Jahren 1871—73 eingeführt, in Elſaß-Lothringen, wo, abgeſehen von dem von den Approbationen der Medizinalperſonen handelnden § 29 der Gewerbeordnung, noch die franzöſiſche Geſetzgebung galt, erſt 1889; in Helgoland iſt ſie noch nicht eingeführt.

Die Reichsgewerbeordnung beruht auf der Grundlage der Gewerbefreiheit. Dieſe iſt aber keine unbeſchränkte; im öffentlichen Intereſſe und zum Schutz berechtigter Anſprüche ſind der freien Betätigung der einzelnen gewiſſe Schranken gezogen. Dahin gehört das Erfordernis polizeilicher Genehmigung für gewiſſe Anlagen, durch welche berechtigte Intereſſen dritter gefährdet werden könnten, die Beſtimmungen zum Schutze der Arbeiter und der Handwerker ſowie diejenigen zum Schutze des Publikums gegen Geſundheitsbeſchädigungen, Uebervorteilungen u. ſ. w. Die Gewerbegeſetzgebung iſt in Deutſchland noch keineswegs abgeſchloſſen, vielmehr werden faſt jedes Jahr Novellen zur Gewerbeordnung erlaſſen, die — in den letzten Jahren entſprechend dem Wandel in den wirtſchaftspolitiſchen Anſchauungen bei Aufrechterhaltung der Gewerbefreiheit im Grundſatz — doch die Tendenz einer weiteren Einſchränkung derſelben nicht verkennen laſſen. — Die Gewerbeordnung gilt nicht für alle Gewerbe. Nach § 6 findet ſie keine Anwendung auf die Fiſcherei, die Errichtung und Verlegung von Apotheken, die Erziehung von Kindern gegen Entgelt, das Unterrichtsweſen, die advokatoriſche und Notariats-

praxis, den Gewerbebetrieb der Auswanderungsunternehmer und Auswanderungsagenten, der Verſicherungsunternehmer und der Eiſenbahnunternehmungen, die Befugnis zum Halten öffentlicher Fähren und die Rechtsverhältniſſe der Schiffsmannſchaften auf den Seeſchiffen. Auf das Bergweſen, die Ausübung der Heilkunde, den Verkauf von Arzneimitteln, den Vertrieb von Lotterieloſen und die Viehzucht findet die Gewerbeordnung nur inſoweit Anwendung, als ſie ausdrückliche Beſtimmungen darüber enthält. Uebrigens iſt durch die Beſtimmungen dieſes § 6 der Begriff des Gewerbes keineswegs abgegrenzt, auch iſt die Aufzählung der nicht unter die Gewerbeordnung fallenden Erwerbszweige in § 6 nicht erſchöpfend. Keine Anwendung findet z. B. die Gewerbeordnung auch auf die Land- und Forſtwirtſchaft, den Weinbau, die Jagd, den Betrieb der ſchönen Künste (mit Ausnahme der Schauſpielunternehmungen). Im einzelnen ergeben ſich oft Zweifel. Im weſentlichen wird geſagt werden können, daß die Gewerbeordnung für das Handwerks-, Induſtrie- und Handelsgewerbe, das Verkehrsgewerbe und das Wirtſchaftsgewerbe gilt [3]. Die Gewerbeordnung iſt auch nicht das einzige Geſetz, durch das die Verhältniſſe des Gewerbes geregelt werden. Zahlreiche Sondergeſetze treten ergänzend hinzu. Die Rechtsverhältniſſe der in § 6 der Gewerbeordnung aufgeführten Gewerbe ſind zum Teil durch Landesgeſetze, zum andern Teil durch Reichsgeſetze geregelt. Dazu kommen die Reichsgeſetze über die Preſſe, den Schutz der gewerblichen Urheberrechte, das Münz- und Bankweſen, das Maß- und Gewichtsweſen, den Feingehalt der Gold- und Silberwaren, über Phosphorzündwaren, die Herſtellung von Sprengſtoffen, die Nahrungs- und Genußmittel, die Erwerbs- und Wirtſchaftsgenoſſenſchaften, die Arbeiterverſicherung, den Kinderſchutz, zur Bekämpfung des unlauteren Wettbewerbs u. a.

Die Gewerbeordnung enthält zehn Titel und Schlußbeſtimmungen: Tit. I, Allgemeine Beſtimmungen (§§ 1—13); Tit. II, Stehender Gewerbebetrieb (§§ 14—54); Tit. III, Gewerbebetrieb im Umherziehen (§§ 55—63); Tit. IV, Marktverkehr (§§ 64—71); Tit. V, Taxen (§§ 72—80); Tit. VI, Innungen, Innungsausſchüſſe, Handwerkskammern, Innungsverbände (§§ 81—104 n); Tit. VII, Gewerbliche Arbeiter (Geſellen, Gehilfen, Lehrlinge, Betriebsbeamte, Werkmeiſter, Techniker, Fabrikarbeiter) (§§ 105—139 m); Tit. VIII, Gewerbliche Hilfskaſſen (§§ 140); Tit. IX, Statutariſche Beſtimmungen (§§ 142); Tit. X, Strafbeſtimmungen (§§ 143—153), dazu die Schlußbeſtimmungen §§ 154, 155.

Die allgemeinen Beſtimmungen (Tit. I, §§ 1—13) ſtellen den Grundſatz der Gewerbefreiheit auf: Der Betrieb eines Gewerbes iſt jedermann geſtattet, ſoweit nicht reichsgeſetzliche Ausnahmen oder Beſchränkungen beſtehen. Der Unterſchied zwiſchen Stadt und Land in Beziehung auf den Gewerbebetrieb hört auf. Der gleichzeitige Betrieb verſchiedener Gewerbe oder desſelben Gewerbes in mehreren Betriebs- oder Verkaufsſtätten iſt geſtattet. Eine Beſchränkung der Handwerker auf den Verkauf der ſelbſtverfertigten Waren findet nicht ſtatt. Zünften, Innungen und kaufmänniſchen Körperſchaften ſteht ein Recht, andre vom Gewerbebetrieb auszuſchließen, nicht zu. Ausſchließliche Gewerbeberechtigungen, Zwangs- und Bannrechte u. dergl. unterliegen teils der Aufhebung, teils der Ablöſung und können fortan nicht mehr erworben werden; Realgewerbeberechtigungen dürfen fortan nicht mehr begründet werden. Das Geſchlecht begründet in Beziehung auf die Befugnis zum ſelbſtändigen Gewerbebetrieb ebenſowenig wie das Glaubensbekenntnis einen Unterſchied; von dem Beſitz des Bürgerrechts ſoll die Zulaſſung zum Gewerbebetrieb in keiner Gemeinde und bei keinem Gewerbe abhängig ſein. Die Angehörigen der verſchiedenen deutſchen Staaten und Elſaß-Lothringens werden gleich behandelt. Auch Ausländer haben im allgemeinen das Recht zum freien Gewerbebetrieb und es iſt ihnen dies durch Staatsverträge (Handelsverträge) noch beſonders verbürgt; doch findet in einzelnen Beziehungen, namentlich beim Gewerbebetrieb im Umherziehen (ſ. u.), eine verſchiedene Behandlung der Ausländer ſtatt.

Allen ſtehenden Gewerbebetrieben (Tit. II) — im Gegenſatz zum Gewerbebetrieb im Umherziehen und zum Marktverkehr — iſt die Pflicht auferlegt, den Beginn des Betriebs der zuſtändigen Ortsbehörde anzuzeigen; einzelne Arten von Betrieben haben auch die Pflicht zur Anzeige der Geſchäftslokale. Gewerbetreibende, die einen offenen Laden haben oder Gaſt- oder Schankwirtſchaft betreiben, ſind verpflichtet, ihren Namen an der Außenſeite oder am Eingang des Ladens oder der Wirtſchaft in deutlich lesbarer Schrift anzubringen. Einer beſonderen Genehmigung bedürfen die ſogenannten läſtigen (gewerblichen) Anlagen, Neuanlagen für Waſſertriebwerke, die Anlegung von Dampfkeſſeln. Anzeigepflichtig ſind, wenn ſie nicht ſchon als läſtige Anlagen einer Genehmigung bedürfen, Anlagen, deren Betrieb mit ungewöhnlichem Geräuſch verbunden iſt; ſ. Anlagen, gewerbliche. Einer beſonderen Genehmigung bedürfen ſodann gewiſſe Kategorien von Gewerbetreibenden; Apotheker und diejenigen Perſonen, die ſich als Aerzte, Zahnärzte, Tierärzte oder mit gleichbedeutenden Titeln bezeichnen, bedürfen einer Approbation, die auf Grund vom Bundesrat erlaſſener Vorſchriften über den Nachweis der Befähigung erteilt wird. Der Konzeſſionspflicht unterliegen Unternehmer von Privatkranken-, Privatentbindungs- und Privatirrenanſtalten; Schauſpielunternehmer; Perſonen, die Gaſtwirtſchaft, Schankwirtſchaft oder Kleinhandel mit Branntwein oder Spiritus betreiben wollen, ſowie diejenigen, welche gewerbsmäßig Singſpiele, Geſangs- und deklamatoriſche Vorträge, Schauſtellungen von Perſonen oder theatraliſche Vorſtellungen, ohne daß ein höheres Intereſſe der Kunſt oder der Wiſſenſchaft dabei obwaltet, in ihren Räumen öffentlich veranſtalten oder durch dritte veranſtalten laſſen wollen; ferner Pfandleiher, Pfandvermittler und Rückkaufshändler, Geſindevermieter und Stellenvermittler und landesgeſetzlich der Handel mit Giften und das Markſcheidergewerbe. Perſonen, die gewerbsmäßig Muſikaufführungen, Schauſtellungen, theatraliſche Vorſtellungen oder ſonſtige Luſtbarkeiten der gedachten Art von Haus zu Haus oder auf öffentlichen Wegen, Straßen und Plätzen darbieten wollen, bedürfen der vorgängigen Erlaubnis der Ortspolizeibehörde. Der Betrieb des Hufbeſchlaggewerbes kann durch die Landesgeſetzgebung von der Beibringung eines Prüfungszeugniſſes abhängig gemacht werden. Das erteilte Prüfungszeugnis gilt für den ganzen Umfang des Reichs. Seeſchiffer, Seeſteuerleute, Maſchiniſten der Seedampfſchiffe und

Lotſen bedürfen eines Befähigungszeugniſſes. Die Zeugniſſe gelten für das ganze Reich, bei Lotſen für das im Zeugnis angeführte Fahrwaſſer. Soweit in betreff der Schiffer und Lotſen auf Strömen infolge von Staatsverträgen beſondere Anordnungen getroffen ſind, behält es dabei ſein Bewenden. Das Lotſengewerbe kann übrigens landesgeſetzlich noch von beſonderer Konzeſſion abhängig gemacht werden. Die Geſetze vom 15. Juni 1895 über die privatrechtlichen Verhältniſſe der Binnenſchiffahrt (Reichsgeſetzblatt S. 339) und über die Flößerei (Reichsgeſetzblatt S. 341) ermächtigen den Bundesrat zur Regelung des Befähigungsnachweiſes der Schiffer und Maſchiniſten für Binnenſchiffe und der Floßführer. Eine Reihe von Gewerbebetrieben, die in § 35 aufgeführt ſind (z. B. der Handel mit Dynamit und andern Sprengſtoffen), können unterſagt werden, wenn Tatſachen vorliegen, welche die Unzuverläſſigkeit des Gewerbetreibenden in bezug auf den Gewerbebetrieb dartun. Ein zurzeit dem Reichstag vorliegender Geſetzentwurf will die Bauunternehmer unter die Gewerbetreibenden aufnehmen, denen der Betrieb nach § 35 unterſagt werden kann. Der Regelung durch die Ortspolizeibehörde unterliegt die Unterhaltung des öffentlichen Verkehrs innerhalb der Orte durch Wagen, Gondeln, Sänften, Pferde und andre Transportmittel ſowie das Gewerbe der Perſonen, die auf öffentlichen Straßen oder Plätzen ihre Dienſte anbieten. Für dieſe können Taxen feſtgeſetzt werden. Wegen der Schornſteinfeger ſ. Kaminfeger. Gegen Verſagung der Genehmigung iſt im allgemeinen Rekurs zuläſſig; auch dürfen die Genehmigungen mit Ausnahme derjenigen zum Darbieten von Muſikaufführungen u. ſ. w. von Haus zu Haus (§ 33 b) weder auf Zeit erteilt noch — vorbehaltlich der Beſtimmungen in den §§ 33 a, 53 und 143 — widerrufen werden. Die Befugnis zum ſelbſtändigen Betrieb eines ſtehenden Gewerbes begreift das Recht in ſich, in beliebiger Zahl Hilfsperſonen anzunehmen, ſoweit nicht die Arbeiterſchutzbeſtimmungen und die Vorſchriften über das Halten von Lehrlingen Einſchränkungen bedingen; auch gibt dieſe Befugnis im allgemeinen das Recht, das Gewerbe nicht nur innerhalb, ſondern unbeſchadet der Beſtimmungen über den Wandergewerbebetrieb auch außerhalb des Gemeindebezirks der gewerblichen Niederlaſſung auszuüben. Gegenſtände, die von dem Ankauf oder Feilbieten im Umherziehen ausgeſchloſſen ſind, dürfen — vorbehaltlich gewiſſer Ausnahmen — auch innerhalb des Gemeindebezirks nicht hauſiermäßig feilgeboten oder zum Wiederverkauf angekauft werden. Wer ein ſtehendes Gewerbe betreibt, hat ferner das Recht, auch außerhalb des Gemeindebezirks ſeiner gewerblichen Niederlaſſung perſönlich oder durch in ſeinem Dienſt ſtehende Reiſende für die Zwecke ſeines Gewerbebetriebs Waren aufzukaufen und Beſtellungen auf Waren zu ſuchen. Die aufgekauften Waren dürfen jedoch nur behufs deren Beförderung nach dem Beſtimmungsort mitgeführt werden; von den Waren, auf die Beſtellungen geſucht werden, dürfen, ſoweit nicht der Bundesrat Ausnahmen zuläßt, nur Proben und Muſter mitgeführt werden. Das Aufkaufen darf ferner nur bei Kaufleuten oder ſolchen Perſonen, welche die Waren produzieren, oder in offenen Verkaufsſtellen erfolgen. Das Aufſuchen von Beſtellungen auf Waren darf für die Regel ohne vorgängige ausdrückliche Aufforderung nur bei Kaufleuten in deren Geſchäftsräumen oder bei ſolchen Perſonen geſchehen, in deren Geſchäftsbetrieb Waren der angebotenen Art Verwendung finden (Beſchränkung des Detailreiſens). Die Handelsreiſenden bedürfen einer behördlich ausgeſtellten Legitimationskarte, an deren Stelle für Ausländer die in den Zollvereins- und Handelsverträgen vorgeſehene, von ihrer Heimatsbehörde ausgeſtellte Gewerbelegitimationskarte treten kann. Handelsreiſende, welche die erwähnten Beſchränkungen nicht einhalten wollen, bedürfen eines Wandergewerbeſcheins. — Die Befugniſſe zum ſtehenden Gewerbebetrieb können im allgemeinen durch Stellvertreter ausgeübt werden, die den für das betreffende Gewerbe vorgeſchriebenen Erforderniſſen genügen müſſen. Durch einen ſolchen Stellvertreter kann das Gewerbe auch für Rechnung der Witwe oder minderjähriger Erben oder während der Dauer einer Kuratel oder Nachlaßregulierung betrieben werden, ſofern eine Stellvertretung überhaupt zuläſſig iſt.

Der Gewerbebetrieb im Umherziehen (Tit. III) iſt in den §§ 55—63 eingehend geregelt. Danach bedarf, wer außerhalb des Gemeindebezirks ſeines Wohnorts oder der demſelben gleichgeſtellten näheren Umgebung des Wohnorts ohne Begründung einer gewerblichen Niederlaſſung und ohne vorgängige Beſtellung in eigner Perſon 1. Waren feilbieten, 2. Warenbeſtellungen aufſuchen oder Waren bei andern Perſonen als bei Kaufleuten oder an andern Orten als in offenen Verkaufsſtellen zum Wiederverkauf ankaufen, 3. gewerbliche Leiſtungen anbieten, 4. Muſikaufführungen, Schauſtellungen, theatraliſche Vorſtellungen oder ſonſtige Luſtbarkeiten, ohne daß ein höheres Intereſſe der Kunſt oder der Wiſſenſchaft dabei obwaltet, darbieten will, ſoweit nicht nach den Beſtimmungen über das Detailreiſen eine Legitimationskarte genügt oder die beſonderen Ausnahmen des § 59 zutreffen, eines Wandergewerbeſcheins. Der Wandergewerbeſchein kann gewiſſen Perſonen (ſo den mit abſchreckenden Krankheiten behafteten und übelbeleumundeten) verſagt werden; er gilt für die Dauer eines Jahres und im allgemeinen für das ganze Reichsgebiet. Gewiſſe Waren ſind vom Gewerbebetrieb im Umherziehen ausgeſchloſſen, z. B. Gold- und Silberwaren, exploſive Stoffe, leicht entzündliche Oele, Gifte und gifthaltige Waren, ferner der Betrieb einzelner Gewerbe, z. B. die Ausübung der Heilkunde ſeitens nicht approbierter Perſonen. Ausgeſchloſſen vom Feilbieten und Aufſuchen von Beſtellungen im Umherziehen ſind ferner Druckſchriften, andre Schriften und Bildwerke, inſofern ſie in ſittlicher oder religiöſer Beziehung Aergernis zu geben geeignet ſind oder mittels Zuſicherung von Prämien oder Gewinnen vertrieben werden, oder in Lieferungen erſcheinen, wenn nicht der Geſamtpreis auf jeder einzelnen Lieferung an einer in die Augen fallenden Stelle beſtimmt verzeichnet iſt. Wer Druckſchriften u. ſ. w. im Umherziehen feilbieten will, hat ein von der zuſtändigen Verwaltungsbehörde ſeines Wohnorts genehmigtes Verzeichnis derſelben während der Ausübung des Gewerbebetriebs bei ſich zu führen und auf amtliches Erfordern vorzuzeigen; auch darf er nur die in dem genehmigten Verzeichniſſe enthaltenen Druckſchriften u. ſ. w. bei ſich führen. Beſondere Schutzvorſchriften ſind zugunſten von Kindern und andern minderjährigen Perſonen getroffen. Der Gewerbebetrieb im Umherziehen der Ausländer

ist durch Vorschriften des Bundesrats, die in mehrfacher Beziehung strenger sind als die Bestimmungen für Einheimische, besonders geregelt.

Der Besuch der Messen, Jahr- und Wochenmärkte sowie der Kauf und Verkauf auf denselben steht im allgemeinen einem jeden mit gleichen Befugnissen frei (Tit. IV). Zahl, Zeit und Dauer der Messen und Märkte wird von der zuständigen Verwaltungsbehörde festgesetzt. Darüber, welche Gegenstände solche des Wochenmarktverkehrs und solche des Jahrmarktverkehrs sind, sowie über die Erhebung von Marktgebühren und die Erlassung von Marktordnungen enthält die Gewerbeordnung nähere Vorschriften. Hinsichtlich der sogenannten Spezialmärkte bewendet es bei den bestehenden Anordnungen.

Polizeiliche Taxen (Tit. V), d. h. polizeiliche oder sonstige bezüglich ihrer Einhaltung polizeilich kontrollierte Maximalpreisfestsetzungen, sind für die unter die Gewerbeordnung fallenden Gewerbe ausgeschlossen mit einzelnen bestimmten Ausnahmen (s. Kaminfeger). Im übrigen ist die Festsetzung der Preise, die sich der Gewerbetreibende für seine Waren oder Leistungen zahlen lassen will, seinem Ermessen überlassen.

Der auf der Novelle vom 26. Juli 1897 beruhende Tit. VI bildet die Hauptquelle der Handwerkergesetzgebung (§§ 81—104n) und handelt von den Innungen, Innungsausschüssen, Handwerkskammern und Innungsverbänden. Personen, die ein Gewerbe im Sinne der Gewerbeordnung selbständig betreiben, können zur Förderung der gemeinsamen gewerblichen Interessen zu einer Innung zusammentreten. Obligatorische Aufgabe der Innungen, die Körperschaften des öffentlichen Rechts sind, ist die Pflege des Gemeingeistes sowie die Aufrechterhaltung und Stärkung der Standesehre unter den Innungsmitgliedern, die Förderung eines gedeihlichen Verhältnisses zwischen Meistern und Gesellen sowie die Fürsorge für das Herbergswesen und den Arbeitsnachweis, die nähere Regelung des Lehrlingswesens und die Fürsorge für die technische, gewerbliche und sittliche Ausbildung der Lehrlinge, soweit nicht andre gesetzliche Bestimmungen entgegenstehen, endlich die Entscheidung gewisser sich aus dem Arbeitsverhältnis ergebender Streitigkeiten zwischen den Innungsmitgliedern und ihren Lehrlingen. Daneben sind die Innungen befugt, ihre Wirksamkeit auf andre, den Innungsmitgliedern gemeinsame gewerbliche Interessen auszudehnen, z. B. Gesellen- und Meisterprüfungen zu veranstalten, Unterstützungskassen und Schiedsgerichte zu errichten. Die Angelegenheiten der Innung werden von der Innungsversammlung und dem Vorstande wahrgenommen; zur Wahrnehmung einzelner Angelegenheiten können bezw. müssen Ausschüsse gebildet werden (z. B. Gesellenausschüsse, durch welche die Gesellen an der Erfüllung der Aufgaben der Innung und ihrer Verwaltung teilnehmen). Daneben können auch sonstige Innungsorgane bestellt werden (namentlich die Innungsschiedsgerichte). Ueber die Verwaltung und Beaufsichtigung der Innungen, denen weitgehende Selbstverwaltungsrechte zustehen, sind eingehende Vorschriften gegeben. Unter bestimmten Voraussetzungen kann auf Antrag Beteiligter die zwangsweise Zusammenfassung gleicher und verwandter Handwerker von der höheren Verwaltungsbehörde verfügt werden (Zwangsinnung). Für Innungen, die derselben Aufsichtsbehörde unterstehen, kann ein gemeinsamer Innungsausschuß gebildet werden, dem die Vertretung der gemeinsamen Interessen der beteiligten Innungen obliegt und außerdem Rechte und Pflichten derselben übertragen werden können. Innungen, die nicht derselben Aufsichtsbehörde unterstehen, können zu Innungsverbänden zusammentreten. Sie haben die Aufgabe, zur Wahrnehmung der Interessen der in ihnen vertretenen Gewerbe die Innungen, Innungsausschüsse und Handwerkskammern in der Verfolgung ihrer gesetzlichen Aufgaben sowie die Behörden durch Vorschläge und Anregungen zu unterstützen; sie sind befugt, den Arbeitsnachweis zu regeln sowie Fachschulen zu errichten und zu unterstützen. Durch Beschluß des Bundesrats (unter Umständen übrigens auch auf dem Wege des Landesrechts) kann einzelnen Innungsverbänden Rechtsfähigkeit (juristische Persönlichkeit) verliehen werden. Zur Vertretung der Interessen des Handwerks ihres Bezirks sind Handwerkskammern zu errichten, in denen nur der Handwerkerstand vertreten sein soll auf der Grundlage der verschiedenen gewerblichen Vereinigungen (Innungen, Handwerkervereine, Gewerbevereine u. s. w.). Sie werden für größere Bezirke durch Verfügung der Landeszentralbehörde errichtet und sind Körperschaften des öffentlichen Rechts mit eigner Rechtspersönlichkeit. Unter gewissen Voraussetzungen dürfen die Landeszentralbehörden derjenigen Bundesstaaten, in denen andre gesetzliche Einrichtungen (Handels- und Gewerbekammern, Gewerbekammern) zur Vertretung der Interessen des Handwerks vorhanden sind, diesen Körperschaften die Wahrnehmung der Rechte und Pflichten der Handwerkskammern übertragen. Von dieser Befugnis ist im Königreich Sachsen und in den Hansestädten Gebrauch gemacht worden. Einschließlich dieser zugleich als Handwerkskammern funktionierenden Gewerbekammern gibt es im Deutschen Reich im ganzen 71 Handwerkskammern (in Preußen 33, in Bayern 8, in Württemberg und Baden je 4). Die Befugnisse und Obliegenheiten der Handwerkskammern sind teils durch die Gewerbeordnung selbst geregelt, teils ist ihre Regelung dem Statut der Kammer oder behördlichen Anordnungen vorbehalten. Als Aufgabe der Handwerkskammern ist im Gesetz insbesondere angeführt: die nähere Regelung des Lehrlingswesens und die Ueberwachung der Durchführung der für dasselbe geltenden Vorschriften; die Unterstützung der Staats- und Gemeindebehörden in der Förderung des Handwerks durch tatsächliche Mitteilungen und Erstattung von Gutachten über Fragen, welche die Verhältnisse des Handwerks berühren, die Mitwirkung bei der Abhaltung der Gesellenprüfungen durch Bestellung von Prüfungsausschüssen und von Ausschüssen zur Entscheidung über Beanstandungen von Beschlüssen dieser letzteren, die Mitwirkung bei der Veranstaltung von Meisterprüfungen. Die Handwerkskammern sind befugt, Veranstaltungen zur Förderung der gewerblichen, technischen und sittlichen Ausbildung der Meister, Gesellen (Gehilfen) und Lehrlinge zu treffen sowie Fachschulen zu errichten und zu unterstützen. Die Behörden haben die Verpflichtung, die Handwerkskammern in allen wichtigen, die Gesamtinteressen des Handwerks oder die Interessen einzelner Zweige desselben berührenden Angelegenheiten zu hören.

Tit. VII (§§ 105—139 m), Gewerbliche Arbeiter (Gesellen, Gehilfen, Lehrlinge, Betriebsbeamte, Werkmeister, Techniker, Fabrikarbeiter), enthält die wichtigen Arbeiterschutzbestimmungen. Er behandelt die Arbeitsverhältnisse im allgemeinen, die Regelung der Sonntagsarbeit und der Nachtarbeit, den Schutz der Arbeiter gegen Betriebsgefahren und Gesundheitsschädigung, Aufrechterhaltung der guten Sitten und des Anstands, Schutz der jugendlichen und weiblichen Arbeiter, die Lohnzahlung, die Arbeitsordnungen, die Aufsicht, die Verhältnisse der Lehrlinge, die Betriebsbeamten und der in offenen Verkaufsstellen beschäftigten Personen. Wegen des Inhalts dieser Bestimmungen ist in der Hauptsache auf die Art. Arbeiter, jugendliche, Arbeiter, weibliche, Arbeiterausschuß, Arbeiterschutz, Arbeitsbuch, Arbeitsordnung, Arbeitstag (Arbeitszeit), Bauarbeiter, Betriebsbeamte, Fabrikgesetzgebung, Fabrikinspektoren, Gewerbehygiene, Kinderschutz, Nachtarbeit, Sonntagsruhe, Unfallverhütung, Vertragsbruch zu verweisen. Hier ist nur noch kurz die Regelung der Lehrlingsverhältnisse (§§ 126—132a der Gewerbeordnung) und der Meistertitel (§ 133) zu berühren: die Bestimmungen über das Lehrlingswesen sind teils allgemeine, teils nur für die Handwerksbetriebe geltende besondere Vorschriften und bezwecken in erster Linie den Schutz der Lehrlinge gegen ungeeignete Behandlung und Ausbeutung und die Sicherung einer möglichst guten, sachgemäßen Ausbildung. Der Innung und namentlich der Handwerkskammer sind weitgehende Befugnisse erteilt. Den Meistertitel in Verbindung mit der Bezeichnung eines Handwerks (also z. B. die Bezeichnung Schneidermeister, Bäckermeister u. s. w.) dürfen nur Handwerker führen, die in ihrem Gewerbe die Befugnis zur Anleitung von Lehrlingen erworben und die Meisterprüfung bestanden haben. Die Meisterprüfung, die vor einer nach Anhörung der Handwerkskammer durch Verfügung der höheren Verwaltungsbehörde errichteten Prüfungskommission erfolgt, hat den Nachweis der Befähigung zur selbständigen Ausführung und Kostenberechnung der gewöhnlichen Arbeiten des Gewerbes sowie der zu dem selbständigen Betriebe desselben sonst notwendigen Kenntnisse, insbesondere auch der Buch- und Rechnungsführung, zu erbringen.

Der Tit. VIII, Gewerbliche Hilfskassen, enthält nur noch einen Paragraphen (§ 140), der von den freiwilligen Hilfskassen selbständiger Gewerbetreibender handelt (s. Hilfskassen).

Tit. IX, Statutarische Bestimmungen, zählt ebenfalls nur einen Paragraphen (§ 142), der über die Ermächtigung der Gemeinden und weiteren Kommunalverbände zur Erlassung von statutarischen Bestimmungen in den im Gesetz vorgesehenen Fällen sowie über das Verfahren bei Erlassung solcher Bestimmungen und über die Befugnis der staatlichen Behörde zur Außerkraftsetzung gesetzwidriger statutarischer Bestimmungen Vorschriften gibt.

Tit. X enthält die Strafbestimmungen, von denen die hier in Betracht kommenden unter Strafrecht behandelt sind, und Schlußbestimmungen (§§ 143—155).

Zu den einzelnen Bestimmungen der Gewerbeordnung sind zahlreiche Vollzugsvorschriften teils vom Reich, teils von den Landesregierungen ergangen, über die die unter [2] aufgeführten Kommentare und Handbücher zu vergleichen sind.

II. Oesterreich [4]. Den Mittelpunkt des österreichischen Gewerberechts bildet die Gewerbeordnung vom 20. Dezember 1859, neben welcher aber noch zahlreiche Sondergesetze und Verordnungen bestehen. Diese Gewerbeordnung beruht ähnlich der deutschen auf dem Grundsatz der beschränkten Gewerbefreiheit. Wiewohl sie von dem Prinzip persönlicher Gewerbebefugnis ausging, ließ sie doch die bestehenden Realgewerbe zu Recht und untersagte nur die Gründung neuer Realgewerbe. Die Personalgewerbe wurden in freie, einer bloßen Anmeldung bedürfende, und konzessionierte, von einer besonderen behördlichen Bewilligung abhängige, eingeteilt. Als konzessionierte Gewerbe wurden nur solche behandelt, bei denen die besondere behördliche Bewilligung durch öffentliche Rücksichten geboten erschien. Ein freies Gewerbe konnte im allgemeinen jeder anmelden, der berechtigt war, sein Vermögen selbst zu verwalten. Ein förmlicher Befähigungsnachweis war nur für die Erlangung einer Gewerbekonzession vorgeschrieben. Innungszwang war eingeführt, indem bestimmt war, daß unter denjenigen, die gleiche und verwandte Gewerbe in einer Gemeinde oder in benachbarten Gemeinden betreiben, ein gemeinschaftlicher Verband zu errichten und aufrechtzuerhalten sei [5]. Das Gesetz vom 15. März 1883 brachte zum Schutz des Kleingewerbes mehrfache Einschränkungen der Gewerbefreiheit und eine weitere Ausbildung der Zwangsinnungen. Auch die Einteilung der Gewerbe wurde insofern eine andre, als zu den „freien“ und „konzessionierten“ Gewerben noch die „handwerksmäßigen“ hinzutraten, deren Ausübung zwar ebenfalls nur an eine Anmeldung geknüpft, bei denen aber mit der Anmeldung — vorbehaltlich gewisser Ausnahmefälle — noch ein förmlicher Befähigungsnachweis über eine mehrjährige Verwendung als Lehrling und Gehilfe (ersetzbar durch ein Schulzeugnis einer entsprechenden gewerblichen Unterrichtsanstalt) erbracht werden muß. Als handwerksmäßige Gewerbe wurden durch Verordnung vom 30. Juni 1884 nicht weniger als 47 verschiedene Gewerbszweige erklärt (z. B. die Glaser, Goldarbeiter, Mechaniker und Optiker, Schlosser). Gewerbsgattungen, die nur einen Güterumsatz zum Gegenstand haben (Handelsgewerbe im engeren Sinne), fabrikmäßig betriebene Unternehmungen und die Hausindustrie sind den Vorschriften über den Befähigungsnachweis nicht unterworfen. Einer Konzession bedürfen zurzeit u. a. folgende Gewerbe: alle Gewerbe, die auf mechanischem oder chemischem Wege die Vervielfältigung von literarischen oder artistischen Erzeugnissen oder den Handel mit denselben zum Gegenstand haben (Buch-, Kupfer-, Stahl-, Holz-, Steindruckereien u. dergl., Buchhandlungen, Kunst-, Musikalienhandlungen); die Unternehmungen periodischer Personentransporte; das Schiffergewerbe auf Binnengewässern; das Baumeister-, Brunnenmeister-, Maurer-, Steinmetz- und Zimmermannsgewerbe; die Verfertigung und der Verkauf von Waffen und Munitionsgegenständen; die Ausführung von Gasrohrleitungen, Beleuchtungseinrichtungen und Wasserleitungen; das Gewerbe der Erzeugung und der Reparatur von Dampfkesseln, die gewerbsmäßig betriebenen Anlagen zum Zwecke der Erzeugung und Leitung von Elektrizität.

Die Erteilung der Konzeſſion ſteht im freien Ermeſſen der zuſtändigen Verwaltungsbehörde. Sie kann auch an Bedingungen geknüpft oder zeitlich und örtlich beſchränkt werden. Ausländer ſind gegen Nachweis der formellen Reziprozität ihres Heimatſtaates in bezug auf Antritt und Betrieb eines ſtehenden Gewerbes den Inländern gleichgeſtellt. Können ſie dieſen Nachweis nicht erbringen, ſo bedürfen ſie einer förmlichen Zulaſſung ſeitens der politiſchen Landesbehörde. Faſt in allen Handelsverträgen wird übrigens die gewerberechtliche Gleichſtellung der Angehörigen des ausländiſchen Vertragsſtaates mit den öſterreichiſchen Staatsangehörigen vereinbart. — Novellen vom 8. März 1885 und vom 23. Februar 1897 brachten neue Vorſchriften über das gewerbliche Hilfsperſonal, das Geſetz vom 16. Januar 1895 gab Beſtimmungen über die Sonn- und Feiertagsruhe im Gewerbebetrieb, das Geſetz vom 4. Juli 1896 Beſtimmungen über den Detailhandel, das vom 22. Juli 1902 ſolche über den Hauſierbetrieb und ein weiteres vom gleichen Tage ſolche zum Schutz der Hilfsarbeiter bei Bauunternehmungen. Von den neben der Gewerbeordnung und ihren Ergänzungsgeſetzen beſtehenden zahlreichen weiteren Geſetzen zur Regelung des Gewerberechts ſeien die nachſtehenden erwähnt: Geſetze vom 17. Juni 1883 und vom 27. Auguſt 1892, betreffend die Beſtellung von Gewerbeinſpektoren; Geſetz vom 26. Dezember 1893, betreffend die Regelung der konzeſſionierten Baugewerbe; Geſetz vom 27. November 1896, betreffend die Einführung von Gewerbegerichten. — Unter dem 30. Januar 1905 hat die Regierung den Entwurf zu einer weiteren Gewerbenovelle eingebracht.

III. In der **Schweiz** iſt die Gewerbegeſetzgebung im weſentlichen eine kantonale. Ein Verſuch, eine einheitliche Gewerbegeſetzgebung herbeizuführen, wurde 1893/94 gemacht, ſchlug aber fehl. Zurzeit wird vom Bundesrat aufs neue eine ſolche Einheitlichkeit angeſtrebt. Die Geſetzgebung über die gewerblichen Urheberrechte und die Befugnis, einheitliche Beſtimmungen über die Verwendung von Kindern in den Fabriken und über die Arbeitsdauer erwachſener Perſonen in ſolchen aufzuſtellen ſowie Vorſchriften zum Schutz der Arbeiter gegen einen die Geſundheit und Sicherheit gefährdenden Gewerbebetrieb zu erlaſſen, iſt ſchon jetzt verfaſſungsmäßig dem Bund vorbehalten. Auf Grund dieſer Befugnis iſt auch das Geſetz vom 23. März 1877, betreffend die Arbeit in den Fabriken (ſ. Fabrikgeſetzgebung), ergangen. Auch iſt nach Art. 31 der Bundesverfaſſung vom 29. Mai 1874 die Freiheit des Handels und der Gewerbe im ganzen Umfange der Eidgenoſſenſchaft gewährleiſtet. Durch die Handels- und Niederlaſſungsverträge ſind die Ausländer in der Ausübung von Gewerben den Schweizern im allgemeinen gleichgeſtellt.

IV. **Frankreich und England** haben keine geſetzliche Zuſammenfaſſung der Beſtimmungen zur Regelung des Gewerbeweſens, keine Gewerbeordnung. In Frankreich wurde ſchon durch Geſetz vom 2./17. März 1791 unter gleichzeitiger Aufhebung aller Zünfte die volle Gewerbefreiheit eingeführt. Der ſelbſtändige Gewerbebetrieb war mit ganz wenig Ausnahmen und vorbehaltlich geſundheitspolizeilicher Betriebseinſchränkungen lediglich von der vorherigen Löſung eines Gewerbeſcheins (patente) abhängig gemacht, der niemand verſagt wurde, der die dafür beſtimmte Steuer bezahlte. Unter Napoleon I. erlitt die Gewerbefreiheit in mehreren Beziehungen Einſchränkungen, die aber unter Napoleon III. zum Teil wieder in Wegfall kamen. Beſondere Beſchränkungen beſtehen zurzeit nur noch in verhältnismäßig wenigen Beziehungen, ſo abgeſehen von den Arbeiter- und Patentſchutzbeſtimmungen und der Regelung des Lehrlingsweſens bezüglich der läſtigen Anlagen und der Anlagen von Dampfkeſſeln, der Fabrikation von Dynamit, von Medaillen und Spielmarken ſowie des Metallgehalts der Gold- und Silberwaren. Auch beſteht ein Pulver-, Tabak- und Streichhölzermonopol. — In England hat ſich die Gewerbefreiheit im 18. und 19. Jahrhundert Bahn gebrochen. Heute beſteht ſie mit gewiſſen Beſchränkungen (Arbeiterſchutz, läſtige und geſundheitsgefährliche Anlagen, elektriſche Anlagen, chemiſche Fabriken, Sonntagsruhe, Urheberſchutz).

V. In den **Vereinigten Staaten von Nordamerika** wurde die Gewerbefreiheit ſchon durch die Deklaration der Menſchenrechte vom 4. Juli 1776 eingeführt.

Auch in der großen Mehrzahl der andern Kulturſtaaten iſt die Gewerbefreiheit in größerem oder geringerem Umfang durchgedrungen.

Literatur: [1] Schönberg, Handbuch der politiſchen Oekonomie, 4. Aufl., 2. Bd., 1. Halbbd., Abhandlung XXI, S. 481 ff., Tübingen 1896; Neukamp, Artikel „Gewerbegeſetzgebung" im Wörterbuch der Volkswirtſchaft, herausgegeben von Elſter, Bd. 1, S. 870 ff., Jena 1898; Meyer, G., Löning u. a., Artikel „Gewerbegeſetzgebung" im Handwörterbuch der Staatswiſſenſchaften, herausg. von Conrad, Elſter, Lexis u. Löning, Bd. 3, S. 959 ff., Jena 1892, 1. Supplementbd. 1895, S. 371 ff., 2. Supplementbd. 1897, S. 361 ff., alle drei mit zahlreicher weiterer Literaturangabe. — [2] Kommentare, ſyſtematiſche Handbücher: hier ſeien nachſtehende genannt (berückſichtigen zum Teil außer den reichsrechtlichen Ausführungsbeſtimmungen und den Vollzugsvorſchriften des Landes, bei dem ſie hier aufgeführt ſind, auch diejenigen der andern deutſchen Staaten in mehr oder minder weitgehendem Maße): Berger-Wilhelmi-Spangenberg, Gewerbeordnung für das Deutſche Reich, 16. Aufl., Berlin 1902; Neukamp, Die Gewerbeordnung für das Deutſche Reich in ihrer neueſten Geſtalt nebſt Ausführungsvorſchriften und dem Geſetz betreffend Kinderarbeit in gewerblichen Betrieben, 7. Aufl., Leipzig 1906; Nelken, Die deutſchen Handwerker- und Arbeiterſchutzgeſetze (Tit. VI und VII der Gewerbeordnung in der Faſſung der Bekanntmachung vom 26. Juli 1900, Reichsgeſetzbl. S. 871) nebſt den reichsrechtlichen Ausführungsbeſtimmungen. Für Preußen: Hoffmann, Die Gewerbeordnung mit den geſamten Ausführungsbeſtimmungen für das Deutſche Reich und Preußen, 5. Aufl., Berlin 1906; Marcinowski, Die deutſche Gewerbeordnung für die Praxis in der preuß. Monarchie, mit Kommentar, 6. Aufl., Berlin 1898; Nelken, Das Gewerberecht in Preußen, Bd. 1, Berlin 1906; Rohrſcheidt, Die Gewerbeordnung für das Deutſche Reich für den Gebrauch in Preußen, Leipzig 1901. Für Bayern: Landmann-Rohmer, Kommentar zur Gewerbeordnung für das Deutſche Reich, 4. Aufl., München 1903; Reger (Stöhſel), Handausgabe der Gewerbeordnung für das Deutſche Reich mit dem Reichsgeſetz vom 30. März

1903, betreffend Kinderarbeit in gewerblichen Betrieben (Kinderſchutzgeſetz), 4. Aufl., Bd. 1, Ansbach 1905. Für Sachſen: Bernewitz, Kommentar zur Gewerbeordnung, 7. Aufl., Leipzig 1901. Für Württemberg: v. Schicker, Die Gewerbeordnung für das Deutſche Reich, mit Erläuterungen und Ausführungsvorſchriften, 4. Aufl., Stuttgart 1901 (auch beſondere Ausgabe für Württemberg). Für Baden: Schenkel, Die deutſche Gewerbeordnung, erläutert, 2. Aufl., Karlsruhe 1892 und 1894; Reiß, Reichsgewerbeordnung mit den wichtigſten Ausführungsbeſtimmungen für das Deutſche Reich und das Großherzogtum Baden nebſt Kinderſchutzgeſetz vom 30. März 1903, Karlsruhe 1905. Für die gewerberechtlichen Verhältniſſe in Elſaß-Lothringen: Coermann, Die Gewerbegeſetzgebung in Elſaß-Lothringen; eine Zuſammenſtellung aller im Reichslande geltenden gewerberechtlichen Beſtimmungen einſchließlich der Ausführungs- und Vollzugsvorſchriften, Metz 1905. — [3] Ueber den Begriff des „Gewerbes", der hier nicht näher erörtert werden kann, ſ. insbeſondere Schönberg a. a. O., auch die unter [2] aufgeführten Kommentare. — [4] Kuliſch, Syſtem des öſterreich. Gewerberechts, Bd. 1, Innsbruck 1905, mit weiterer Literatur; Heilinger, Oeſterreichiſches Gewerberecht, Kommentar der Gewerbeordnung, Wien 1898 ff. — [5] Kuliſch, a. a. O., S. 68 ff. — Sammlungen und Zeitſchriften: Gewerbearchiv für das Deutſche Reich, herausgegeben von v. Rohrſcheidt, Berlin; Entſcheidungen der Gerichte und Verwaltungsbehörden aus dem Gebiete des Verwaltungs- und Polizeiſtrafrechts, herausgegeben von Reger, München; Gewerbeblatt aus Württemberg, herausgegeben von der Kgl. Zentralſtelle für Gewerbe und Handel (in den Jahrg. 1905 und 1906 überſichtliche und gut orientierende Darſtellung der neuen Aenderungen der Gewerbeordnung). *Köhler.*

Gewerbeſchule, Unterrichtsanſtalt, die der gewerbetreibenden Jugend die geeigneten Kenntniſſe ſowie die Vorbildung zur Ausübung ihres Faches bieten ſoll. Der Vielſeitigkeit der gewerblichen Entwicklung entſprechen die verſchiedenartigſten Schulen: Handwerker-, Feiertags-, Sonntagsſchulen für ſolche, die als Lehrlinge oder Geſellen im Gewerbe tätig ſind. Die Baugewerbe-, Maſchinenbauer-, Uhrmacher-, Holzſchnitzerſchulen u. ſ. w. ſind zu intenſivem Fachunterricht errichtet, während die Kunſtgewerbeſchulen, Polytechniken, zu einer höheren Ausbildung der Fachleute führen.

Je nach den Zielen und Methoden werden die Gebäude außer den Lehr- und Zeichenzimmern, welch letztere nach Norden liegen ſollten, Werkſtätten verſchiedener Art, Laboratorien für Chemie und Phyſik, Sammlungen von Modellen u. ſ. w. aufzunehmen haben. Hierzu kommt ein größerer Saal für feierliche Akte, Preisverteilung und Ausſtellung der Arbeiten, ſowie etwa Wohnung des Direktors und für einen Diener. In manchen Anſtalten erhalten die auswärtigen Schüler Wohnung im Hauſe, ſo daß noch Lern- und Schlafzimmer und etwa ein Speiſeſaal mit Küchenabteilung zu beſchaffen ſind, eine Art Kaſernierung, die in einigen Baugewerbeſchulen Norddeutſchlands ſich bewährt hat. Ueber *Einrichtung der Schulräume* ſ. Schule.

Literatur: [1] Baukunde des Architekten, Bd. 2, Berlin 1886. — [2] Handbuch der Architektur, Darmſtadt 1889, 4. Teil, 6. Halbbd., Niedere und hohe Schulen. — [3] Klaſen, L., Grundrißvorbilder, Leipzig 1884, Abt. 3, Gebäude für Erziehung und Unterricht. *Weinbrenner.*

Gewerk, 1. ſämtliche Meiſter eines Ortes, die dasſelbe Handwerk betreiben, wie Maurer-, Zimmergewerk; 2. Teilhaber an einem Bergbaubetrieb. Eine Vereinigung mehrerer Beteiligten zu einer Betriebsgeſellſchaft heißt Gewerkſchaft (vgl. Bergrecht).

Gewicht, ein Druck oder Zug in Richtung der Schwerkraft.

Die Internationale Generalkonferenz für Maß und Gewicht in Ausübung der ihr durch die Meterkonvention vom 20. Mai 1875 zugewieſenen Fürſorge für die Verbreitung und Vervollkommnung des metriſchen Syſtems hat in der im Oktober 1901 zu Paris abgehaltenen Verſammlung folgende Begriffsbeſtimmung für Gewicht angenommen: „Der Ausdruck Gewicht bezeichnet eine Größe gleicher Art wie eine Kraft; das Gewicht eines Körpers iſt das Produkt der Maſſe dieſes Körpers mit der Beſchleunigung der Schwere."

Die Beſchleunigung der Schwere, d. h. die Geſamtwirkung der Schwerkraft und Schwungkraft der bewegten Erde im leeren Raume, iſt keine unveränderliche Größe, denn ihre Intenſität ändert ſich ſowohl mit der geographiſchen Lage des Beobachtungsortes, mit ſeiner Höhe über dem Meeresſpiegel und der geologiſchen Beſchaffenheit ſeiner Umgebung als auch, allerdings nur in geringerem Grade, mit den verſchiedenen Stellungen der Himmelskörper. So iſt z. B. das Gewicht derſelben Maſſe unter ſonſt gleichen Umſtänden in Petersburg um etwas mehr als $^1/_{19}$ % größer als in Madrid. Um demnach den Begriff des Gewichtes eindeutig zu beſtimmen, iſt ferner feſtgeſetzt: „insbeſondere das normale Gewicht eines Körpers iſt das Produkt der Maſſe dieſes Körpers mit der normalen Beſchleunigung der Schwere."

Der im internationalen Maß- und Gewichtsdienſte für den Wert der normalen Beſchleunigung der Schwere angenommene Wert iſt 980,6 cm/sec². „

Das Kilogramm, nach der bisherigen Geſetzgebung die Einheit des Gewichtes, hat die Begriffsbeſtimmung erhalten: „Das Kilogramm iſt die Einheit der Maſſe; es iſt gleich der Maſſe des internationalen Kilogrammprototypes" (ſ. Kilogramm). Dieſe drei Begriffsbeſtimmungen ſind in die Geſetze verſchiedener Länder, ſo z. B. Oeſterreichs, übergegangen. *Plato.*

Gewicht, theoretiſches, einer eiſernen Brücke oder ſonſtigen Brückenkonſtruktion, ſ. Eigengewicht.

Gewichte, Gewichtsſtücke, -ſteine ſind Maſſen; als ihre Einheit gilt im metriſchen Syſtem die Maſſe des internationalen Kilogrammprototyps (ſ. Gewicht).

Bei Gewichtsvergleichungen kommt die Veränderlichkeit der Intenſität der Schwere nicht in Betracht. Wenn Gewichtsſtücke aus Platin auf der Wage gegeneinander abgewogen werden, ſo erhält man unter der Vorausſetzung, daß ihre Schwerpunkte in gleicher Höhe ſich befinden, die gleiche Differenz in Hamburg wie in Rom, auf der Meeresfläche wie auf dem Montblanc, weil die oben bei Gewicht erwähnten Einflüſſe auf beide Gewichte in ganz gleicher Weiſe einwirken. Dagegen ſpielen bei Gewichtsvergleichungen die meteorologiſchen Verhältniſſe, alſo die Aenderungen des umgebenden Mediums, eine bedeutende Rolle. Wie im Waſſer, ſo erleiden auch in der Luft alle Körper einen Auftrieb; ſie werden leichter, und zwar unter mittleren Verhältniſſen für jeden Kubikzentimeter ihres Volumens um 1,21 mg, weil 1 l Luft 1,21 g wiegt. Daher kommt es, daß derſelbe Gegenſtand, mit einem Platinkilogramm gewogen, um rund 410 mg ſchwerer erſcheint, als wenn er mit einem Aluminiumkilogramm verglichen wird. Die Größe des Auftriebes iſt abhängig von der Dichte der Luft; ſie iſt eine andre in Berlin mit 38 m Meereshöhe wie in München bei 519 m Meereshöhe, eine andre bei hohem und bei niedrigem Barometerſtand u. ſ. w. Es iſt klar, daß dieſe Störungen zuvor ausgeſchieden werden müſſen, wenn Wägungen und Gewichtsbeſtimmungen untereinander vergleichbar werden ſollen, daß alſo die Wägungen auf den leeren Raum reduziert werden müſſen, wie ja auch die Definition der Gewichtseinheit für die Luftleere gilt.

Als Material für die Gewichtsſtücke wird in der Praxis für die ſchwereren Stücke Eiſen, für die kleineren Meſſing angewendet. Beide Metalle haben den Vorzug der Billigkeit für ſich, aber den Nachteil der Veränderlichkeit. Werden die Gewichtsſtücke nicht gebraucht, ſo werden ſie infolge innerer Oxydation ſchwerer, während ſie ſich beim Gebrauch ſchnell abnutzen. Für feinere Gewichtsſätze, z. B. Apothekergewichte, ſind daher bis zu 1 g herunter ſtark vergoldete Meſſinggewichte eingeführt, bei denen anſcheinend der Ueberzug aus Edelmetall einen ziemlich weitgehenden Schutz gegen die ſchädlichen Einflüſſe der Atmoſphärilien gewährt. In chemiſchen Laboratorien, wo die Luft mit Säuredämpfen geſchwängert iſt, zieht man den ganz unveränderlichen Bergkriſtall vor, während das Gewichtsprototyp zu 1 kg aus Platiniridium hergeſtellt iſt. Gewichte unter 1 g bis zu 10 mg werden aus Neuſilber, in feineren Gewichtsſätzen aus Platin, Gewichte unter 10 mg aus Aluminium angefertigt. *Plato.*

Gewichte von Beobachtungsergebniſſen und der aus dieſen berechneten Größen, ſ. Fehlertheorie.

Gewichtsbremſen, ſ. Bremſen, Bd. 2, S. 264.

Gewichtsfortpflanzung, ſ. Fehlertheorie.

Gewichtsgleichungen, ſ. Methode der kleinſten Quadrate.

Gewichtskapazität, ſ. Spezifiſche Wärme.

Gewinde, die auf dem äußeren Mantel eines Zylinders (ſelten eines Kegels) bezw. dem inneren Mantel eines Hohlzylinders (ſelten eines Hohlkegels) ſchraubenlinig umlaufenden vorragenden Windungskörper.

Je nach der Richtung der Windung werden rechts- und linksgängige Gewinde unterſchieden; rechtsgängiges Gewinde ſchraubt man vor ſich mit Rechtsdrehung, im Sinne der Uhrzeigerbewegung, feſt. Die gebräuchlichen Gewinde ſind rechtsgängige; linksgängige werden nur zu beſonderen Zwecken hergeſtellt. Beſteht das Gewinde aus einem gewundenen Körper, ſo heißt es eingängig; beſteht dasſelbe aus zwei Körpern, die zwei parallelen Schraubenlinien entſprechend verlaufen, ſo heißt es zwei- oder doppelgängig; ebenſo gibt es drei- und mehrgängige Gewinde. Der Winkel, welcher der Entſtehung der ſchraubenlinigen Windung zugrunde liegt, heißt der Steigungswinkel. Die parallel zur Zylinderachſe gemeſſene Entfernung je zweier Windungen heißt Ganghöhe *s*. Der Abſtand vom Kopf zur Baſis des Profils des Windungskörpers heißt Gangtiefe *t*.

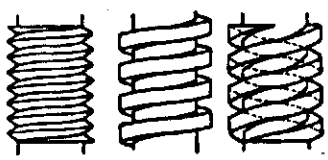


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 2a.

Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Je nach der Profilform des Windungskörpers werden unterſchieden: ſcharfgängiges Gewinde mit dreieckigem Profil, Fig. 1; flachgängiges Gewinde mit rechteckigem Profil, Fig. 2; ein zwei- oder doppelgängiges Flachgewinde zeigt Fig. 2a; trapezförmiges Gewinde, auch halbiertes Gewinde genannt, mit trapezförmigem Profil, Fig. 3, oder in abgeänderter Form mit Abrundungen nach Fig. 4; rundes Gewinde nach Fig. 5.

Scharfgängiges Gewinde wird faſt ausſchließlich bei Befeſtigungsſchrauben (ſ. Schraube) verwendet, flachgängiges, trapezförmiges und rundes Gewinde der geringeren Reibung wegen bei Bewegungsſchrauben (ſ. Schraube), wobei an trapezförmigen Gewinden der Druck nur in einer Achſenrichtung auf den mit ſolchem Gewinde verſehenen Kern wirken darf. Das quadratiſche Gewinde (Fig. 6) iſt ein flachgängiges, deſſen Ganghöhe $s = 0{,}17 \cdot d + 2$ mm gemacht werden kann und deſſen Gangtiefe $t = 0{,}5 \cdot s$ iſt, wobei im Mittel $d_1 = 0{,}8 \cdot d$ wird. Das trapezförmige Gewinde, Trapezgewinde, Fig. 3 bezw. 4, eignet ſich wegen ſeiner geringen Ganghöhe und wegen der für einſeitige Kraftrichtung ſtarken Zahnform mit etwa 45° Neigung der Rückenflanke für Preßſpindeln mit hoher Ueberſetzung. Das runde Gewinde (Fig. 5) iſt, weil ſcharfe Kanten fehlen, weniger der Abnutzung unterworfen, z. B. durch Dampf an Schieber- und Ventilſpindeln oder durch Staub an Eiſenbahnwagenkupplungen. Während

bei diesen Gewindeformen die Abmessung des Profils im Ermessen des einzelnen liegt, kommen bei dem scharfgängigen Gewinde folgende **Gewindesysteme** in Betracht:

Whitworthsches Gewinde (englisch), Fig. 7; demselben liegt als Profil ein gleichschenkliges Dreieck mit einem Kantenwinkel von 55° zugrunde; die Spitze ist um $^1/_6$ der Höhe des Dreiecks abgerundet, der Grund des Gewindes hat eine Ausrundung von gleicher Größe. Hierbei ist der Halbmesser der Abrundung $r = 0{,}13733 \cdot s$, unter s die Steigung des Gewindes verstanden.

Sellerssches Gewinde (amerikanisch), Fig. 8; demselben liegt als Profil ein gleichseitiges Dreieck (Kantenwinkel 60°) zugrunde mit Abflachung der Spitze wie des Grundes je um $^1/_8$ der Dreieckhöhe.

S. J.-Gewinde (System International), Fig. 9; im Oktober 1898 in Zürich [1] von deutschen, schweizerischen, französischen und belgischen Ingenieuren vereinbart. Dem Gewindequerschnitt liegt als Profil ein gleichseitiges Dreieck (Kantenwinkel 60°) zugrunde mit Abflachung an der Spitze um $^1/_8$ und Ausrundung am Grunde um $^1/_{16}$ der Dreieckhöhe, so daß die wirkliche Gangtiefe einschließlich des Spielraums $^{13}/_{16}$ der Dreieckhöhe beträgt. — Ueber Abmessungen normaler Gewinde s. Tabellen unter **Schraube**.

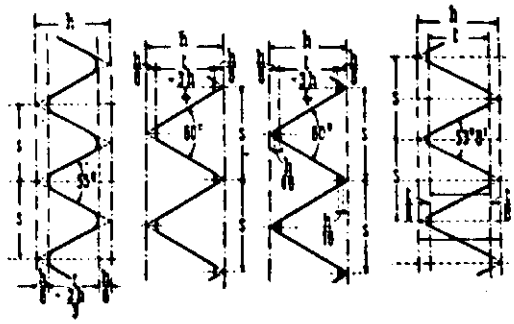


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

Feingewinde mit geringer Ganghöhe und Gangtiefe zur geringeren Schwächung des Materials. Für Mutterschrauben mit Feingewinde wird im Taschenbuch der „Hütte" empfohlen:

bei äußerem Durchmesser d:	2	$2^1/_4$—3	$3^1/_4$—$3^3/_4$	4—$4^1/_2$	$4^3/_4$—$5^1/_4$	$5^1/_2$—8	über 8″ engl.
Gänge auf 1 Zoll engl.:	7	6	5	$4^1/_2$	4	$3^1/_2$	3

Gasgewinde, Gasrohrgewinde, vorgeschlagen vom Verein deutscher Ingenieure, vom Verein deutscher Gas- und Wasserfachmänner, vom Verein deutscher Zentralheizungsindustrieller und vom Verbande deutscher Röhrenwerke, 1903.

Lichter Rohrdurchmesser D		Äußerer Gewindedurchmesser d	Kerndurchmesser d_1	Anzahl der Gänge auf 1″ engl.	Lichter Rohrdurchmesser D		Äußerer Gewindedurchmesser d	Kerndurchmesser d_1	Anzahl der Gänge auf 1″ engl.
engl. Z.	mm	mm	mm		engl. Z.	mm	mm	mm	
$^1/_4$	6,35	13	11,3	19	$1^1/_2$	38,10	48	45	11
$^3/_8$	9,52	16,5	14,8	19	$1^3/_4$	44,45	52	49	11
$^1/_2$	12,70	20,5	18,2	14	2	50,80	59,70	56	11
$^5/_8$	15,87	23	20,7	14	$2^1/_2$	63,50	76	73	11
$^3/_4$	19,05	26,5	24,2	14	3	76,20	89	86	11
1	25,40	33	30	11	$3^1/_2$	88,90	101,5	98,5	11
$1^1/_4$	31,75	42	39	11	4	101,60	114	111	11

Das äußere Maß des Gewindes entspricht dem äußeren Durchmesser des Rohres. Die Form des Gewindes ist die von Whitworth angegebene mit einem Winkel von 55° und abgerundeten Spitzen.

Das metrische Gewinde für Feinmechanik und Elektrotechnik, **Löwenherzgewinde** (Fig. 10), hat 53°8′ Spitzenwinkel, weil $s = h$ ist, und Abflachung an der Spitze und am Grunde um $^1/_8$ der Dreieckhöhe, so daß die Gangtiefe $t = \frac{3h}{4}$ ist.

Äußerer Gewindedurchmesser	1	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6	3	3,5 mm
Kerndurchmesser	0,625	0,825	0,95	1,175	1,4	1,7	1,925	2,25	2,6 „
Steigung s	0,25	0,25	0,3	0,35	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6 „
Gangtiefe t	0,187	0,187	0,225	0,262	0,3	0,3	0,337	0,375	0,45 „

Äußerer Gewindedurchmesser	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10 mm
Kerndurchmesser	2,95	3,375	3,8	4,15	4,5	5,35	6,2	7,05	7,9 „
Steigung s	0,7	0,75	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4 „
Gangtiefe t	0,525	0,562	0,6	0,675	0,75	0,825	0,9	0,975	1,05 „

Für **Uhrmachergewinde** wird die Herstellung nach einheitlichen Gesetzen seit 1878 angestrebt, da infolge der großen Zahl der verschiedenen Gewindesysteme die Einführung eines Normalgewindes zu einem dringenden Bedürfnis wurde. Da die Anwendung des metrischen Maßes an Stelle der bis dahin in der Schweiz, Frankreich und Deutschland üblichen Linien und Zwölftellinien sich allmählich einbürgerte, lag es nahe, das neu zu schaffende Gewindesystem auf metrischen Maßen zu begründen.

Das auf Grund der Gewinde von **Latard** und **Bourgeaux** und andrer minder wichtiger Systeme aufgestellte **Schweizer Normalgewinde** ist nach der Formel $D = 6 \cdot P^{5/n}$, worin $P = 0{,}9^n$ ist, entwickelt; n ist die Nummer des Gewindes. In England hat **Whitworth** 1881 ein System ausgebildet, bei dem der äußere Durchmesser, in Tausendsteln englischer Zolle angegeben, die Nummer des Gewindes angibt.

Schweizer Normalgewinde in Millimetern:

	Nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Steigung		1	0,9	0,81	0,729	0,656	0,590	0,531	0,478	0,430	mm
Aeußerer Durchmeſſer		6	5,29	4,66	4,11	3,62	3,19	2,81	2,48	2,18	„

	Nr.	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Steigung		0,387	0,349	0,314	0,282	0,254	0,229	0,206	0,185	0,167	mm
Aeußerer Durchmeſſer		1,92	1,64	1,49	1,32	1,16	1,02	0,901	0,794	0,699	„

	Nr.	18	19	20	21	22	23	24	25	
Steigung		0,150	0,135	0,122	0,109	0,099	0,089	0,080	0,072	mm
Aeußerer Durchmeſſer		0,616	0,543	0,479	0,426	0,372	0,328	0,289	0,254	„

Syſtem Whitworth.

	Nr.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Steigung	mm	0,102	0,102	0,102	0,102	0,102	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,141
Aeußerer Durchmeſſer	mm	0,254	0,280	0,305	0,330	0,355	0,382	0,406	0,432	0,458	0,483	0,509
Aeußerer Durchm. engl.	Zoll	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019	0,020
Zahl der Gänge auf 1″	engl.	250	250	250	250	250	210	210	210	210	210	180

	Nr.	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	45
Steigung	mm	0,141	0,141	0,170	0,170	0,170	0,212	0,212	0,212	0,212	0,254	0,254
Aeußerer Durchmeſſer	mm	0,560	0,610	0,660	0,710	0,762	0,814	0,864	0,915	0,967	1,020	1,14
Aeußerer Durchm. engl.	Zoll	0,022	0,024	0,026	0,028	0,030	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040	0,045
Zahl der Gänge auf 1″	engl.	180	180	150	150	150	120	120	120	120	100	100

	Nr.	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Steigung	mm	0,254	0,254	0,317	0,317	0,317	0,317	0,423	0,423	0,423	0,423	0,501
Aeußerer Durchmeſſer	mm	1,27	1,40	1,53	1,65	1,78	1,91	2,03	2,15	2,29	2,41	2,54
Aeußerer Durchm. engl.	Zoll	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095	0,100
Zahl der Gänge auf 1″	engl.	100	100	80	80	80	80	60	60	60	60	50

Literatur: [1] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1893, S. 515, 1324, 1440; 1898, S. 483; Zeitſchr. für Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge 1897/98, Heft 12, 13. *Dalchow.*

Gewindebacke, Gewindeſchneidbacke, ſ. Gewindeſchneidwerkzeuge.

Gewindebohrer, ſ. Gewindeſchneidwerkzeuge.

Gewindedrückmaſchine, ſ. Gewindeherſtellung.

Gewindefräsmaſchine, ſ. Gewindeherſtellung.

Gewindeherſtellung erfolgt entſprechend dem Material und dem Verwendungszwecke durch Gießen, Löten, Walzen, Schmieden, Preſſen, Drücken, Biegen, Schleifen, Fräſen und Schneiden. Hauptſächlich findet die Gewindeherſtellung bei der Schraubenfabrikation (ſ. d.) Anwendung und geſchieht auf der Drehbank oder Spezialmaſchine oder mittels des Gewindebohrers (ſ. d.) bezw. eines Gewindeſchneidwerkzeuges (ſ. d.). Die Herſtellung von Gewinden auf längeren ſtab-, rohr- oder hülſenförmigen Körpern von Metall findet auch durch Löten, Drücken, Biegen, Fräſen und Schneiden ſtatt.

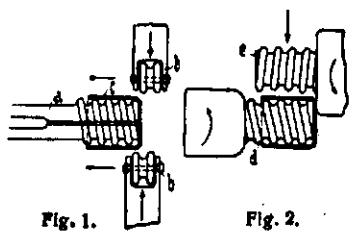


Fig. 1. Fig. 2.

Beim Biegen und Drücken entſteht die Gewindeform ohne Zugabe oder Abnahme von Material. Mittels Biegung von Draht oder dergl. erfolgt in einfacher Art die Herſtellung von Drillbohrern ſowie Korkziehern. Für die erſten wird glühender Stahldraht von rechteckigem Querſchnitt mit Zangen um ſeine Achſe gewunden, bis er auf ſeine ganze Länge gleichmäßige ſteile Schraubenwindungen bildet. Die Oberfläche wird durch Abſchmirgeln geglättet. Kleine Korkzieher werden aus ſchraubenförmig gewundenem Draht, oft Runddraht, hergeſtellt, wobei der Draht in den vertieften Schraubengang einer Spindel gewunden wird.

Viele Gebrauchsgegenſtände aus dünnem Blech, wie Lampenbrennerteile, Kapſeln, Doſendeckel u. ſ. w., erhalten ihr Gewinde durch Drücken (ſ. d., Bd. 3, S. 147), wobei ein Fluß des Materials ſtattfindet. Für einzelne Gegenſtände wird ein ſtumpfer Drückſtahl mit einem oder mehreren kammartig angeordneten Zähnen, oder eine Rolle *b*, Fig. 1, oder eine Walze *e* mit entſprechenden Gewindegängen, Fig. 2, angewendet, mit der der Arbeiter das Gewinde unter ſeitlichem Vorſchieben des Stahles bezw. der Rolle oder Walze von Hand oder ſelbſttätig in den auf oder in einem geeigneten Drehbankfutter geſchobenen Blechzylinder eindrückt. Bei Maſſenerzeugung wird auch mit der Spindel einer Drehbank eine Gewindeleitpatrone (ſ. d.) vereinigt, auf welche die Metallhülſe aufgeſchoben wird. Wird der Support, der eine Gegenpatrone trägt, der ſich drehenden Spindel genähert, ſo wird zwiſchen den Gewindegängen der beiden ſich übereinander ſchraubenden Patronen in die Metallhülſe das Gewinde eingedrückt. Gewindedrückmaſchinen für Handbetrieb, gewöhnlich Nudelmaſchinen genannt, zeigt der Katalog von Reiß & Martin, Berlin, worauf wir verweiſen; vgl. a. D.R.P. Nr. 110981.

Gelötete Gewinde, auch geſchweißte, werden auf Rohren durch Aufbringen des Gewindes hergeſtellt, indem ein entſprechend ſchraubenförmig um das Rohr gewundener Draht von der Stärke des Gewindes unter Zwiſchenfügung von Lötdraht unter Erhitzen aufgelötet

oder durch Hindurchwinden durch mit entſprechendem Muttergewinde verſehene Backen aufgeſchweißt wird.

Das Schneiden und Fräſen von Gewinden findet auf Drehbänken oder Spezialbänken ſtatt, wenn nicht, wie beim Schneiden, beſondere Werkzeuge verwendet werden, wie Gewindeſchneideiſen und Gewindebohrer (ſ. Gewindeſchneidwerkzeuge), mit deren Hilfe das Gewinde von Hand oder auf der Drehbank geſchnitten werden kann. Wie bei allen Trennungsarbeiten wird ein ſtählernes Schneidwerkzeug, ein Schneidſtahl, Stichel, von Hand oder durch Maſchine geführt. Zwiſchen Arbeitsſtück und Werkzeug iſt eine doppelte Bewegung erforderlich: eine Drehung um die Schraubenachſe und ein gleichzeitiger ununterbrochener Vorſchub in Richtung der Achſe. Durch das Verhältnis zwiſchen den Geſchwindigkeiten dieſer beiden Bewegungen wird die Ganghöhe, die Steigung des Gewindes (ſ. d.) bedingt. Das Profil der Schneide entſpricht gewöhnlich der Form eines Gewindeganges; es iſt für ſcharfgängiges Gewinde ſpitz, aus zwei unter einem beſtimmten Winkel zuſammenlaufenden Schneidkanten, für flaches Gewinde rechtwinklig, aus drei unter rechten Winkeln zuſammentretenden Schneidkanten gebildet. Das Gewinde wird meiſt nicht durch die Abnahme eines einzigen Spanes auf ſeine ganze Tiefe geſchnitten, ſondern durch Lostrennen mehrerer ſchwacher Späne nacheinander bis auf die erforderliche Gangtiefe gebildet. Zu dieſem Zwecke wird entweder das Werkzeug, ein Gewindeſtahl oder ein Gewindeſträhler, nach beendigtem einmaligen Durchgange um die Stärke eines Spanes gegen die Achſe des Arbeitsſtückes vorgeſchoben und zu einem zweiten Schnitte durchgeführt u. ſ. w. bis zur Herſtellung der erforderlichen Gangtiefe, oder das Werkzeug wird mit mehreren nacheinander zur Wirkung gelangenden Schneiden verſehen, von denen jede folgende um das Maß einer Spanſtärke weiter vorſteht als die vorausgegangene, ſo daß bei einmaligem Durchgange unmittelbar ein Span nach dem andern losgetrennt wird. Die aufeinander folgenden Schneiden müſſen hierbei um das Maß der Ganghöhe voneinander entfernt ſein, wie bei Gewindebohrern, Gewindeſchneidkluppen, Gewindeſchneideiſen u. ſ. w. (ſ. Gewindeſchneidwerkzeuge). Bei der Herſtellung der Gewinde auf der Drehbank mittels des Einzahnſtichels iſt mit Verwendung eines Stahles nach Fig. 3 der Uebelſtand verbunden, daß die Spitze die meiſte Schneidarbeit verrichten muß und daß daher ein häufiges Schärfen des Stahles notwendig wird, wodurch wiederum leicht das genaue Gewindeprofil verloren geht.

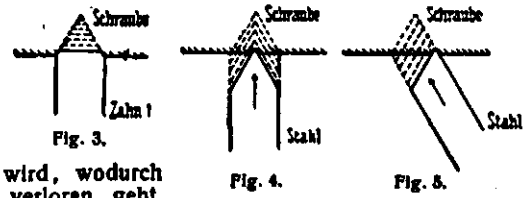


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Dies kann teilweiſe vermieden werden durch Ausbildung und Vorſchub des Stahles nach Fig. 4, wobei die vordere Schneidkante in das Material vordringt. Hierbei wird der weitere Vorteil erreicht, daß nur eine Schneidkante nachzuſchleifen iſt. Einen für alle Schnitte gleichmäßigen Vorſchub unter größter Schonung der ſchneidenden Spitze ermöglicht die Anordnung nach Fig. 5. Das Gewinde wird mit einem Vielzahnſtichel erzeugt, wobei zuerſt der breiteſte Zahn arbeitet und zuletzt der mit dem vollen Profil. Die Rivett-Dock-Company, Brighton, Maſſ., Ver. Staaten von Amerika, ſtellt hierzu ein Werkzeug her, vgl. D.R.P. 122968 und 138486.

Das Schneiden von Gewinden findet ſtatt auf Gewindedrehbänken, Leitſpindeldrehbänken, mittels der Gewindeleitpatrone (ſ. d.) auf Patronendrehbänken und auf Schraubenſchneidmaſchinen zur Schraubenfabrikation (ſ. d.)

Das Fräſen von Gewinden auf Gewindefräsmaſchinen oder -vorrichtungen findet hauptſächlich für flachgängiges Gewinde und für genaue und größere Spindeln immer weitere Verbreitung gegenüber der Herſtellung auf der Gewindedrehbank. Bei der Gewindefräsmaſchine von Collet & Engelhard in Offenbach a. M. erfolgt der Antrieb aller bewegten Teile wie Fräſer, Leitſpindel, Schlitten und Werkſtück von einer gemeinſamen Welle aus. Es entfällt dadurch auf das Werkſtück die Vorſchubbewegung in axialer Richtung und die Drehung zur Erzeugung der Gewindeſteigung; auf das Werkzeug die Schnittbewegung, Anſtellung und die Einſtellung auf den Steigungswinkel. Die Antriebsſtufenſcheibe befindet ſich auf der Rückſeite der Maſchine. Der Fräskopf mit der Fräſſpindel iſt an einer Drehplatte des Fräſſchlittens befeſtigt. Mittels eines oberen Handrades wird die Drehplatte mit dem Fräskopf zum Einſtellen des Fräſers in die Schräglage des Steigungswinkels der zu ſchneidenden Schraube gedreht.

Ernſt Lange in Cronenberg (Rheinland) gibt zur Erzeugung von Gewinden auf metallenen Bolzen einen Walzenfräſer von einer Breite gleich der anzuſchneidenden Gewindelänge an, der das zu ſchneidende Gewinde auf ſeinem Umfange trägt und durch ſchräg zur Längsachſe des Fräſers verlaufende Quernuten in eine große Anzahl Zähne zerlegt wird, D.R.P. Nr. 148968. Ludwig Loewe & Co., A.-G., Berlin, wendet bei einer Gewindefräsvorrichtung ein neues Verfahren zur Gewindeherſtellung mittels Fräſers an, deſſen Zähne in Gewindegängen angeordnet ſind, D.R.P. Nr. 171731. Danach wird der Fräſer, entſprechend der Gewindehöhe ſeiner Zähne, unabhängig von der axialen Vorſchubbewegung des Werkſtückes durch eine Hubſcheibe axial verſchoben und erfährt bei Erreichung der Steigungshöhe oder eines Bruchteils derſelben durch eine Feder eine ſchnelle Rückwärtsbewegung, um alsdann die Weiterbearbeitung von neuem wieder aufzunehmen und das Arbeitsſtück jeweils um ein kurzes Stück weiter zu ſchneiden. Die Vorrichtung kann als Support an einer Drehbank angebracht werden.

Das Schmieden, Preſſen und Walzen von Gewinden findet vorwiegend in der Schraubenfabrikation (ſ. d.) für Maſſenherſtellung roher Schrauben Anwendung.

Von den noch beſtehenden deutſchen Patenten ſind zu nennen: a) für Gewindedruckmaſchinen Nr. 105418, 110981; b) für Gewindeſchneidmaſchinen und Gewindeſchneidvorrichtungen Nr. 104337, 108990, 118817, 151485, 162479, 106416, 111223, 122968, 125679, 128264, 138486, 143040, 147518; c) für Gewindefräsvorrichtungen Nr. 148968, 171731.

Literatur: Zeitſchr. für Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge 1897/98, Heft 12, 13, 1902/03 Heft 14; Preisliſte von Reiß & Martin, A.-G., in Berlin; Berliner Präziſionswerkzeug- und Maſchinenfabrik, G. m. b. H., in Berlin; Collet & Engelhard, G. m. b. H., in Offenbach a. M. *Dalchow.*

Gewindelehre, zylindriſche, zum Meſſen der Gewinde genau hergeſtelltes Normalgewinde.

Gewindelehrdorn (Fig. 1) mit Gewinde zum Meſſen des Muttergewindes und Kaliberdorn für den Kerndurchmeſſer des Muttergewindes. Arbeitsgewindelehrdorne ſind zum Gebrauche in der Werkſtatt ſorgfältig gehärtet, während Normalgewindedorne nicht gehärtet ſind und lediglich zum Kontrollieren der in der Werkſtatt benutzten Arbeitsgewinde-

Fig. 2.

Fig. 1.

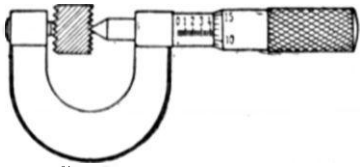


Fig. 5.

lehrmuttern und -dorne dienen. Gewindelehrmuttern (Fig. 2) ſind ebenfalls für den Werkſtattgebrauch beſtimmt und gehärtet. Bei nachſtellbaren Arbeits- und Gewindelehrmuttern (Fig. 3) laſſen ſich kleine, durch Abnutzung entſtandene Abweichungen mit Hilfe eines Normaldornes durch Nachſtellen ausgleichen. Die zylindriſchen Gewindelehren geben neben der genauen Form und Steigung

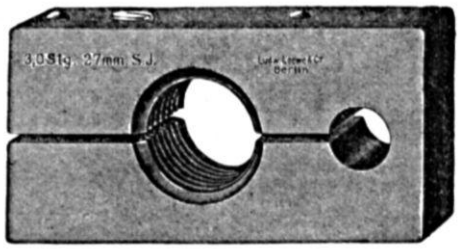


Fig. 3.

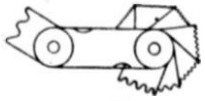


Fig. 4.

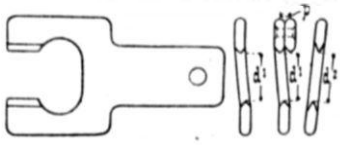


Fig. 6—9.

des Gewindes auch noch den äußeren ſowie den Kerndurchmeſſer an. Fig. 4 zeigt eine andre, häufig angewendete Gewindelehre oder Schablone, die aus einzelnen Platten beſteht. Dieſe Schablone dient jedoch nur zur Prüfung der Gewinde in bezug auf richtige Form und Steigung. Das Meſſen von hergeſtellten Gewindebolzen, die mit einem Normalgewinde übereinſtimmen ſollen, kann auch mit Hilfe eines Kugeltaſters erfolgen, der anſtatt in Schneiden in kleine Kugeln ausläuft. Der Durchmeſſer der Kugeln wird ſo gewählt, daß die Kugeln ungefähr in der Mitte an die Gewindeflanken anliegen. Mit Hilfe mehrerer Taſter mit verſchieden großen Kugeln kann man die ganze Flanke des Gewindes abtaſten bezw. mit dem Normalgewindeſtück vergleichen. Es genügen drei bis vier Taſter mit verſchieden großen Kugeln, um ſämtliche Gewinde mit Gangzahlen von $4\frac{1}{2}$—20 auf 1″ zu unterſuchen. Die Taſter müſſen möglichſt leicht gebaut ſein; ein zu ſchwerer Taſter beeinträchtigt das Meßgefühl. Auch findet eine Mikrometerſchraube (Fig. 5) Anwendung, deren Meßſpindel an ihrer Spitze kegelförmig zugeſpitzt iſt; der Spitzenwinkel entſpricht dem Flankenwinkel des zu meſſenden Gewindes. Der Amboß iſt eingekerbt, ſo daß die Meßſpindel in der Nullſtellung mit ihren Kegelflanken genau anliegt. Dieſer Kerb iſt unten möglichſt ſcharf ausgebildet, während der Kegel der Meßſpindel etwas abgerundet iſt, um ein Aufſitzen der Kegelſpitze auf dem Kerne des zu meſſenden Gewindes zu vermeiden. Dieſe Mikrometerſchraube zeigt den Fehler eines Gewindes leicht an; bei einem mageren Gewinde z. B. wird die Entfernung der Meßſpitze von dem Kerbe geringer ſein als bei normalem Gewinde. Eine geeignete Gewindelehre zum Meſſen der Gangtiefe oder des Kerndurchmeſſers iſt in Fig. 6—9 dargeſtellt. Sie kann auf dreierlei Art ausgeführt werden: 1. Nach Fig. 7 ſind die Schneiden um eine halbe Steigung gegeneinander verſetzt und ihr Abſtand d^1, ſenkrecht zur Mittelachſe gemeſſen, iſt gleich dem genauen Kerndurchmeſſer. Der Schneidenwinkel beträgt für S. J.-Gewinde 60° und die Schneide ſelbſt iſt der Gewindenummer entſprechend abgeflacht. 2. Beſſer, aber etwas ſchwieriger herzuſtellen iſt die Lehre nach Fig. 8. Hier ſind auf der einen Seite zwei Schneiden, deren Abſtand p gleich der Steigung des Gewindes iſt, ſo daß ſie genau in die Gänge paſſen. Die Form und der Abſtand der Schneiden iſt wie bei Fig. 7. 3. Am einfachſten herzuſtellen iſt die Lehre nach Fig. 9; der Abſtand ihrer Schneiden iſt gleich d^2, d. h. gleich der Hypotenuſe eines Dreieckes, deſſen eine Kathete der Kerndurchmeſſer und deſſen andre Kathete die halbe Steigung iſt. Die Lehren ſind aus Stahlblech von 3—4 mm Stärke und gehärtet. Bei der Ausführung nach Fig. 9 wird zuerſt der Abſtand der Schneiden d^2 rechtwinklig und parallel ausgeſchliffen, worauf ſie unter einem Winkel von 50° zugeſchärft werden. Der Winkel muß hier kleiner ſein, damit bei der ſchrägen Stellung beim Meſſen nur die Schneiden den Kerndurchmeſſer berühren.

Von Wichtigkeit iſt ferner beim Gewinde die richtige Lage der Gewindeflanken zu der Bolzenachſe. Bei den ſogenannten ſchiefen Gewinden geht der Bolzen wohl in die dazu paſſende Mutter hinein, jedoch nur von der einen Seite. Auch hier iſt eine Unterſuchung notwendig. Die Einſtellehren nach Fig. 10, die man an einem genau zylindriſchen Dorn, der zwiſchen den Spitzen der Drehbank aufgenommen iſt, anlegt und bei denen die Mittelachſe des Kerbes genau rechtwinklig zu der zur Anlage kommenden Längsſeite liegt, genügen wohl,

um den Gewindeſtahl annähernd richtig einzuſtellen. Für genaues Arbeiten verſagen dieſe Lehren, da es auf die Geſchicklichkeit beim Halten derſelben ankommt. Beſſere Ergebniſſe erzielt man mit einer Einſtellehre nach Fig. 11, die durch die prismatiſche Nut in die richtige Lage gehalten wird. Auch eine ſogenannte Fahne (Fig. 12, 12a), die nichts weiter iſt als eine an einem Dorne feſt angebrachte Lehre, erleichtert weſentlich das Einſtellen des Gewindeſtahles; denſelben Zweck erfüllt ein Dorn mit genau eingedrehten V-förmigen Nuten. Um Gewindebolzen von beſonderer Genauigkeit zu unterſuchen, dient eine Vorrichtung nach Fig. 13. *A* iſt ein Bett, auf dem die beiden Reitſtücke *b*, die zur Aufnahme des zu meſſenden Gewindebolzens dienen, verſchiebbar angeordnet ſind. Die beiden Böcke tragen ein Führungslineal *c*; auf dieſem iſt zunächſt der Schieber *d* angeordnet, der wieder den ſenkrechten Schieber *e* aufnimmt, an dem die dreieckige Winkellehre *f* (Fig. 14 und 15) befeſtigt iſt. Die Abſchrägung α iſt notwendig, da der Steigungswinkel des Gewindes berückſichtigt werden muß. *g* iſt ein

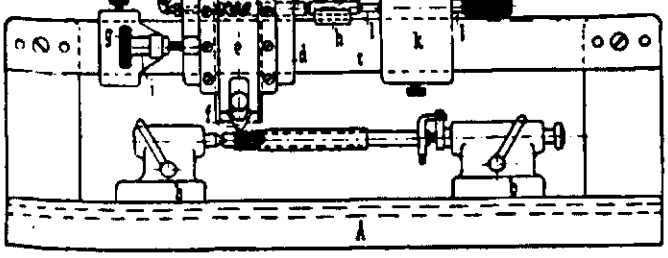


Fig. 13.

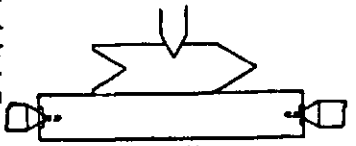


Fig. 10.

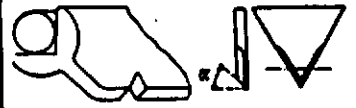


Fig. 11.

Fig. 14 und 15.

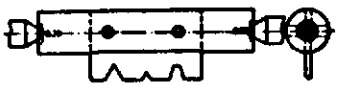


Fig. 12 und 12a.

Gleitſtück, das durch eine Stellſchraube *i* mit dem Schieber *d* verbunden iſt; dieſe Stellſchraube hat den Zweck, dem Schieber *d* in der Längsrichtung, nachdem das Gleitſtück feſtgeſpannt iſt, eine Feinſtellung zu geben. *k* iſt ebenfalls ein Schieber, der die Mikrometerſchraube *l* trägt; *m* iſt ein Fühlhebel, der in Verbindung mit dem Amboß *n* ſteht; dieſe Anordnung ſoll die Vorrichtung beim Meſſen vom Gefühl unabhängig machen. Das Meſſen geſchieht auf folgende Weiſe. Der Bolzen wird zwiſchen den Spitzen aufgenommen und durch ein Drehherz feſtgeſtellt. Der Schieber *e* wird heruntergelaſſen und der Schieber *d* ſo eingeſtellt, daß die Dreieckſehre *f* ſich genau an die Gewindeflanken anlegt. Nun wird ein Endmaß *q*, das durch das Böckchen *h* geſtützt wird, zwiſchen den Amboß *n* und die Meßfläche der entſprechend eingeſtellten Mikrometerſchraube eingelegt. Dieſe ſtellt man ſo ein, daß der Zeiger des Fühlhebels ſich auf Null ſtellt, und merkt das Maß, das die Skala der Mikrometerſchraube anzeigt. Jetzt entfernt man das Endmaß *q*, rückt den Schieber *d* ſo weit nach rechts hinüber, bis man an den zehnten oder zwanzigſten Gewindegang des Bolzens kommt, läßt den Schieber *e* herunter und ſtellt mit Hilfe der Schraube *i* den Schieber *b* wieder ſo ein, daß die Dreieckslehre *f* ſich an die Flanken des Gewindes anlegt. Entſpricht die Länge des Endmaßes *q* 10 oder 20 Gewindegängen, ſo muß, wenn die Steigung des Gewindes ſtimmt, der Zeiger *m* auf Null ſtehen; andernfalls iſt die Abweichung der Steigung an der Skala bei *m* abzuleſen, oder aber, man ſtellt die Mikrometerſchraube, die nunmehr unmittelbar den Amboß *n* berührt, ſo, daß der Zeiger des Fühlhebels auf Null geht, und erhält den Unterſchied der Steigung durch Vergleich mit dem gemerkten Maße. Vier Endmaße, 1, 2, 3 und 4″ bezw. bei metriſchen Gewinden 25, 50, 75 und 100 mm lang, genügen, um mit Hilfe der Mikrometerſchraube alle Entfernungen zwiſchen 0 und 5″ einſtellen zu können. Es iſt ferner mit Hilfe dieſer Vorrichtung möglich, die Entfernung von Gang zu Gang zu meſſen. Bringt man an einem Reitſtock eine Teilſcheibe an, ſo kann man die Steigung der Anzahl der Taſten entſprechend auf jeden Bruchteil eines Gewindeumganges unterſuchen. Dieſe Anordnung iſt beiſpielsweiſe möglich, um Steigungen von ſpiralgenuteten Gewindebohrern zu meſſen. Bei dieſen Bohrern kommt es leicht vor, daß bei einer Entfernung von 1″ die Spiralnute unter dem Meßſchieber ſteht; man dreht dann den Bohrer um $^1/_4$ und fügt zu oder zieht ab $^1/_4$ der Steigung. Ferner dient die Vorrichtung gleichzeitig zur Unterſuchung der richtigen Lage der Gewindeflanken.

Zum Meſſen des Kerndurchmeſſers kann wie folgt verfahren werden: Man dreht an einem vorgearbeiteten Bolzen den Kerndurchmeſſer des Gewindes mittels des Gewindeſtahles zylindriſch an. Nachdem das genaue Maß erreicht iſt, ſchaltet man die Leitſpindel ein und ſchneidet die bereits vorgeſchruppten Gewindegänge, die jedoch nur $^1/_3$ der Tiefe des richtigen Gewindes beſitzen, in derſelben Stellung durch. Dieſen Bolzen benutzt man als Referenzſtück, das lediglich zur Einſtellung eines Taſters dient, deſſen Meßſchenkel meißelartig zugeſpitzt und etwas abgerundet ſind. Sämtliche Normalgewindeſtücke bleiben am beſten ungehärtet, da durch das Härten leicht Ungenauigkeiten infolge Verziehens entſtehen können. *Daldrop.*

Gewindeleitpatrone, dient in Verbindung mit einer Gewindeleitbacke oder einem Gewindeleitſtern zum Schneiden und Drücken von Gewinde auf geeigneten Dreh- und Drückbänken.

Dabei wird die Leitpatrone auf die rückwärtig verlängerte Spindel aufgeſteckt und dient der an einem Führungshebel befeſtigten Leitbacke, die aus einer ſegmentförmigen Bronzemutter von entſprechendem Gewinde beſteht, oder einem Gewindeleitſtern, der verſchiedene Mutter-

ſegmente trägt, zur Führung. Dem Schneid- bezw. Drückſtahl wird durch Parallelführung eine der Leitpatrone entſprechende Vorſchubbewegung erteilt, wodurch die Herſtellung des Gewindes erfolgt (ſ. Gewindeherſtellung). *Dalchow.*

Gewindeſchablone, ſ. Gewindelehre.

Gewindeſchneideiſenkopf, dient zum Schneiden äußerer Gewinde mittels des Schneideiſens (ſ. Gewindeſchneidwerkzeuge).

Das Schneideiſen wird gegebenenfalls unter Verwendung einer Kapſel zum Ausgleich der verſchiedenen Durchmeſſer in der Eindrehung des Kopfes aufgenommen und durch radial gerichtete Spitzſchrauben feſtgehalten. Mitnehmerknaggen verhindern das Drehen des Schneideiſenkopfes ſo lange, bis durch den Anſchlag ein weiteres Vorgehen unmöglich iſt, worauf die Knaggen abgleiten und ſo den Bruch des Werkzeuges verhindern. — In dem Gewindeſchneideiſenkopf zum Schneiden von Gewinde auf lange Stangen (D.R.P. Nr. 156884) iſt ein Schneideiſen derart eingeſetzt, daß vor demſelben die Stange durch konzentriſch angeordnete Stähle auf den geeigneten Durchmeſſer abgedreht wird, während hinter dem Schneideiſen ein konzentriſches Führungsrohr vom lichten Durchmeſſer des fertig geſchnittenen Gewindes mit einem Abſtreifer angebracht iſt, um ein Verziehen der Spindel zu verhüten. *Dalchow.*

Gewindeſchneidkluppe, ſ. Gewindeſchneidwerkzeuge.

Gewindeſchneidkopf, eignet ſich zum Schneiden von Gewinde auf Drehbänken und Schraubenſchneidmaſchinen und wird mit zwei, drei oder meiſt vier von Hand oder ſelbſttätig ſich öffnenden auswechſelbaren Schneidbacken ausgerüſtet.

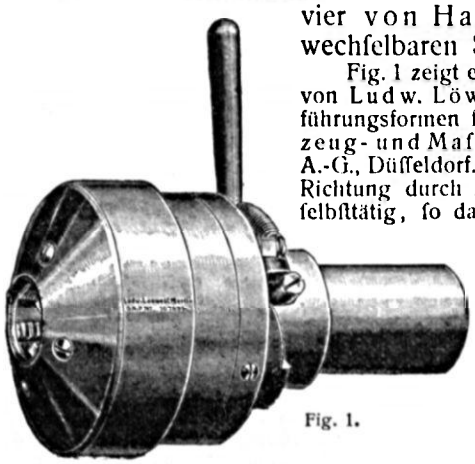


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt einen ſolchen letztbezeichneter Art für Außengewinde von Ludw. Löwe & Co., A.-G., Berlin, Fig. 2 und 3 zwei Ausführungsformen für Innengewinde der Berliner Präziſionswerkzeug- und Maſchinenfabrik, Berlin, bezw. von de Fries & Co., A.-G., Düſſeldorf. Sobald die Bewegung des Schneidkopfes in axialer Richtung durch Anſchlag verhindert wird, öffnen ſich die Backen ſelbſttätig, ſo daß das Arbeitsſtück freigegeben wird und der Gewindeſchneidkopf über die eingeſchnittenen Gewindegänge desſelben hinweg zurückgezogen werden kann. — Von den beſtehenden deutſchen Patenten ſind zu nennen für ſelbſttätige Ausrückung der Schneidbacken und Freigabe des geſchnittenen Gewindes: Nr. 105419, 107899, 121452, 125228, 125229, 126511, 138956, 150678, 151559, 156323. *Dalchow.*

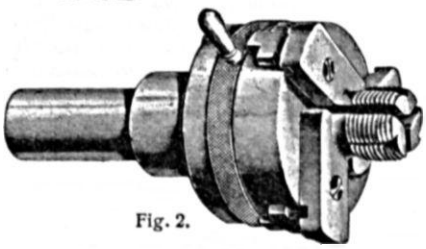


Fig. 2.

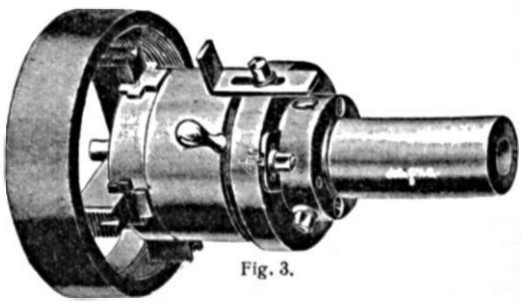


Fig. 3.

Gewindeſchneidmaſchine, ſ. Gewindeherſtellung und Schraubenfabrikation.

Gewindeſchneiduhr, Bezeichnung für die beſondere Form eines Stichelhalters, bei dem nach Löſen einer Schraube, die zur Befeſtigung des Stichels in dem Halter dient, eine Einſtellung des Stichels nach der Tiefe und gegebenenfalls nach der Steigung des Gewindes vorgenommen wird. Hierbei iſt der Grad der Verdrehung und des Vorſchubes durch Teilkreiſe bezw. Teilſtreifen kenntlich. *Dalchow.*

Gewindeſchneidwerkzeuge. Bei der Herſtellung werden Gewinde ſeltener mittels Gewindeſtahls geſchnitten; man benutzt hauptſächlich Gewindeſchneidwerkzeuge (Gewindebohrer und Schneideiſen) zur Herſtellung von Innen- bezw. Außengewinden. Als Material für die Gewindeſchneidwerkzeuge dient beſter Gußſtahl. Beſondere Sorgfalt wird auf das Härten (ſ. d.) verwendet.

Der **Gewindebohrer** dient zur Herſtellung von Muttergewinde durch Abnahme mehrerer Späne nacheinander bei demſelben Durchgange. Gewindebohrer zum Schneiden von Gewinde in Holz oder ähnlichem Material haben einen V-förmigen, dem Profil des Gewindes entſprechenden Schneidzahn, der ſich als Gewindegang mehrmals umlaufend mit meiſt etwas abnehmendem Durchmeſſer fortſetzt; bei ſtärkerem Gewinde werden ein oder zwei ſtufenweiſe kleinere vorſchneidende Zähne vorgeſetzt. Zur Spanabführung ſind vor den Schneidzähnen Löcher nach dem genügend weit ausgebohrten Inneren des Gewindebohrers hergeſtellt. Eine andre Aus-

führungsform zeigt ein kegelförmiges Schraubengewinde mit drei, meiſt vier Längsſchneidenuten mit gleichem Schärfungswinkel. — Von Gewindebohrern für Metallbearbeitung hat man mit Ausnahme der Gewindebohrer für beſondere Zwecke im allgemeinen drei Sorten, Hand-, Muttern- oder Maſchinen- ſowie Backengewindebohrer.

Die einfachſten Handgewindebohrer für kleine Gewinde in Metall werden in der Weiſe abgefeilt, daß ihr Querſchnitt nach dem vorderen Ende zu allmählich in einen quadratiſchen oder dreieckigen übergeht und ihr Gewinde beinahe verſchwindet; ſie wirken nur ſchabend. Genauere und größere Gewindebohrer werden mit meiſt vier eingefräſten oder eingeſchliffenen Längsnuten verſehen, ſo daß eine richtige Schneide gebildet wird. Die Breite des ſchneidenden Zahnes beträgt $^1/_{16}$ des Umfanges, ſo daß die vier Zähne zuſammen $^1/_4$ des Umfanges ausmachen. Der Anſtellwinkel der Zahnſchneiden iſt etwa 5° Zur Erlangung eines geeigneten Anſtellwinkels und geringerer Reibungsfläche, beſonders bei Gewindebohrern, die mit breiteren Zähnen zur Erzielung einer größeren Standſicherheit derſelben verſehen ſind, werden die Schneiden hinterdreht oder hinterſchliffen, ſo daß die Außenfläche des Bohrers die Lochwand nur an den Schneidkanten berührt (hinterſchnittene Gewindebohrer). Koniſche Gewindebohrer (Vorſchneider Fig. 1 und Fertigſchneider Fig. 2) dienen für durchgehende Löcher. Zylindriſche Grundbohrer

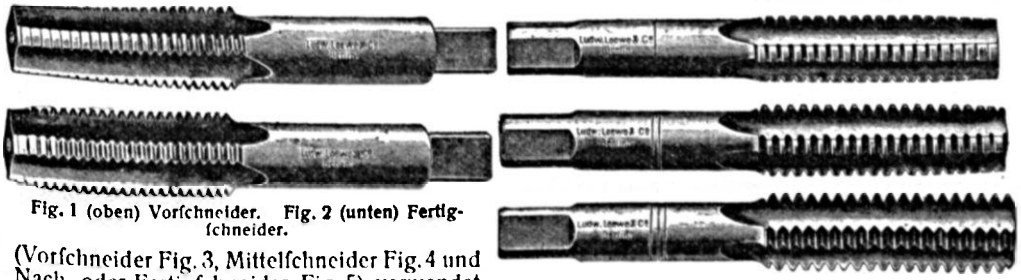


Fig. 1 (oben) Vorſchneider. Fig. 2 (unten) Fertigſchneider.

(Vorſchneider Fig. 3, Mittelſchneider Fig. 4 und Nach- oder Fertigſchneider Fig. 5) verwendet man für durchgehende Löcher und Sacklöcher. Bei Sacklöchern iſt der hinterdrehte Bohrer unvorteilhaft, da beim Zurückdrehen die im Loche vorhandenen Späne ſich zwiſchen den Zähnen des Gewindebohrers und dem Gewindeloche feſtkeilen und das Gewinde ſowohl als den Bohrer beſchädigen. Der Vorſchneider hat einen langen kegelförmigen Anſchnitt, der ſich berechnet aus $c = \frac{d-k}{2} \cdot \frac{s}{a \cdot t}$, worin c die Länge des kegelförmigen Anſchnitts, d der Außendurchmeſſer des Gewindes, k der Kerndurchmeſſer des Gewindes, s die Steigung des Gewindes, a die Anzahl der Schnittnuten (meiſtens $a = 4$), t die Schnittiefe eines Gewindezahnes (Gangtiefe) iſt. Die Schnittiefe betrage $^1/_{100}$ der Steigung, alſo $t = s : 100$. Dafür wird $c = \frac{d-k}{2} \cdot \frac{100}{a}$.

Fig. 3 (oben) Vorſchneider. Fig. 4 (in der Mitte) Mittelſchneider. Fig. 5 (unten) Nach- oder Fertigſchneider.

Der kegelförmige Anſchnitt des Vorſchneiders wird an der oberen Zahnſpitze hinterfeilt, und zwar unter einem Winkel von etwa 5°, was ungefährlich iſt, da der kegelförmige Anſchnitt des Bohrers ſich beim Zurückdrehen ſofort von dem zu ſchneidenden Material entfernt. Der zylindriſche Teil wird nicht hinterſchnitten. Bei dem Mittelſchneider wird der kegelförmige Anſchnitt nur ungefähr $^1/_4$ ſo lang als beim Vorſchneider gemacht; er dient in dieſer Form häufig unter Fortlaſſung des Vorſchneiders als Maſchinenbohrer. Der Nachſchneider iſt nur im vorderſten Gewindegange etwas abzuſchrägen und zu hinterſchneiden; er dient hauptſächlich zum Nachſchneiden von Sacklöchern, um möglichſt bis auf den Grund des Loches Gewinde zu erzielen. Kurze oder lange Muttern- oder Maſchinenbohrer dienen zum Schneiden von Muttern, von denen die langen Mutternbohrer, Fig. 6, zum Schneiden von Muttern auf der Maſchine geeignet ſind und einen beſonders langen Schaft erhalten, um eine Anzahl geſchnittener Muttern aufzunehmen, bevor es nötig wird, den Bohrer zur Entfernung derſelben auszuſpannen.

Fig. 6.

Die Umfangsgeſchwindigkeit betrage 3,4—3,8 m in der Minute bei normalem Gewinde. Jeder folgende Zahn des kegelförmigen Anſchnittes ſoll nicht mehr als ungefähr 0,006 von der Steigung höher ſein als der vorhergehende; daraus ergibt ſich die Länge des kegelförmigen Anſchnittes c aus $c = \frac{d-k}{2} \cdot \frac{175}{a}$. Wenn ſich bei mehrfachen oder ſehr hohen Steigungen für c eine Länge ergibt, welche die praktiſche Ausführung des Bohrers erſchwert, ſo iſt die Anfertigung zweier oder mehrerer Bohrer, von denen der zweite mit einer kurzen Ueberdeckung die Fortſetzung des erſten bildet, zu empfehlen. Bei Gewindebohrern zum Schneiden von Gußſtahl oder anderm harten Material iſt $t = 0{,}003\ s$ bis $0{,}004\ s$ zu ſetzen.

Fig. 7.

Auch bei dieſen Bohrern mache man die Breite ſämtlicher Schneidzähne zuſammen gleich $^1/_4$ des Umfanges. Die Schnittnuten ſind, um für die Späne reichlich Platz zu ſchaffen, möglichſt tief, ohne jedoch den Bohrer zu ſehr in der Seele zu ſchwächen. Backengewindebohrer, Backenbohrer (Fig. 7) dienen zum Einſchneiden der Gewinde in Gewindeſchneidbacken. Zur

Erzielung günſtiger Schnittwinkel in den Backen werden ſie meiſtens in zweifacher Art ausgeführt, und zwar mit größerem und mit kleinerem Durchmeſſer als normal. Solche mit größerem als normalem Durchmeſſer dienen zur Herſtellung von Gewindebacken, deren Oberkante radial zur Drehachſe liegt und zum Schneiden benutzt wird. Iſt die Anordnung der Backen derart, daß die Mittelachſe der Backen radial zur Drehachſe liegt, ſo muß der Backengewindebohrer kleiner im Durchmeſſer ſein als normal, um ein freies Schneiden der Backen zu erzielen. Maſchinenbackenbohrer (Fig. 8) mit Führungszapfen zur genauen Zentrierung. Schneideiſengewindebohrer (Fig. 9) zum Einſchneiden der Gewinde in Schneideiſen mit beſonders großer Schnittlänge zur Fertigſtellung des Gewindes mit einmaligem Durchſchnitt. Strählbohrer mit mehreren Gewindeabſätzen hintereinander (Fig. 10) oder auch nur einem Gewinde. Schmiedebohrer mit auf ihrer ganzen Gewindelänge voll ausgeſchnittenem Gewinde zum Schneiden unnormaler Muttern bei gröberen Reparaturen (Fig. 11). Schneidbohrer für Hufſtollen. Flachgängige Gewindebohrer, Verwendung mehrerer kürzerer Bohrer nacheinander ſind einzelnen längeren Bohrern (Mutterbohrern) vorzuziehen. Flachgängige Maſchinenbohrer Fig. 12, Mutterbohrer, Backenbohrer. Aehnliche Bohrer für Gasgewinde. Gasrohrgewindebohrer mit Vorbohrer Fig. 13. Spindelſtehbolzenbohrer, zur Längsverſchiebung auf Führungsſtift durchbohrt, Fig. 14.

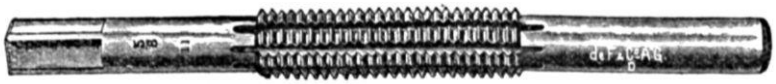


Fig. 8.

Fig. 9.

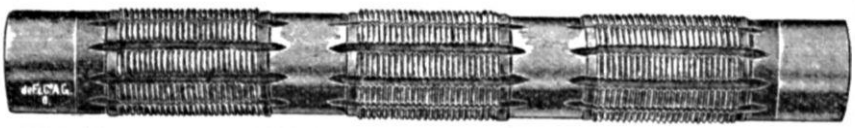


Fig. 10.

Zur Verringerung des Kraftaufwandes kann ein Teil der Zähne ganz oder nur ſo weit weggenommen werden, daß ſie nur zur Führung dienen, während die ſchneidenden Zähne um die Spindel wechſelſtändig zu einander verſetzt ſind. Zu demſelben Zwecke können bei mehrgängigen Gewindebohrern die zur Herſtellung der verſchiedenen Gewindegänge dienenden Zähne auf zwei getrennten, übereinander liegenden Teilen des Gewindebohrers angeordnet ſein, und zwar derart genau gegeneinander verſetzt daß nach

Fig. 11.

Fig. 12.

erfolgtem Durchgange der unteren Schneidzähne durch den von ihnen geſchnittenen Gewindegang die nunmehr in Eingriff kommenden oberen Schneidzähne genau den neben dem erſten liegenden zweiten Gewindegang einſchneiden.

Eine ähnliche Schnittwirkung wird bei einem Flachgewindebohrer, D.R.P. Nr. 157438, bezweckt, der außer Reihen von gewöhnlichen Flachzähnen noch Reihen von Vorſchneidezähnen hat. Dieſe Vorſchneidezähne ſind an ihrem Rücken weniger breit als die Flachzähne und nach beiden Seiten gleichmäßig abgeſchrägt, um in der mit Gewinde zu verſehenden Bohrung nach außen ſich verengende Bahnen vorzuſchneiden, derart, daß die Flachzähne nur noch die zu beiden Seiten dieſer Schnittbahnen und innerhalb der Gewindegangbreite liegenden Eckpartien fortzunehmen haben.

Fig. 13.

Fig. 14.

Gewindebohrer mit auswechſelbaren und verſtellbaren Gewindeſchneidmeſſern dienen zum Schneiden von Gewinden in Löchern verſchiedenen Durchmeſſers. Bei dem durch D.R.P. Nr. 156693 geſchützten Gewindebohrer dieſer Art iſt der Stellkonus für die Gewindebacken auswechſelbar und verſtellbar angeordnet. Zur Herſtellung von Außengewinden mittels Schneidwerkzeuges dienen Gewindeſchneideiſen und Gewindeſchneidkluppen, dieſe mit einſetzbaren Schneidbacken.

Zur Herſtellung von Gewinden in Holz wurde das alte Schneidzeug (Kluppe) aus Holz mit einem Muttergewinde in der Mitte mittels Griffen um die zu ſchneidende Holzſtange herum-

gedreht, während ein vor dem erwähnten Gewinde an der Kluppe befeſtigter Schneidſtahl (Geißfuß) mit V-förmigem Maule an der Spitze in die Stange einſchnitt; das Muttergewinde diente dabei der Stange als Führung im erzeugten Gewinde. Das neue eiſerne Schneidzeug

Fig. 15.

Fig. 16.

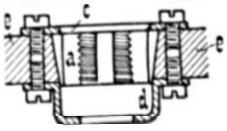


Fig. 17.

Fig. 18.

beſteht aus zwei Teilen, von denen der eine ein Muttergewinde und der andre ein glattes, rundes Führungsloch hat.

Einfache Schneideiſen zur Herſtellung kleiner Gewinde in Metallen beſtehen aus einer Stahlplatte, in die Muttergewinde, oft mit Seitenlöchern zur Erlangung einer Schneidkante, eingeſchnitten und gehärtet iſt (Stubsſchneideiſen, Fig. 15). Zur Fertigſtellung eines Gewindes benutzt man zwei bis vier ſolcher gehärteter Muttergewinde hintereinander; das erſte derſelben beginnt die Bildung des neuen Gewindes, die andern führen es ſtufenweiſe der Vollendung zu. Hierbei findet nur in geringem Maße ein Schneiden des Materials ſtatt; dasſelbe wird gequetſcht, indem es zur Seite gedrückt und zu beiden Seiten von der Furche Wälle gebildet werden. Infolge dieſer quetſchenden Kräfte tritt eine Streckung des Bolzens ein, was vielfach eine Krümmung desſelben zur Folge hat. Schneideiſen mit zwei Einſchnitten, die teils zur Bildung von Schneidkanten, teils zum Abfluß der entſtehenden Späne dienen, wirken gleichfalls hauptſächlich nur ſchabend. Im Jahre 1856 wurde Dandoy-Maillard, Lucq & Co. in Maubeuge, Frankreich, ein Patent auf ein Schneideiſen erteilt, das längere Zeit unbeachtet blieb. Bei demſelben findet eine gleichmäßigere Verteilung der Schneidarbeit auf die Schneidkanten der einzelnen Gewindegänge ſtatt, wie dies bei den Gewindebohrern ſchon lange beobachtet wurde. Fig. 16 und 17 iſt ein Schnitt und eine Oberanſicht des Werkzeuges, Fig. 18 ein vergrößerter Querſchnitt des eigentlichen Schneideiſens. Die Mutter *a* iſt kegelförmig ausgebohrt, ſo daß nur die beiden oberſten Gänge derſelben unverſehrt bleiben, während der unterſte Gang vollſtändig fortgenommen iſt. In dem doppelarmigen Hebel *e* wird die Mutter *a* mittels des Deckels *c* feſtgehalten. Die Hülſe *d* dient zum Einſtellen des Schneidzeuges in der richtigen Lage gegenüber der Achſe des Bolzens. Die erſte Schneidkante ſchneidet eine ſeichte Furche, die zweite vertieft dieſelbe u. ſ. w., bis die Kante des unverſehrt gebliebenen Gewindeganges das Profil vollendet. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, daß die von dieſem Schneidzeug gebildeten Neigungswinkel des Gewindes von vornherein richtig ſind, daß alſo von vornherein eine ſichere Führung entſprechend der Neigung des beabſichtigten Gewindes geboten wird. Der Spitzenwinkel der kegelförmigen Ausweitung wird zu 16° angegeben. Vorteilhaft iſt die Anordnung einer ringförmigen Kapſel um das einſeitig aufgeſchnittene Schneideiſen, mit deren Hilfe geringe Differenzen im Gewindedurchmeſſer mittels Stellſchraube ausgeglichen werden können. Die Kapſel ermöglicht ferner ein leichteres Auswechſeln des auf den gewünſchten Gewindedurchmeſſer eingeſtellten Schneideiſens. Fig. 19 zeigt ein einſtellbares Schneideiſen mit Kapſel und Halter von Ludwig Löwe & Co., A.-G., Berlin. Die Halter ſind mit zwei federnden Zapfen verſehen, durch welche die Kapſel feſtgehalten wird. Die Zapfen laſſen ſich leicht zurückziehen, ſo daß die Kapſel ſchnell ausgewechſelt werden kann.

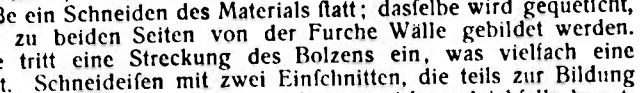


Fig. 19.

Fig. 20.

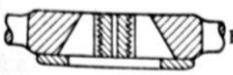


Fig. 22.

Fig. 23.

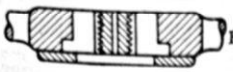


Fig. 23a.

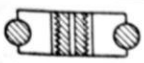


Fig. 24.

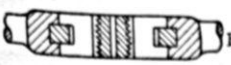


Fig. 25.

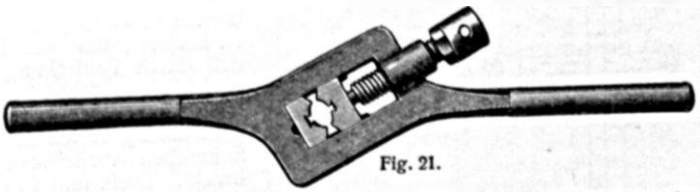


Fig. 21.

Eine einfache Gewindeſchneidkluppe iſt die Handkluppe mit mehreren in einem Halter mit Geradführung eingeſetzten, durch Schraube einſtellbaren Backenhälften (Fig. 20). Eine Kluppe mit einem Paar viereckiger Schneidbacken und Einſtellſchraube zeigt Fig. 21. Die Geradführung für die Backen iſt ſchräg oder ſenkrecht zur Richtung der Kluppenarme gerichtet. Von Wichtigkeit iſt die Art der Geradführung, da beim Gewindeſchneiden eine Kraft auftritt, welche die Backen aus der Ebene der Kluppe zu drängen ſtrebt. Fig. 22–25 kennzeichnen einige beſondere Ausführungsformen in Schnittzeichnung quer zur Geradführung. Fig. 22 iſt eine ſchräge Führung zum ſeitlichen Einlegen der Backen mit einer Deckplatte; Fig. 23 iſt eine prismatiſche Führung. Fig. 23a zeigt rechtwinklige Führungsflächen, auf denen entſprechend geſtaltete Führungsleiſten an den Schneidbacken aufliegen, und eine Deckplatte. Dieſe Führungen ſind aus dem

Material des Halters herausgearbeitet. Fig. 24 zeigt eine Ausführung, bei der die Geradführung aus zwei beſonderen Rundſtäben beſteht. Fig. 25 zeigt die Anordnung eines gabelförmigen Führungsſtückes, deſſen Führungsäſte rechteckigen Querſchnitt haben und je zur Hälfte in entſprechend ausgefräſte Nuten der Kluppe und der Backenhälften eingeſchoben ſind. Hierdurch iſt die Auswechſlung der Backen ſehr erleichtert. Nach Löſen einer ſeitlichen Schraube läßt ſich die gabelförmige Führung leicht aus dem Gehäuſe herausziehen, worauf die Backen ohne weiteres aus dem Gehäuſe herausgenommen werden können. Die mit den Seitenſchlitzen verſehenen Backen werden durch dieſe gabelförmige Führung in ihrer Lage gehalten und legen ſich mit der vollen Breite ihrer geraden Seitenflächen an die Seiten des Gehäuſeausſchnittes an, wodurch ein Zwängen, wie es bei den prismatiſchen Führungen auftreten kann, vermieden wird. Eine ähnliche Wirkung wird dadurch erzielt, daß die in die ſeitlichen Nuten der auswechſelbaren Schneidbacken greifenden Führungsleiſten als Klinken ausgebildet ſind, die in Einfräſungen, welche die Seitenwände des Rahmens durchſetzen, ausſchwenkbar gelagert ſind. Die Feſtſtellung erfolgt durch Klemmſchrauben, D.R.P. Nr. 143061. Bei einer andern Schneidkluppe, D.R.P. Nr. 150565, ſind die ringsum an ihrem Umfange mit Schneidkalibern verſehenen Backen aus einer Breitſeite des Rahmens heraushebbar angeordnet. Die Schneidbacken hängen an Handſchrauben, die durch den Deckel des Rahmens und zugleich durch die Mitten der Backen gehen. Der nötigen ſeitlichen Verſchiebung der Backen entſprechend ſind die Bohrungen im Kluppendeckel, durch welche die Halteſchrauben gehen, länglich ausgebildet.

Fig. 26 zeigt die Schraubenkluppe von Whitworth, die auf die Entwicklung der Backenanordnung bedeutenden Einfluß gehabt hat. In dem Mittelſtücke *a* des Windeeiſens iſt eine ringförmige Vertiefung ausgedreht, in welcher der Keilring *b* mittels der Schraube *c* verſchoben werden kann. Der ringförmige Teil *d* des Mittelſtückes iſt mit Nuten für die Aufnahme der drei Backen *e* verſehen. Backen und Keilring werden durch eine mittels der Schrauben *f* befeſtigte Deckplatte vor dem Herausfallen geſchützt. Bei der Schneidkluppe der Werkzeugfabrik Aug. Meifelbach Nachf., G. m. b. H., Leipzig-Lindenau (Fig. 27—29) können die Kluppen für jede Gewindeſtärke genau paſſend eingeſtellt und nach erfolgtem Schneiden nachgeſpannt werden, ohne daß dazu Hilfswerkzeuge in Anſpruch genommen werden müſſen. Die Ein- und Nachſtellbarkeit der Schneidbacken wird dadurch bewirkt, daß an dem Drehſchieber, durch den die Backen einander genähert und entfernt werden, ein Hebel *a* angelenkt iſt, der in die Raſt des Steges *b* einfällt. Der Steg *b* iſt auf einer durch einen Arm der Kluppe gehenden Schraubenſpindel *d* derart angeordnet, daß er bei Drehung derſelben mittels der Rändelſcheibe *d'* wagerecht verſchoben wird. Auf der Vorderfläche des Steges *d* iſt eine Gradeinteilung angebracht, durch die ſich das Maß der Backenerweiterung beſtimmen läßt. Sollen während des Gewindeſchneidens die Backen von den Spänen gereinigt oder ſoll nach vollendetem Schneiden ein neuer Bolzen angeſchnitten werden, ſo wird lediglich der Hebel *a* aus der Raſt *b'* des Steges *b* herausgehoben und verdreht. Nach dem Wiedereinführen des Hebels *a* in die Stegraſt *b'* iſt die Kluppe ſofort wieder gebrauchsfertig eingeſtellt. Um mit denſelben Schneidbacken einer Kluppe verſchiedene Gewinde ſchneiden zu können, ſind die Schneidbacken derart geformt, daß durch Verdrehung oder Verſchiebung derſelben verſchiedene Zähne zum Schnitt kommen. Bei einer Gewindeſchneidkluppe, D.R.P. Nr. 138458, ſind in drei gleichmäßig verteilten Schlitzen ebenſo viele durch Schrauben verſtellbare Schneidſcheibenhalter angebracht. Dieſe ſind ſo eingerichtet, daß ſie oberhalb des Kluppengehäuſes in Vielkante und Gewinde mit Muttern auslaufen zur Aufnahme von Schneidſcheiben, die auf dieſen Vielkanten in verſchiedene Lagen feſtgelegt werden können, wodurch jedesmal andre Schneidzähne zur Anwendung kommen. Bei der Gewindeſchneidkluppe D.R.P. Nr. 167611 ſind die den verſchiedenen Gewindegrößen entſprechenden Schneidflächen ſo zur Backenmitte verteilt, daß nur der zur Bearbeitung des kleinſten der Durchmeſſer beſtimmte Gewindeteil auf oder in die Nähe der Backenachſe zu liegen kommt, während die übrigen Teile ſeitlich von ihm angeordnet ſind und ſtets nur ein Gewindeteil anliegt und ſchneidet. Das Gehäuſe der Kluppe iſt mit Rippen verſehen, die als Führungen für die Backen in radialer Richtung dienen. Die nebeneinander angeordneten ſchneidenden Gewindeteile der Backen, von denen jeder für eine Gewindegröße beſtimmt iſt, ſind nach dem zugehörigen Durchmeſſer gekrümmt und ſo zueinander verſetzt, daß in jeder Stellung der Backe nur ein Gewindeteil zum Schneiden kommt. Soll ein Gewinde von anderm Durchmeſſer geſchnitten werden, ſo wird die Backe parallel verſchoben, bis der nächſte Gewindeteil ſchneidet, während die beiden andern Teile abſtehen. Bei der Schneidkluppe D.R.P. Nr. 135457 iſt die

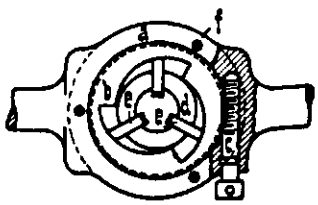


Fig. 26.

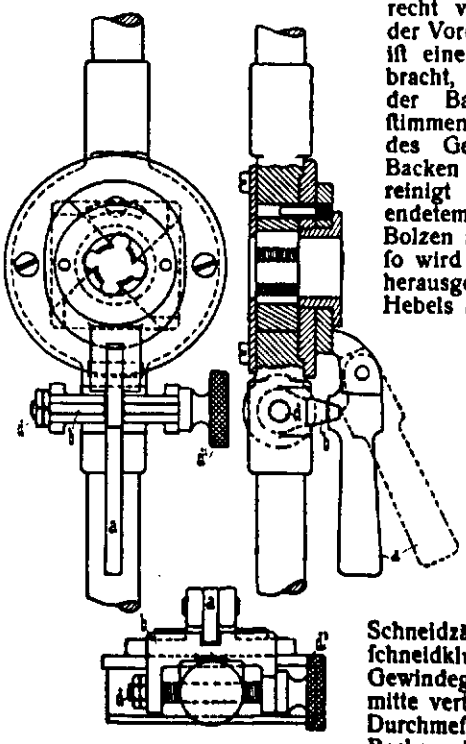


Fig. 27—29.

Einrichtung getroffen, daß ſtets eine gleichmäßige und gleichzeitige Einſtellung von Führungsrollen in bezug auf die Mitte der Schneidkluppe erfolgt, indem zwei Doppelrollenpaare, die in geradlinig geführten Haltern gelagert ſind, durch Vermittlung von Gelenkſtangen abhängig voneinander gemacht und von einer durch eine Mutter verſtellbaren Schraube aus gleichzeitig verſtellt werden.

Um Gewinde auf Bolzen u. dergl. herzuſtellen, die für gewöhnliche Kluppen unzugänglich ſind, werden die Schneidbacken in einem zangenartigen, mittels eines Griffes um ſeine Längsachſe drehbaren Halter gelagert und mit Klemmſchrauben aneinander gepreßt oder auseinander gezogen, D.R.P. Nr. 133979.

Literatur: Zeitſchrift des Vereines deutſcher Ingenieure 1885, Heft 11, 12, 14; Zeitſchrift für Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge 1902/03, Heft 30; Preisliſte von Ludw. Löwe & Co., A.-G., Berlin; J. F. Reinecker, Chemnitz-Gablenz; de Fries & Co., A.-G., Düſſeldorf; Berliner Präziſionswerkzeugmaſchinenfabrik, G. m. b. H., Berlin; Werkzeug- und Maſchinenfabrik Richard Weber & Co., Berlin. — Von den noch beſtehenden deutſchen Patenten ſind zu nennen: a) für Gewindeſchneidkluppen Nr. 126513, 133979, 135457, 136154, 138458, 143061, 150565, 164337, 167611, b) für Gewindebohrer Nr. 156693, 157438, c) für Einſtellvorrichtungen für Gewindeſchneidbacken Nr. 125479, 135657, 139883, 155331. *Dalchow.*

Gewindeſchneidzahn (Gewindezahn), Einrichtung zum genauen Schneiden von Gewinden auf der Drehbank.

Fig. 1 zeigt einen Gewindeſträhler mit mehrfachem Zahnprofil als Schneide; das Werkzeug Fig. 2 eignet ſich beſonders zum Fertigſchneiden von vorgeſchnittenen Gewinden. Beide behalten bei Nachſchleifen ihre genaue Form und ſeitliche Richtung bei. Gewindeſträhler werden auch für den Handgebrauch mit Heften verſehen ausgebildet. Für S. J.-Gewinde unterſcheidet man Gewindezähne und Gewindeſträhler für Schraubenbolzen und ſolche für Gewindebohrer, da das Gewinde des Schraubenbolzens im Grunde ausgerundet und am Außendurchmeſſer abgeflacht wird, während das Gewinde des Gewindebohrers im Grunde abgeflacht und am Außendurchmeſſer abgerundet wird, um den zwiſchen den Gewindeſpitzen der Mutter und der Ausrundung im Grunde des Schraubenbolzens notwendigen Spielraum zu erzeugen. *Dalchow.*

Fig. 2. Fig. 1.

Gewindeſteigung, ſ. Gewinde.

Gewindeſträhler, ſ. Gewindeſchneidzahn.

Gewindewalzmaſchine, ſ. Schraubenfabrikation.

Gewinnung mittels Waſſers wird im Bergbau- und Steinbruchbetrieb in mannigfacher Weiſe angewendet.

Zur Herſtellung von Werkſtücken durch Zerteilen größerer Blöcke bedient man ſich zuweilen des infolge kapillarer Waſſeraufnahme quellenden Holzes. In vorbereitete Löcher, die reihenweiſe angeordnet ſind, werden gut getrocknete Holzkeile eingetrieben und durch Uebergießen mit Waſſer zum Quellen gebracht. Der hierbei erzeugte ſehr bedeutende, aber nur langſam zunehmende Druck ſpaltet den Block. — Beim Salzbergbau benutzt man die auflöſende Wirkung des Waſſers [1], und zwar beim Sinkwerksbau (ſ. d.), um aus tonhaltigen Salzlagerſtätten unter Zurücklaſſung des Tones das Salz durch Bergbaubetrieb als Salzlöſung (Sole) zu gewinnen; dieſes Verfahren wird in den nördlichen Kalkalpen angewendet. Auch teuft man Schächte oder in neuerer Zeit Tiefbohrlöcher (ſ. Tiefbohren) durch das Deckgebirge bis auf Salzlagerſtätten ab und hebt durch eingebaute Pumpen die geſättigte Salzlöſung aus der Tiefe herauf, während aus oberen waſſerführenden Schichten beſtändig ſüßes Waſſer nachdringt. Die Sole wird zu den Salinen (ſ. Kochſalz) geleitet und dort verſotten. — Endlich wird beim Abbau mächtiger Seifenablagerungen, namentlich in Kalifornien [2] und in dem Otago-Diſtrikt auf Neuſeeland [3], die fortſchaffende Wirkung des Waſſers benutzt, das „hydraulic mining“ der Nordamerikaner. Zum Teil aus großer Entfernung wird Waſſer in Gräben oder Gerinnen herbeigeleitet, aus dieſen zum Arbeitspunkte eine Rohrleitung verlegt und ein nach allen Richtungen bewegliches Mundſtück angeſchloſſen. Es kommen Oeffnungen des Mundſtücks von 12—22 cm Weite und Druckhöhen bis zu 27 m vor; die Waſſerſtrahlen, die man gegen die Wände des Seifengebirges richtet, unterhöhlen dieſelben, ſo daß die oberen Schichten niederſtürzen. Unter fortgeſetzter Zuführung von Waſſer werden die Maſſen vollends aufgelöſt und fortgeſpült. Gräben und Gerinne mit einfachen Vorrichtungen, um die ſchweren Goldteilchen aufzufangen und die größeren Gerölle abzuſcheiden, nehmen den Schlammſtrom auf und führen ihn dem zunächſt gelegenen Flußlaufe zu. Auf dieſe Weiſe können täglich Tauſende von Kubikmetern Seifenablagerungen verarbeitet werden, bis herab zu dem geringen Gehalte von 13—20 Cent Goldwert in 1 cbm. Die durch den fortgeſetzten Betrieb herbeigeführte Verſandung der Flüſſe hat an vielen Orten zu geſetzlichen Beſchränkungen geführt.

Literatur: [1] Aigner, Auguſt, Der Salzbergbau in den öſterreichiſchen Alpen, in Berg- und Hüttenmänniſches Jahrbuch der k. k. Bergakademien, Wien 1892, S. 203. — [2] Bowie, A. J., A practical treatise on hydraulic mining in California, New York 1885. — [3] Rickard, The goldfields of Otago and alluvial mining in Otago, in Transactions of the American Institute of mining engineers, Easton, Pa., 1892, Bd. 21, S. 443 u. 445. *Treptow.*

Gewinnungsarbeiten. Unter Gewinnen verſteht der Bergmann das

Löſen der Mineralien und Geſteine aus dem natürlichen Zuſammenhange; die Gewinnungsarbeiten werden von einer beſonderen Arbeiterklaſſe, den Hauern oder Häuern, ausgeführt (die jüngeren Arbeiter unterſcheidet man als Lehrhäuer von den älteren oder Vollhäuern); hiernach heißen ſie auch Häuerarbeiten.

Die Werkzeuge der Häuer nennt man Gezähe (von dem mittelhochdeutſchen zauen, ſ. v. w. fertig machen, bereiten); der Stiel des Werkzeugs wird auch Helm genannt, das Befeſtigen des Stieles am Werkzeug heißt Beſtecken. Bei denjenigen Werkzeugen, die aus einem Blatte beſtehen, wie Spaten, Schaufel, Kratze, dient hierzu eine angeſchmiedete, tutenförmige Tülle, beim Hammer die Durchbohrung, Oehr genannt. — In ſolchen Fällen, in denen die nutzbaren Mineralien im Gebirge in kleineren Mengen vorkommen, muß auch Geſtein mit gewonnen werden, das in der bergmänniſchen Sprache Berg oder Berge (ſ. d.) genannt wird.

Der geringere oder größere Widerſtand, den die Geſteine der Gewinnung entgegenſetzen, hängt ab von der Härte des Geſteins, d. i. dem Widerſtand, den das Geſtein dem Eindringen der Gezähſtücke entgegenſetzt, und außerdem von der Geſteinsſpannung, d. h. dem Zuſammenhange des Geſteins im großen. Nach dem Grade der Gewinnbarkeit unterſcheidet man nach Werner folgende Zuſtände des Geſteins:

1. Rolliges Geſtein, die einzelnen Beſtandteile haben nur wenig Zuſammenhang, die Maſſen kommen leicht in Bewegung, z. B. Sand, Gerölle. 2. Mildes Geſtein, das ſind die weicheren Geſteine, z. B. manche Braunkohlen, die Tone (der Gegenſatz iſt feſt). 3. Gebräche Geſteine, härtere, jedoch klüftige Maſſen, die ſich noch leicht gewinnen (brechen) laſſen (der Gegenſatz iſt ganzes oder geſchloſſenes Geſtein), z. B. manche Sandſteine, Steinkohle. Die meiſten Geſteine ſind infolge der Verwitterung an der Oberfläche gebräch. 4. Feſte Geſteine, z. B. Kalkſtein, Tonſchiefer, Granit. 5. Sehr feſte Geſteine, z. B. Quarz, Schwefelkies. — Außerdem kann man noch feine Sande mit viel Waſſer, den Schwimmſand, Triebſand oder Fließſand mit Rückſicht auf die Gewinnung als beſonderes Geſtein betrachten und die in Waſſer leicht löslichen Geſteine, die Salze.

Je nach der Geſteinsbeſchaffenheit ſind auch die zur Anwendung kommenden Werkzeuge verſchieden; man unterſcheidet ſieben Gewinnungsarbeiten:

1. Die Wegfüllarbeit für rollige Maſſen und zur Uebergabe der bereits durch eine andre Arbeit gewonnenen Maſſen an die Förderung; 2. die Keilhauenarbeit für milde Geſteine; 3. die Hereintreibe- oder Keilarbeit für gebräche Geſteine; 4. die Schlägel- und Eiſenarbeit; 5. die Sprengarbeit (ſ. Sprengtechnik) und 6. das Feuerſetzen für die feſten und ſehr feſten Geſteine; 7. die Gewinnung mit Hilfe des Waſſers für rollige Maſſen und lösliche Geſteine.

Die Gewinnungsarbeiten können als reine Handarbeiten, zum Teil aber auch als Maſchinenarbeit ausgeführt werden, und zwar die Wegfüllarbeit durch die Bagger, die Keilhauenarbeit durch die Schrämmaſchinen, die Hereintreibearbeit durch die Keilapparate, die Herſtellung der Bohrlöcher für die Sprengarbeit durch die Geſteinsbohrmaſchinen; auch gibt es maſchinelle Einrichtungen, die ſich an diejenigen für den Tunnelbau anlehnen, zum Herſtellen von ganzen Strecken (ſ. Grubenbaue) die Streckenbohrmaſchinen; ſ. auch die betreffenden Einzelartikel. *Treptow.*

Gewirke, ſ. Wirkerei.

Gewirre, ſ. Schloß.

Gewitter, das Auftreten von Blitzen (ſ. d.) mit hörbarem Donner, meiſt in Begleitung von Niederſchlägen, als Ausgleich großer elektriſcher Spannungen, die an die Kondenſation des Waſſerdampfes oder deren Produkte gebunden ſind.

Die befriedigendſte Erklärung für die Luftelektrizität liefert die Ionentheorie [1]. Man unterſcheidet Wirbelgewitter, die im Innern tiefer Depreſſionen in Verbindung mit Stürmen und beſonders in der kalten Jahreszeit über dem Meere und den Küſtengebieten aufzutreten pflegen, und Wärmegewitter, die an warmes, ruhiges Wetter gebunden ſind und beſonders über dem Innern der Kontinente mit einem Maximum ihrer Häufigkeit in der täglichen Periode am Nachmittag beobachtet werden. Kurze, ſtarke Aenderungen des Luftdruckes, heftige Windſtöße (Gewitterböen) mit heftigen Niederſchlägen, beſonders auch Hagelfällen, und ſtarkes Sinken der Temperatur ſind häufige Begleiterſcheinungen. — Die Gewitter ſchreiten, an wenig umfangreiche ſekundäre Depreſſionen (ſ. oben) gebunden, vielfach in breiter Front- und geringer Tiefenentwicklung mit einer Geſchwindigkeit meiſt von 30—40 km pro Stunde dahin; in unſern Gegenden ziehen ſie ganz überwiegend aus Weſten bis Südweſten und aus dieſer Richtung am ſchnellſten heran. Verbindet man die Orte, an denen gleichzeitig der erſte Donner gehört wurde, ſo erhält man die Iſobronten, welche die Frontentwicklung des voranſchreitenden Gewitters darſtellen. Von einem Maximum der Gewitterhäufigkeit in den Tropen nimmt dieſe mit der Breite, wenn auch unregelmäßig, ab und ergibt für Deutſchland etwa 10—25 Gewittertage im Jahr. Durch Benutzung des den Aufgaben der drahtloſen Telegraphie dienenden Kohärers iſt man zur Konſtruktion von Gewitterregiſtrierapparaten, auch Gewitteranzeiger genannt, gelangt, die ferne Gewitter bis auf ſehr große Entfernungen anzuzeigen vermögen, vgl. [2].

[1] Ebert, Die Erſcheinungen der atmoſphäriſchen Elektrizität vom Standpunkt der Ionentheorie, Met. Zeitſchr. 1901. — [2] Met. Zeitſchr. 1903, Bd. 20. — [3] Hann, Lehrb. d. Meteorologie, Leipzig 1901, 2. Aufl. 1905. *Großmann.*

Gewölbe, Steindecken, aus einzelnen natürlichen oder künſtlichen Steinen ſo zuſammengefügt, daß ſie vermöge der Geſtalt und Lage dieſer Steine durch

die Umfaſſungsmauern des zu überdeckenden Raumes oder durch Stützen (Säulen) ſchwebend im Gleichgewicht erhalten werden und außerdem imſtande ſind, entſprechende Laſten zu tragen. Der Eigenart des Gewölbes entſpricht die Keilform der Steine, die ſich aus der Richtung des in jedem Punkte eines Gewölbes herrſchenden Druckes ergibt (ſ. Drucklinie). Daher ſind Gewölbe aus Bruchſteinen und Gußgewölbe (ſ. d.), bei welchen nur durch das Abbinden des Mörtels eine zuſammenhängende, gebogene oder ausgehöhlte Platte gebildet wird, nicht Gewölbe im eigentlichen Sinne, ſondern gehören nur zu der allgemeinen Gattung der Steindecken.

Die Kunſt des Gewölbebaues aus keilförmigen Steinen iſt nach den neueren Forſchungen [7], S. 121, [8], S. 46, eine ſehr alte, wie ſich dies aus den Ueberreſten von Kanälen, Toren, Brücken u. ſ. w. in Babylon, an verſchiedenen Orten Aſſyriens u. ſ. w. erwieſen hat; jedoch erſt die Römer haben den Gewölbebau zu richtiger Entwicklung gebracht und ihn bei ihren Tempel- und Palaſtbauten in ſtaunenswerter Weiſe verwendet. Sodann war es die in den Dienſt der Kirche tretende Baukunſt, die bei den byzantiniſchen, romaniſchen und gotiſchen Kirchenbauten weitere Fortſchritte des Gewölbebaues bezüglich geringerer Maſſenbildung und verſchiedenartiger Formgebung herbeiführte, während in neuerer Zeit bei der Ueberdeckung größerer Räume der Stein durch das Eiſen vielfach zurückgedrängt wird und nur der Brückenbau, namentlich bezüglich weiterer Ausbildung der Theorie des Gewölbebaues, Fortſchritte aufzuweiſen hat.

I. Gewölbeteile und Gewölbeformen.

Da ſich alle Gewölbeformen geometriſch ſowohl, als auch bezüglich des Steinſchnitts und des Steinverbandes auf das zylindriſche oder Tonnengewölbe zurückführen bezw. aus dieſem ableiten laſſen, ſo iſt als Urform der Gewölbe das Tonnengewölbe anzuſehen und ſind auch die Bezeichnungen ſeiner einzelnen Teile auf die entſprechenden der übrigen Gewölbe übertragen bezw. ihnen angepaßt worden.

a) Gewölbeteile. Man unterſcheidet beim Tonnengewölbe (ſ. Fig. 1): 1. die Widerlagsmauern oder Widerlager *W*, gegen welche das Gewölbe ſich ſtützt und auf welche es einen gewiſſen Schub ausübt; 2. die Stirnmauern oder Schildmauern *S*, welche das Gewölbe ſeitlich abſchließen und keinem Schube ausgeſetzt ſind; ſind keine Stirnmauern vorhanden, ſo wird das Haupt oder die Stirn *H* des Gewölbes ſichtbar und das Gewölbe wird zu einem offenen; 3. die Laibung *L*, welche die innere oder untere Begrenzungsfläche des Gewölbes bildet; 4. den Rücken *R* als obere oder äußere Begrenzungsfläche; 5. die zwiſchen dem Rücken und den weiter hinaufgeführten Widerlagsmauern befindlichen Räume, welche Zwickel oder Gewölbezwickel genannt werden; 6. die zur Laibung als ihr lotrechter Schnitt in einer gewiſſen Beziehung ſtehende Wölblinie, Wölbungslinie oder Bogenlinie *a b c*, durch deren Form auch die Geſtalt der Laibungsfläche beſtimmt wird. Ihre Endpunkte *a* und *c*, deren Entfernung voneinander die Gewölbeweite oder Spannweite feſtſetzt, heißen Kämpferpunkte, ihr Mittelpunkt *M* beſtimmt die Lage der Achſe des Gewölbes und ihr Scheitelpunkt *b* ergibt durch ſeinen Abſtand von der Verbindungslinie *a c* der Kämpferpunkte die Gewölbehöhe oder Pfeilhöhe *f* des Gewölbes; 7. die Verbindungslinie der auf ein und derſelben Seite des Gewölbes liegenden Kämpferpunkte heißt Kämpferlinie (in Fig. 1 *a d* und die zu *a d* Parallele von *c* aus) und die durch die beiden Kämpferlinien feſtgeſetzte Ebene Kämpferebene; 8. die aufeinander folgenden Lagen der Scheitelpunkte legen die Scheitellinie des Gewölbes feſt; 9. die rechts und links von einer durch die Scheitellinie gelegten lotrechten Ebene befindlichen Gewölbeteile werden Gewölbeſchenkel genannt; 10. Kämpferſteine oder Anfänger, auch Gewölbeanfang oder Gewölbefuß genannt, ſind die unmittelbar auf dem Widerlager ruhenden Gewölbeſteine *A*, während ihre durch *a m* und *c n* beſtimmte Auflagerfläche die Gewölbeſohle oder Widerlagsfläche heißt; 11. der in einem Gewölbequerſchnitt am höchſten gelegene, die Scheitellinie enthaltende Gewölbeſtein *B* wird der Schlußſtein genannt; ſeine Höhe in der Mitte beſtimmt die Scheitelſtärke des Gewölbes, während an jeder andern Stelle die Länge der an der Gewölbeſtirn oder, wenn dieſe ſchief iſt, die Länge der im zur Gewölbeachſe ſenkrechten Schnitt ſichtbar werdenden, ſenkrecht zur Wölblinie gerichteten Gewölbefuge als Maß für die Gewölbedicke oder Gewölbeſtärke gilt; 12. Gewölbeſcharen oder Gewölbeſchichten ſind die in gleicher Höhe liegenden Steinreihen, welche von je zwei benachbarten Lagerflächen begrenzt ſind. Durch die Stoßflächen werden ferner die Gewölbeſchichten in einzelne Gewölbeſteine geteilt.

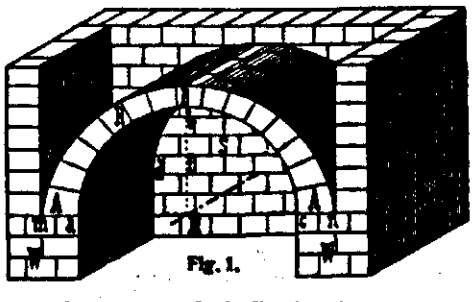


Fig. 1.

b) Gewölbeformen. Die Geſtalt der Laibungsfläche eines Gewölbes iſt maßgebend für die Steinanordnung ſowohl wie für ſeine Benennung, und auf einfach ſynthetiſch-geometriſchem Wege laſſen ſich aus der Urform der Gewölbe, aus dem Tonnengewölbe, die Formen der Laibungsflächen der übrigen Gewölbearten ableiten. Die einfachſte Form der Laibungsfläche

eines Tonnengewölbes ist die durch geradlinige Fortbewegung eines halbkreisförmigen Bogens $a\,b\,c$ entstehende Mantelfläche eines halben geraden Kreiszylinders (s. Fig. 2); die Achse des Gewölbes $M\,M'$ wird hier durch die Fortbewegung des Mittelpunktes M des halbkreisförmigen Bogens erzeugt und steht senkrecht zu den Stirnflächen, so wie jeder senkrecht zur Achse geführte Schnitt $a'\,b'\,c'$ einen Halbkreis als Wölblinie ergibt. Die Kämpfer- und Scheitellinien $a\,a'$, $c\,c'$ bezw. $b\,b'$ liegen wagerecht und sind parallel zur Achse, während die Pfeilhöhe $M\,b$ der halben Spannweite gleich ist. Verändert sich die Form der Wölblinie, indem sie weniger als die Hälfte der Spannweite zur Pfeilhöhe erhält, so entsteht das flache oder Stichbogengewölbe (vgl. Fig. 3), welches auch Kappengewölbe oder preußische Kappe genannt wird, wenn das Pfeilverhältnis 1 : 10 bis 1 : 12 wird. Besteht die Wölblinie aus einer halben Ellipse, einer Parabel oder einem Korbbogen, so entsteht ein elliptisches bezw. parabolisches oder Korbbogengewölbe. Dabei können, je nachdem die Pfeilhöhe kleiner oder größer als die halbe Spannweite angenommen wird, gedrückte bezw. überhöhte Gewölbe unterschieden werden.

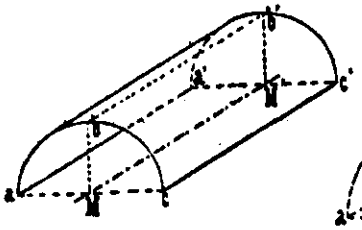


Fig. 2.

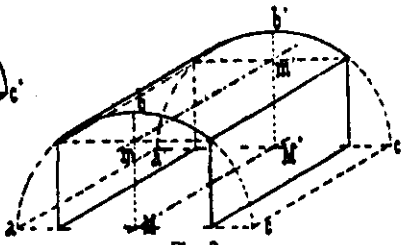


Fig. 3.

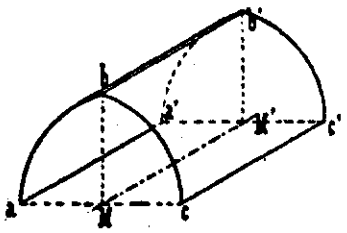


Fig. 4.

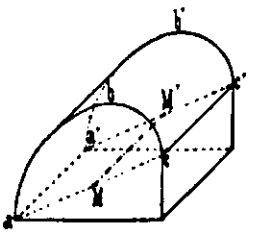


Fig. 5.

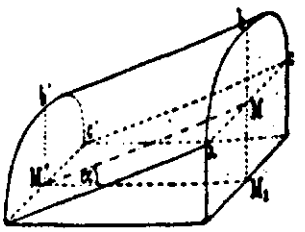


Fig. 6.

Ist die Wölblinie eine gerade Linie oder ein Kreisbogen mit unendlich fernem Mittelpunkt, so wird das Gewölbe zum scheitrechten Gewölbe. Bildet die Wölblinie keine stetig gekrümmte Kurve, sondern besteht sie aus zwei Bogenschenkeln, die im Scheitel einen Bogenwinkel

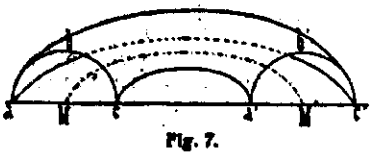


Fig. 7.

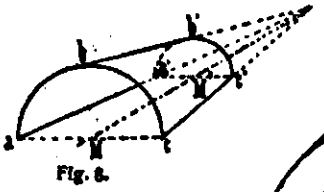


Fig. 8.

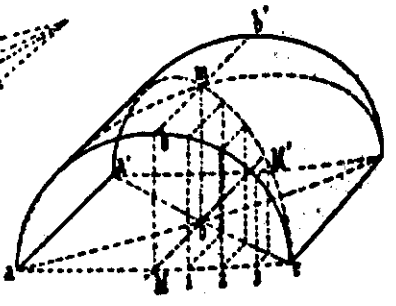


Fig. 9.

bilden, so entsteht ein spitzbogiges oder gotisches Gewölbe (s. Fig. 4). Liegen die Kämpferlinien zwar jede für sich wagerecht, jedoch nicht in ein und derselben Horizontalebene, so heißt das Gewölbe einhüftig (s. Fig. 5), während ein Gewölbe, dessen Kämpferlinien mit der Horizontalebene einen spitzen Winkel α einschließen, ansteigendes Gewölbe (s. Fig. 6) genannt wird. Im Gegensatz zum geraden Gewölbe, dessen Stirnebenen senkrecht zur geradlinigen Achse stehen, heißt ein Gewölbe schief, wenn die Stirnebenen einen spitzen oder stumpfen Winkel mit der Achse einschließen. Bildet die Achse des Gewölbes eine wagerecht liegende, geschlossene oder offene Kurve, so entsteht das Ringgewölbe (s. Fig. 7), und ist die Achse eine Raumkurve, insbesondere eine Schraubenlinie, so wird von der an dieser mit ihrem Mittelpunkt hingleitenden, mit ihrer Ebene stets senkrecht zur Achse bleibenden Wölblinie ein Schneckengewölbe erzeugt. Denkt man sich den beim zylindrischen Tonnengewölbe im Unendlichen befindlichen Schnittpunkt der Zylindererzeugenden ins Endliche gerückt, so entsteht das kegelförmige oder Kegelgewölbe (s. Fig. 8).

Aus der Durchdringung zweier Tonnengewölbe von gleicher Pfeilhöhe entstehen zwei neue Gewölbeformen: das Kreuzgewölbe bezw. das Klostergewölbe, je nachdem man die bei der Durchdringung sich bildenden „Kappen“ oder bezw. die „Wangen“ oder „Walme“ beibehält.

Schneidet man ein halbkreisförmiges Tonnengewölbe (s. Fig. 9) durch zwei lotrechte Diagonalebenen, so entstehen nämlich auf der Laibungsfläche als Schnittlinien dieselben halben Ellipsen, die als Durchdringungskurven sich bilden, wenn ein zweites, gleichgroßes Gewölbe das erstere senkrecht durchdringen würde. Durch diese Schnittlinien oder Durchdringungskurven wird jedes der beiden sich durchdringenden Gewölbe in vier Teile geteilt, von denen je zwei gegenüberliegende einander gleich und symmetrisch gelegen sind. Die Teile $a\,b\,c\,m$ und $a'\,b'\,c'\,m$ werden „Kappen“, die Teile $a\,m\,a'$ und $c\,m\,c'$ „Wangen“ oder „Walme“ genannt. Die Kappen

haben nur Kämpferpunkte *a* und *c*, *a'* und *c'* zu Widerlagern, ſind von drei gekrümmten Linien begrenzt und enthalten je einen Teil der Scheitellinie *b b'* des zerſchnittenen Gewölbes. Die Wangen oder Walme dagegen behalten ihr Widerlager und ſind von einer Geraden (der Kämpferlinie *a a'* bezw. *c c'*) und zwei gebogenen Linien begrenzt, die ſich im Scheitel des Gewölbes im Punkte *m* treffen; ſie haben alſo eine Widerlagerlinie und einen Scheitelpunkt. Setzt man nun vier der beſchriebenen „Kappen“ nach Art der Fig. 10 zuſammen, ſo erhält man die Laibungsfläche eines **Kreuzgewölbes** über quadratiſchem Raum, welches vier Widerlagerpunkte und vier Scheitellinien beſitzt, von denen je zwei in eine und dieſelbe Richtung zuſammenfallen, während an den Stellen, an denen ſich die Gewölblaibungen durchdringen, ſich nach innen vorſpringende Gratlinien zeigen. Setzt man dagegen vier der vorhin beſchriebenen „Wangen“ oder „Walme“ zuſammen, ſo entſteht die Laibungsfläche eines **Kloſtergewölbes** über quadratiſchem Raum, bei welchem die vier Umfaſſungsmauern Widerlagermauern bilden, während die Spitzen der Wangen in einem Punkte *m* (ſ. Fig. 11) zuſammentreffen, wo auch ihre einſpringenden Gratlinien als Durchdringungslinien der Laibungsflächen zuſammenlaufen.

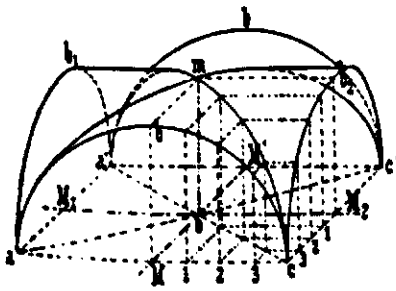


Fig. 10.

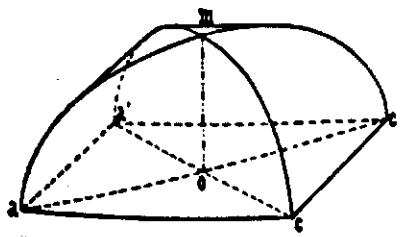


Fig. 11.

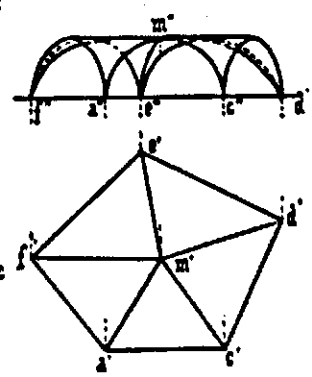


Fig. 12.

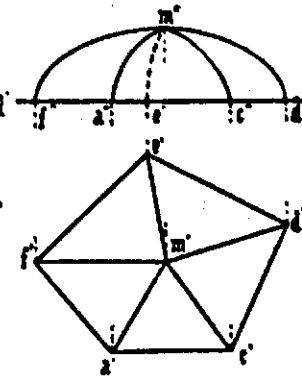


Fig. 13.

Der Grundriß des mit einem der beiden genannten Gewölbearten zu überdeckenden Raumes braucht jedoch keineswegs quadratiſch zu ſein, ſondern kann beliebig, regelmäßig oder unregelmäßig polygonal geſtaltet werden. Man erhält über demſelben ein Kreuzgewölbe, wenn man die Ecken der polygonalen Grundrißfigur als Widerlagerpunkte ebenſovieler Kappen von gleicher Pfeilhöhe anſieht (ſ. Fig. 12), die mit ihren Spitzen ſich in einem Punkte, dem Schnittpunkt der Scheitellinien, vereinigen, während bei der Bildung eines Kloſtergewölbes die Seiten der polygonalen Grundrißfigur zu Kämpferlinien ebenſovieler Wangen von gleicher Pfeilhöhe werden (ſ. Fig. 13), deren Spitzen ſich im Scheitelpunkt des Gewölbes treffen. Im Grundriß (vgl. Fig. 12 und 13) zeigt ſich in beiden Fällen kein Unterſchied; beim Kreuzgewölbe muß die Horizontalprojektion des Schnittpunktes der Scheitellinien, beim Kloſtergewölbe diejenige des Scheitelpunktes mit dem Schwerpunkt der Grundrißfigur zuſammenfallen, und in beiden Fällen werden daher die Horizontalprojektionen der Gratlinien ſtrahlenförmig nach den Ecken verlaufen. Werden die nach innen vorſpringenden, urſprünglich ſcharfkantigen Grate des Kreuzgewölbes als profilierte Rippen ausgebildet, ſo entſteht das **gerippte Kreuzgewölbe**, und wird die Zahl dieſer Rippen vermehrt, ſo daß der Grundriß ſtern- und netzförmige Figuren bildet (vgl. Fig. 14—17), ſo erhält man die Laibungsflächen des **Stern-** bezw. **Netzgewölbes**.

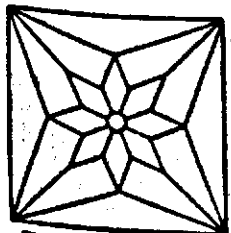


Fig. 14. Sterngewölbe.

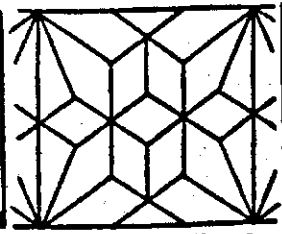


Fig. 15. Netzgewölbe aus dem Ulmer Münſter.

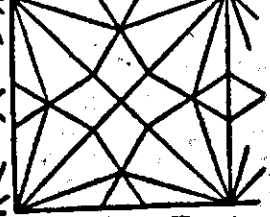


Fig. 16. Netzgewölbe aus dem Ulmer Münſter.

Fig. 17. Netzgewölbe aus dem St. Stephans-Dom, Wien.

Durch unendliche Vermehrung der in einem Widerlagerpunkt zuſammenlaufenden Rippen des Sterngewölbes oder durch Umdrehung der halben Wölblinien der Kreuzkappen um die in den Widerlagerpunkten gedachten Lotlinien als Achſen erhält man die Laibungsfläche des **Fächer- oder Trichtergewölbes**, das auch **normänniſches oder angelſächſiſches Gewölbe** genannt wird.

Das **Fächer- oder Trichtergewölbe** zeigt auf ſeiner Laibungsfläche Umdrehungsflächen, die im Scheitel zum Teil aneinander ſtoßen, zum Teil durch zwiſchengeſchaltete Ueber-

gangsflächen miteinander verbunden werden. Bei quadratiſchem Grundriß erhält man ein ſolches Gewölbe, wenn man (ſ. Fig. 18) in jeder der vier Ecken einen Viertelkreis oder eine andre Wölblinie um eine lotrechte Achſe um 90° ſich gedreht denkt und die durch die Bewegung — bei welcher jeder Punkt der Wölblinie wagerecht liegende Viertelkreiſe beſchreibt — erzeugte trichterförmige Fläche als Laibungsfläche eines Gewölbes anſieht, in deſſen Scheitel eine von vier konvexen Viertelkreiſen $a\,a_1$, $a_1\,a_2$, $a_2\,a_3$ und $a_3\,a$ begrenzte Oeffnung $a\,a_1\,a_2\,a_3$ frei bleibt, die durch ein ſcheitrechtes Gewölbe geſchloſſen werden kann. Häufig wurde dieſe Oeffnung mit vortretenden Rippen geſäumt und durch einen die vier Viertelkreiſe berührenden Kreis geteilt, der durch eine vor die Laibungsfläche vortretende, die trichterförmigen Flächen verſpannende Rippe ausgezeichnet und durch eine flache Kuppel überwölbt wurde, während die vier Zwickelfelder ebenfalls flache Ueberwölbungen erhielten (ſ. Fig. 19). Statt die trichterförmigen Flächen durch die Viertelkreiſe $a\,a_1$, $a_1\,a_2$ u. ſ. w. zu begrenzen, kann man ſie, der Wölblinie entſprechend, auch weiter fortgeſetzt denken, ſo daß ſie ſich durchdringen und dadurch eigenartig gekrümmte Gratlinien entſtehen, wie dies Fig. 20 für einen länglich rechteckigen Grundriß zeigt, wobei die nachträglich einzuwölbende Oeffnung fortfällt und keine weiteren Zwiſchenflächen eingewölbt zu werden brauchen. Dieſe Art der Trichtergewölbe eignet ſich beſonders für die Ausführung in Backſteinen, während die zuerſt beſprochene, namentlich in England bei den mittelalterlichen gotiſchen Bauten, unter Verwendung des Tudorbogens, zu den verwickeltſten Steinkonſtruktionen geführt hat, indem die Trichterfläche in einzelne dem Scheitel zuſtrebende Rippen mit dazwiſchengeſpannten Gewölbefeldern von geringerer Stärke aufgelöſt wurde und im Scheitel reichgeformte herabhängende Schlußſteine, die durch beſondere Tragbogen im Gleichgewicht gehalten werden mußten, zur Verwendung kamen (ſ. Fig. 21) [7], S. 190. Auch wurde vielfach die von den ſich berührenden Trichterflächen offen gelaſſene Scheitelfläche mit einem reichen Maßwerk netzförmig ausgefüllt. In ſpäterer Zeit wurde das verzierende reiche Rippenwerk in England erſt nach hergeſtellter Ueberwölbung in die Gewölbelaibung eingemeißelt und verlor ſomit den konſtruktiven Charakter. In gleicher Weiſe kann bei in Backſteinen ausgeführten Gewölben durch Stuck und Malerei das Rippen- und Maßwerk in phantaſtiſchſter Form hergeſtellt werden. Bei Verwendung des Trichtergewölbes für größere Räume muß ihr Grundriß durch Säulenſtellung in Rechtecke oder Quadrate geteilt werden, wobei in jeder Ecke Viertelrichter, an den Wänden halbe und über den Säulen ganze Trichter entſtehen (ſ. Fig. 22). Beiſpiele neuerer Ausführungen ſind die unter Leitung von Perſius ausgeführte Decke des Bibliothekzimmers im Schloſſe zu Babelsberg [7], S. 189, und die Decke der von Schlüter erbauten Börſenhalle zu Frankfurt a. M. [7], S. 188. Auch in der von Oberbaurat v. Leins erbauten Königsvilla in Berg bei Stuttgart ſind Ueberwölbungen mit Trichtergewölben ausgeführt worden [7], S. 188. Vgl. a. [1], [2], S. 458, [3], S. 178, [4], S. 67, [7], S. 187, [9], S. 495.

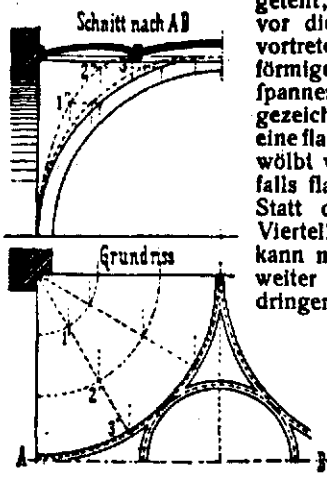


Fig. 19.

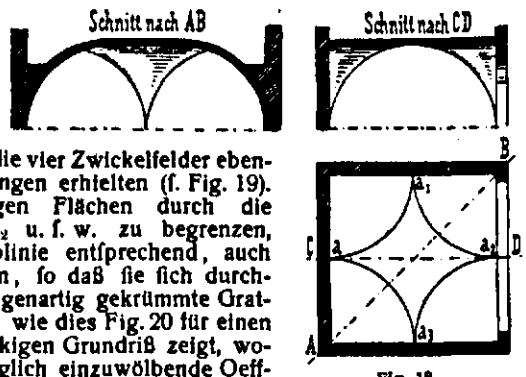


Fig. 18.

Als Abarten des Kloſtergewölbes können das Muldengewölbe (ſ. Fig. 23) und das Spiegelgewölbe (ſ. Fig. 24) angeſehen werden. Die Laibungsfläche des erſteren entſteht, wenn ein Tonnengewölbe an den Enden mit entſprechenden Wangen abgeſchloſſen wird

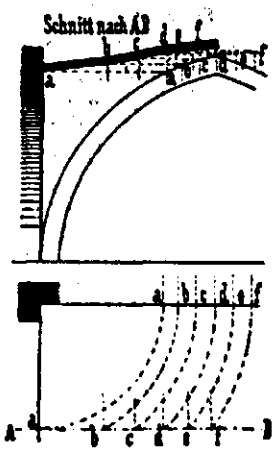


Fig. 20.

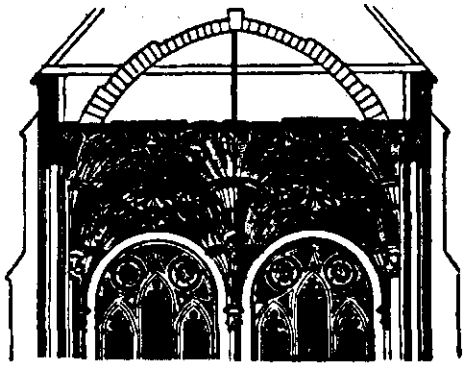


Fig. 21.

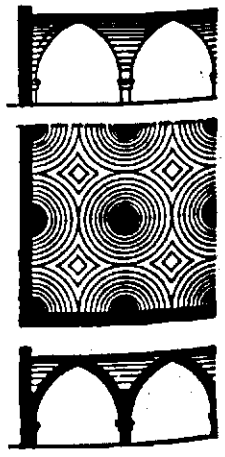


Fig. 22.

(f. Fig. 23); letzteres wird gebildet, wenn ein ſcheitrechtes Gewölbe rings mit Wangenſtücken umgeben wird (f. Fig. 24). Wird die Anzahl der Seiten der Grundrißfigur eines Kloſtergewölbes unendlich groß, ſo geht es in das Kuppelgewölbe über, das infolgedeſſen eine in ſich ſelbſt geſchloſſene krumme Linie als Kämpferlinie beſitzt und, da die Gratlinien verſchwinden, eine einheitlich gekrümmte, zuſammenhängende Laibungsfläche aufweiſt (Fig. 25). Wird als Grundrißform des zu überwölbenden Raumes der Kreis angenommen, ſo erhält man in allen lotrecht

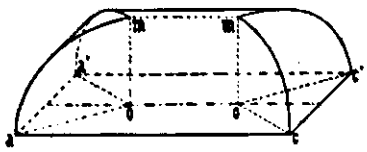


Fig. 23.

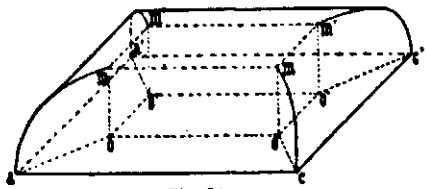


Fig. 24.

durch den Scheitelpunkt gelegten Querſchnitten lauter kongruente Kurven (Meridianlinien); ſind dieſe insbeſondere kongruente Kreisabſchnitte, ſo iſt das Gewölbe ein Kugelgewölbe.

Unter Vorausſetzung eines Kreiſes als Grundrißfigur kann die Laibungsfläche des Kuppelgewölbes daher auch ganz allgemein als Umdrehungsfläche angeſehen werden, die durch Umdrehung eines Viertelmeridians $A\,S$ (Viertelkreis, Viertelellipſe, Parabel, Korblinie u. ſ. w., ſ. Fig. 25) um die lotrechte Achſe $O\,S$ in der Pfeilrichtung 1 erzeugt wird und je nach der zugrunde gelegten Erzeugungskurve die Laibungsfläche eines kugelförmigen, elliptiſchen u. ſ. w. Kuppelgewölbes darſtellen wird. Anderſeits kann, unter Vorausſetzung der Kongruenz der Meridianlinie $A\,S\,B$ (über der einen Achſe $A\,B$ der Grundrißfigur) mit

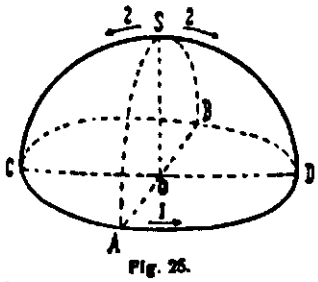


Fig. 25.

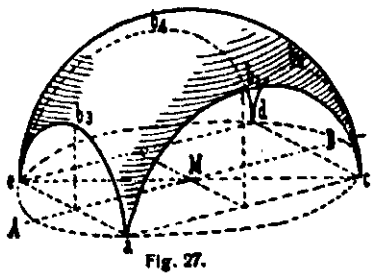


Fig. 27.

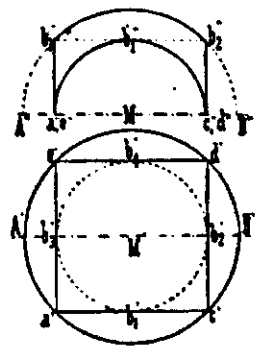


Fig. 26.

der halben Grundrißlinie ($A\,D\,B$ bezw. $A\,C\,B$), die Erzeugung der Kuppellaibung auch durch Bewegung der Meridianlinie $A\,S\,B$ in der Pfeilrichtung 2 (ſ. Fig. 25) nach der einen und andern Richtung entſtanden gedacht werden.

Bei Kuppelgewölben über rechteckigen Räumen können ſich verſchiedene Anordnungen ergeben. Iſt der Kuppeldurchmeſſer gleich der Diagonale der zu überwölbenden quadratiſchen oder rechteckigen Grundrißfigur (ſ. Fig. 26 und 27), ſo ergibt der Diagonalſchnitt über $e\,c$ eine Meridiankurve, während die Seitenflächen des zu überwölbenden Raumes kleinere Kurven aus der Laibungsfläche herausſchneiden, welche den Charakter von Schildbogen (ſ. d.) tragen, hier aber als Kämpferlinien anzuſehen ſind. Da ein ſolches Gewölbe in den Ecken des Raumes gewiſſermaßen tiefer herabhängt, nennt man es eine Hängekuppel. Iſt bei halbkugelförmiger Kuppel der zu überwölbende rechteckige Raum insbeſondere quadratiſch, ſo werden die Schildbogen zu untereinander kongruenten Halbkreiſen (ſ. Fig. 26), während bei länglich rechteckigem Grundriß nur die gegenüber liegenden Schildbogen kongruente Halbkreiſe ſind (ſ. Fig. 27). In beiden Fällen laſſen ſich die Umfaſſungsmauern halbkreisförmig durchbrechen, ſo daß dann eine nur auf vier in den Ecken angebrachten, durch Mauerbogen zu verbindenden Stützen (Pfeilern, Säulen) aufruhende Hängekuppel entſteht. Wird der Kugeldurchmeſſer größer als die Diagonale der rechteckigen Grundrißfigur, ſo entſteht eine flache Hängekuppel, die den Namen böhmiſches Gewölbe oder böhmiſches Kappengewölbe führt, das auch über beliebig polygonalem Raum errichtet gedacht werden kann, wenn die Horizontalprojektion des Kugelmittelpunktes mit derjenigen des Schwerpunktes der Grundrißfigur zuſammenfallend angenommen wird.

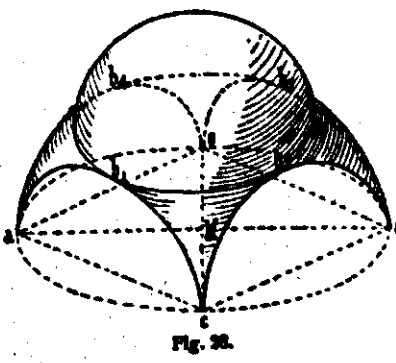


Fig. 28.

Iſt der Kuppeldurchmeſſer kleiner als die Diagonale des Rechtecks, ſo entſteht ein zuſammengeſetztes Kuppelgewölbe, das ebenfalls „Hängekuppel“ genannt wird und aus den in die Ecken hinabreichenden Teilen (den „Gewölbezwickeln“) der einfachen Hängekuppel und der auf erſteren mittels eines meiſt durch ein Kranzgeſims hervorgehobenen Ringes aufruhenden eigentlichen Kuppel beſteht (ſ. Fig. 28); wird zwiſchen der letzteren und den Gewölbezwickeln ein Zylinderſtück (Trommel, Tambour) eingeſchaltet, ſo erhält man die Hängekuppel mit

Tambour (f. Fig. 29). Wird endlich die häufig zur Beleuchtung des Kuppelraums verwendete, mit einem Licht- oder Schlußring (auch Lichtkranz) verfehene obere Oeffnung mit einem Aufſatz, Laterne genannt, verſehen, ſo entſteht das Kuppelgewölbe mit Laterne (Fig. 30). Gleichzeitig zeigt Fig. 30 die Geſtalt einer Doppelkuppel, die aus zwei ſelbſtändigen Kuppeln mit voneinander unabhängigen Umdrehungsflächen beſteht. Wenn von der Laibungsfläche eines Kuppelgewölbes (ſ. Fig. 25) die Hälfte oder ein größerer Teil abgeſchnitten und entfernt wird, ſo ergibt ſich die Laibungsfläche des Nifchengewölbes, das bei entſprechender Größe zum Chorgewölbe (ſ. Chor) wird.

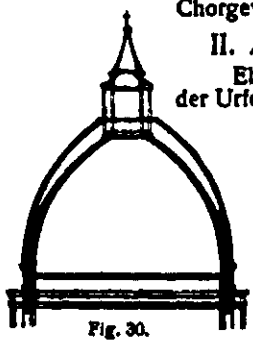


Fig. 30.

II. Ausführung der Gewölbe.

Ebenſo wie die Gewölbeformen ſich aus der Urform des Tonnengewölbes ableiten laſſen, kann auch die Einwölbungsweiſe aller Gewölbe auf diejenige des Tonnengewölbes zurückgeführt werden. In allen Fällen iſt man beſtrebt, die Lagerflächen möglichſt ſenkrecht zur Druckrichtung zu ſtellen, woraus ſich für das Tonnengewölbe auf die ganze Tiefe des Gewölbes durchlaufende keilförmige Schichten oder „Scharen“ und parallel zu den Kämpferlinien verlaufende Lagerfugen ergeben (Einwölbung „auf den Kuf“). Nur mit wenigen Ausnahmen (beim Kappen-, Kreuz- und Kuppelgewölbe, ſ. unten) iſt ſtets während der Ausführung der Gewölbe ein Lehrgerüſt (ſ. d.) zur Unterſtützung der Wölbſteine erforderlich. Auf der Einſchalung eines ſolchen Lehrgerüſtes erfolgt dann die Einwölbung ſymmetriſch gegen den Scheitel, deſſen Lage auf den Lehrbogen oder auf der Schalung bezeichnet ſein muß. An den Kämpfern muß, wegen der ungeraden Teilung der Wölblinie, mit der gleichen der zwei abwechſelnd ſich überbindenden Schichten begonnen werden. Zur Nachprüfung der richtigen Stellung der Lagerflächen kann bei Mauerbogen (ſ. d.) und an der Stirn offener Gewölbe mit kreisförmiger Wölblinie eine Schnur benutzt werden, die mit einem Nagel im zugehörigen Mittelpunkt an einer geeignet angebrachten Latte oder dergl. befeſtigt wird. Kann der Mittelpunkt nicht in dieſer Weiſe erreicht werden oder hat man es mit einem an den Stirnen geſchloſſenen Gewölbe zu tun, ſo wird eine Schablone hergeſtellt, die, auf die Einſchalung geſtellt, durch ihre Seitenkante die jedesmalige Richtung der Fuge angibt. Der Schlußſtein bezw. die Schlußſchicht muß vorſichtig eingeſetzt werden, damit das Gewölbe nicht erſchüttert wird. Zu empfehlen iſt es, beſonders bei Hauſteineinwölbungen, den Schlußſtein trocken einzuſetzen und die Fugen von oben auszugießen. Nach Einſetzen des Schlußſteins wartet man die Erhärtung des Mörtels ab, worauf die Lehrgerüſte vorſichtig ausgerüſtet werden können (ſ. Ausrüſten). Bei den Mauerbogen aus Werkſteinen reichen gewöhnlich die keilförmigen Wölbſteine durch die ganze Mauer. Bei Gewölben aus Werkſteinen iſt darauf zu achten, daß die Lagerflächen der einzelnen Wölbſteine einer Schicht in einer Ebene durch das ganze Gewölbe hindurchgehen, alſo in einer Schicht nur Steine von gleicher Dicke liegen. Obgleich bei Werkſteinen der Mörtel mehr die Aufgabe gleichmäßiger Druckverteilung übernimmt, weshalb häufig nur dünne Lagen aus Weißkalk oder Bleiplatten verwendet werden, ſcheint die Mörtelverbindung doch gut zu gelingen, wenn man nach Rheinhard [11], [12] ſehr ſteifen Mörtel verwendet und ihn in ſehr weite, 15—30 mm ſtarke Fugen der rauh gehaltenen Lagerflächen nach Annäſſen der Steine von oben einſtampft [11], [12], [15], S. 473. Die Wölbſteine werden bei dieſem Verfahren auf dem Lehrgerüſt im Fugenabſtande verteilt und gegeneinander verkeilt. An den Stirnfeiten werden die Fugen enger angelegt, und um das Herauspreſſen des Mörtels zu vermeiden, wird ein Tau eingebracht. Bei Backſteinbogen und Gewölben werden, da keilförmig gebrannte Steine nur ſelten zur Verwendung kommen (bei profilierten Bogen, im Backſteinrohbau und bei röhrenförmigen Kanälen), infolge der parallelepipediſchen Form der Steine die Fugen keilförmig, was bei großen Gewölbeſtärken dazu geführt hat, ſtatt durch die ganze Gewölbeſtärke hindurchreichender Schichten (ſ. Bogenverband) einzelne im Verband gewölbte Ringe übereinander zu ſetzen (*a* in Fig. 31). Bei dieſer Anordnung wird jeder Ring verſchieden beanſprucht, alſo ſpielt hier die Feſtigkeit des Mörtels eine beſonders wichtige Rolle. Zu empfehlen iſt es, die einzelnen Ringe von Zeit zu Zeit durch Binder miteinander zu verbinden (*b* in Fig. 31). Auch verzahnte Ringe (Fig. 32) ſind von Bräuſer [13] in Vorſchlag gebracht worden. Bei Bruchſteingewölben kommt es in erſter Linie auf guten Mörtel und auf eine gewiſſenhafte Ausführung an [14]. Sind mehrere Gewölbe nebeneinander einzuwölben und ſind die Zwiſchenſtützen als Pfeiler und nicht als Widerlager berechnet, ſo müſſen alle Oeffnungen gleichzeitig eingerüſtet oder doch wenigſtens abgeſteift werden.

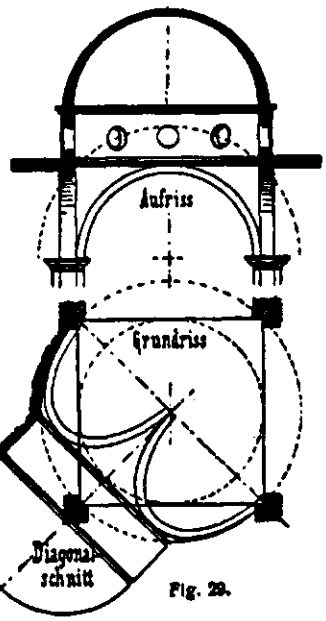


Fig. 29.

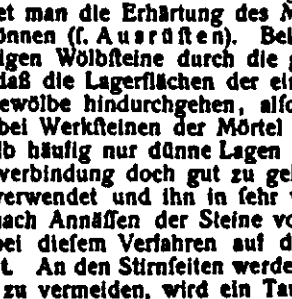


Fig. 31.

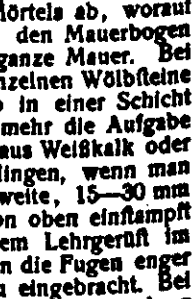


Fig. 32.

a) Tonnengewölbe (Zylindergewölbe). Wird das in ſeiner Form von der Geſtaltung

der Wölbungslinie (f. d.) abhängende Tonnengewölbe in der obenbeſprochenen Weiſe mit zu den Kämpferlinien parallelen Lagerfugen eingewölbt, ſo nennt man es auch Kufgewölbe. Im übrigen ſind außer den Mauerbogen (f. d.), die als Tonnengewölbe von geringer Tiefe angeſehen werden können, bezüglich ihrer Ausbildung die nachſtehenden Arten des Tonnengewölbes zu unterſcheiden:

α) Kaſſettengewölbe oder kaſſettierte Gewölbe. Kaſſettengewölbe zeigen auf ihrer Gewölbelaibung eine regelmäßige Gliederung durch umrahmte Vertiefungen (Kaſſetten). Bei Tonnengewölben aus Backſteinen werden nach einem von Moller angegebenen Verfahren [16] die Querrippen als Ringe und zwiſchen dieſen, ſie verſpannend, die Längsrippen als ſcheitrechte Bogen ausgeführt (ſ. Fig. 33 und 34). Bei der Ausführung werden auf

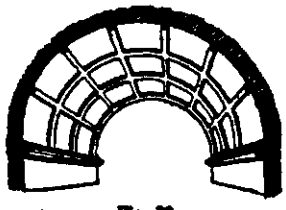


Fig. 33.

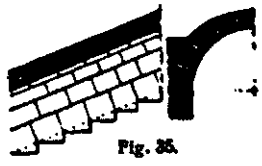


Fig. 35.

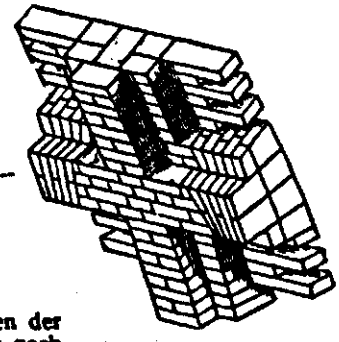


Fig. 34.

der Verſchalung des Lehrgerüſtes, entſprechend den Vertiefungen der Kaſſetten, in regelmäßigen Abſtänden Holzkaſten befeſtigt, die nach oben etwas verjüngt ſind, damit dieſelben beim Ausrüſten nicht am Gewölbe hängen bleiben oder Teile desſelben mitreißen.

β) Preußiſche Kappen ſind flache Tonnengewölbe mit etwa $^1/_{10}$—$^1/_{12}$ Pfeilhöhe, die bei Spannweiten bis zu 2,5 m aus Backſteinen in einer gleichmäßigen Stärke von $^1/_2$ Stein namentlich zu Kellerüberwölbungen verwendet werden. Die Einwölbung geſchieht entweder mit Hilfe von eingeſchalten Lehrgerüſten mittels der Kufeinwölbung oder der Mollerſchen Einwölbung (ſ. d.) oder auf Rutſchlehrbogen mittels der ringförmigen Einwölbung (ſ. d.) oder mittels der Schwalbenſchwanzeinwölbung (ſ. d.) mit Hilfe einzelner Lehrbogen.

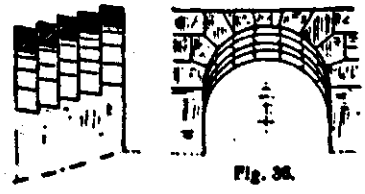


Fig. 36.

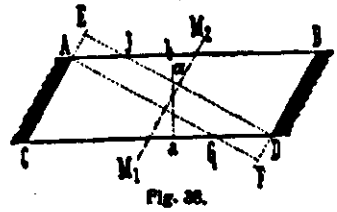


Fig. 36.

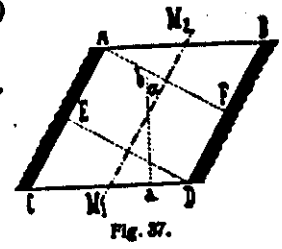


Fig. 37.

γ) Rampengewölbe oder anſteigende Gewölbe müſſen bei Anwendung von Hauſteinen einen derartigen Steinſchnitt erhalten, daß ſowohl das Abrutſchen des ganzen Gewölbes auf den Widerlagern als auch das Gleiten der einzelnen Gewölbeſchichten verhindert wird [17]. Dies kann durch Abtreppen der Widerlager (ſ. Fig. 35) oder durch Anwendung von hakenförmig eingreifenden Steinen geſchehen. Um dieſe außergewöhnliche Steinformen bedingende Ausführungsweiſen zu umgehen, hat man häufig das Gewölbe in einzelne nebeneinander ſtehende Bogen aufgelöſt (ſ. Fig. 36, auch Zonengewölbe genannt). Bei Anwendung von Backſteinen hat die Ausführung des Rampengewölbes keine Schwierigkeit, nur muß bei der Einrüſtung auf das Beſtreben des Abgleitens, ſolange der Mörtel noch friſch iſt, Rückſicht genommen werden.

δ) Schiefe Gewölbe entſtehen, wenn die Gewölbeachſe $M_1 M_2$ (ſ. Fig. 37—41) nicht rechtwinklig zu den Stirnebenen AB bezw. CD gerichtet iſt, wobei als Maß der Schiefe der Winkel α gilt, um den die Richtung der Gewölbeachſe $M_1 M_2$ von der Senkrechten ab zur Stirnebene abweicht. Je größer dieſer Winkel iſt, um ſo weniger eignet ſich die gewöhnliche Kufeinwölbung (ſ. d.), da bei einer ſolchen die Kraftübertragung in Ebenen erfolgt, die ſenkrecht zu den Widerlagerrichtungen ſtehen, alſo in Fig. 37 nur der mittlere Teil $AFDE$ ſtandfücher wäre, während die über den dreieckigen Grundflächen ABF und CDE befindlichen Gewölbeteile in den Punkten A bezw. D kein genügendes Auflager finden, alſo abgeſichert würden, wenn dies nicht etwa durch genügend tief hineinreichende Binderſteine oder durch Verankerung verhindert würde. Bei geringer Gewölbetiefe (ſ. Fig. 39) könnten auch tief eingreifende Binderſteine das Abſcheren nicht mehr verhindern, da hier die lotrechten, ſenkrecht zu den Widerlagerrichtungen ſtehenden Ebenen AF und DE das Gewölbe in drei nicht ſtandfähige Teile ACG, $AGDJ$ und DJB zerlegen, von denen der mittlere Teil nur Punktauflager, die beiden Seitenteile ACG und DJB aber in den Punkten G und J gar kein Widerlager beſitzen würden. Um die Standſicherheit zu ermöglichen, dürfen daher die von Widerlager zu Widerlager wirkenden Kräfte nicht ſenkrecht zu den Widerlagerrichtungen hinübergeleitet werden, ſondern müſſen in Ebenen zur Wirkung gelangen, die parallel zu den Gewölbeſtirnen liegen. Da nun in jedem Mauerwerk die Lagerflächen ſenkrecht oder nahezu ſenkrecht zur Kraftrichtung ſtehen ſollen, ſo folgt, daß ſie auch hier ſenkrecht zu der ſoeben angegebenen Richtung zu ſtellen ſind, während die Stoßflächen in dieſe Richtung ſelbſt fallen, alſo parallel zu den Gewölbeſtirnen angeordnet werden müſſen. Dieſer Grundgedanke hat folgende Löſungen entſtehen laſſen:

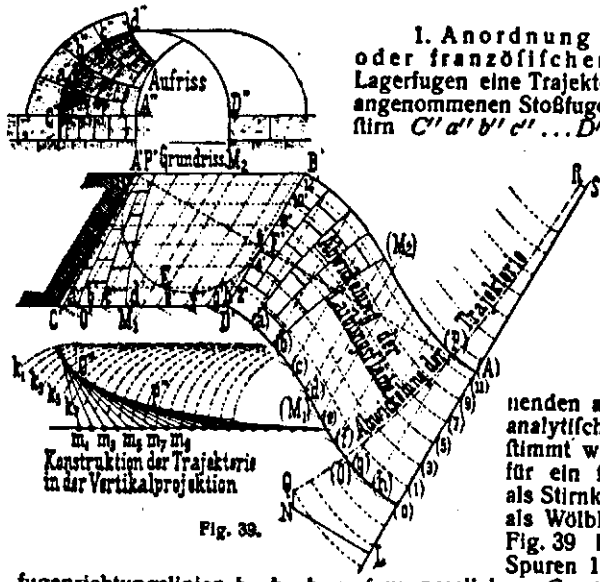


Fig. 39.

1. Anordnung des orthogonalen, ſenkrechten oder franzöſiſchen Fugenſchnitts. Hier bilden die Lagerfugen eine Trajektorienſchar zu der parallel zur Stirnfläche angenommenen Stoßfugenrichtung. Nach Einteilung der Gewölbeſtirn $C''a''b''c''\ldots D''$ (ſ. Fig. 39) in eine ungerade Anzahl gleicher Teile müßte alſo von jedem der Teilpunkte $a, b\,c$ u. ſ. w. eine Trajektorie zu den Stoßfugenrichtungen 1—2, 3—4 u. ſ. w. gezeichnet werden. Da aber dieſe Trajektorien Teile ein und derſelben genügend lang gezeichneten Trajektorie ſind, ſo genügt es, die „Scheiteltrajektorie“ und ihre Abwicklung zu beſtimmen und dieſe entſprechend zu verſchieben. Die Schablone der für die Steineinteilung der abgewickelten Laibungsfläche dienenden abgewickelten Trajektorie kann entweder analytiſch ([17] und [18]) oder zeichneriſch beſtimmt werden. Fig. 39 zeigt den letzteren Weg für ein ſchiefes Gewölbe mit einem Halbkreis als Stirnkurve, alſo einer überhöhten Ellipſe $A'EF'$ als Wölblinie. Da die in dem unteren Teil der Fig. 39 herausgezeichneten, im Grundriß den Spuren 1′2′, 3′4′ u. ſ. w. entſprechenden Stoßfugenrichtungslinien k_1, k_2, k_3 u. ſ. w. parallel zur Gewölbeſtirn verlaufen, alſo in Ebenen liegen, die parallel zur Aufrißebene ſtehen, ſo wird jede zu ihnen ſenkrecht gezeichnete Linie auch in Wirklichkeit ſenkrecht zu ihnen ſtehen; ſomit kann die Trajektorie unmittelbar in der Aufrißebene gezeichnet werden. Verbindet man einen beliebigen, z. B. den dem Stirnkurventeilpunkte b'' entſprechenden Punkt O'', auf k_6 mit dem zugehörigen Mittelpunkt m_6, den Schnittpunkt dieſes Halbmeſſers mit dem Kreiſe k_7, ferner mit dem Mittelpunkt m_7 u. ſ. w., ſo erhält man ein Vieleck, deſſen Seiten immer zu dem vorhergehenden Kreiſe ſenkrecht ſtehen, die nachfolgenden Kreiſe dagegen unter einem ſpitzen Winkel ſchneiden. Verbindet man hingegen O'' auf k_6 mit m_7, den Schnittpunkt dieſer Linie mit dem Kreiſe k_7, dann mit m_8 u. ſ. w., ſo ergibt dieſes ein Vieleck, deſſen Seiten zu den nachfolgenden Kreiſen ſenkrecht ſtehen, die vorhergehenden dagegen unter einem ſpitzen Winkel ſchneiden. Denkt man ſich die Hilfskreiſe $k_1 k_2 \ldots$ u. ſ. w. ∞ nahe gerückt, ſo gehen die beiden Vielecke in eine Kurve, d. h. in die geſuchte Trajektorie, über, die im vorliegenden Fall durch Halbieren der Zwiſchenſtrecken als —·— eingezeichnete Kurve gefunden wurde. Wird die auf dieſe Weiſe beliebig lang gezeichnete Kurve in die Abwicklung übertragen, ſo erhält man damit die Schablone $LNQRS$, die, längs der Geraden LS verſchoben und an die Stirnteilpunkte $(h), (g), (f)$ u. ſ. w. angelegt, die Lagerfugen auf der Abwicklungsfläche ergibt, wie ſie auf der linken Hälfte eingezeichnet ſind. Zwiſchen den Lagerfugen werden die Stoßfugen als Teile der in der Abwicklung als Sinuſoiden, im Grundriß als gerade Linien, im Aufriß als Halbkreiſe erſcheinenden Stoßfugenrichtungslinien entſprechend verteilt. Durch die Steineinteilung auf der Abwicklungsfläche, die auch für die Ausführung auf die Verſchalung des Lehrgerüſtes übertragen werden muß, iſt der Steinſchnitt des ſchiefen Gewölbes vollſtändig beſtimmt und kann in gewohnter Weiſe in die andern Projektionen übertragen werden (ſ. Fig. 39). Die Lagerflächen werden hier zu Regelflächen, deren Erzeugende ſtets ſenkrecht zur Laibungsfläche gerichtet ſind, während die Stoßflächen parallel zur Gewölbeſtirn gerichtete Ebenen ſind, welche der Konſtruktion nach ſenkrecht zu den Lagerflächen ſtehen. Da die Winkel, welche die Scheiteltrajektorie mit den zur Kämpferlinie parallelen Erzeugenden des Zylindergewölbes bilden, ſtetig abnehmen, werden die Steine einer Schar verſchieden breit, und abgeſehen von ſymmetriſch liegenden Steinen, erhalten alle Wölbſteine verſchiedene Abmeſſungen. Auch werden die benachbarten Scharen ſo ſchmal, daß je zwei in einen Stirnſtein (ſ. Fig. 39 bei a, b) oder bei größerer Tiefe des Gewölbes in eine neue Schar übergeführt werden müſſen. Dieſe Schwierigkeiten haben zu einer zweiten Löſung, einem Näherungsverfahren, geführt, nämlich zur:

2. Anordnung des angenähert ſenkrechten oder engliſchen Fugenſchnitts, auch Methode der Schraubenlinien oder des konſtanten Fugenwinkels genannt. Hier werden die Trajektorien in der Abwicklung der Laibungsfläche durch gerade Linien erſetzt, die, auf die Laibungsfläche ſelbſt zurückgeführt, Schraubenlinien ergeben (ſ. Fig. 40), die mit den Zylindererzeugenden af, bg u. ſ. w. einen konſtanten Winkel einſchließen. Nach Zeichnung der Abwicklungsfläche werden die Sehnen $B'(A)$ und $D'(C)$ gezogen. Zu dieſen wird in irgendeinem Teilpunkte der Stirnkurve, z. B. im Kämpferpunkte D', eine Senkrechte $D's$ errichtet. Trifft dieſe Senkrechte, wie im vorliegenden Fall, auf der andern Seite keinen Teilpunkt, ſo wird der zunächſt liegende Teilpunkt (n) mit D' verbunden. Dieſe Verbindungslinie ergibt die Richtungslinie, zu der durch die andern Teilpunkte Parallelen $(m)(m)$, $(l)(l)$ u. ſ. w. gezogen werden. Dadurch erhält man lauter gleichbreite Scharen, die durch zu ihnen ſenkrecht gerichtete Stoßfugen in gleiche Teile geteilt werden können, ſo daß, mit Ausnahme der Stirn- und Kämpferſteine, alle Gewölbſteine gleiche Größen erhalten, alſo auch Backſteine für die innere Laibungsfläche verwendet werden können. Die Lager- und Stoßflächen ſind hier Schraubenflächen, deren Erzeugende ſenkrecht zur Gewölbelaibung ſtehen. Hat das Gewölbe eine große Tiefe, ſo kann der mittlere Teil desſelben gerade, d. h. „auf den Kufe“ (ſ. Kufeinwölbung), eingewölbt werden, während die Enden, wie Fig. 41 zeigt, entweder nach dem ſoeben beſprochenen engliſchen Fugenſchnitt (rechte Seite der Abwicklung in Fig. 41)

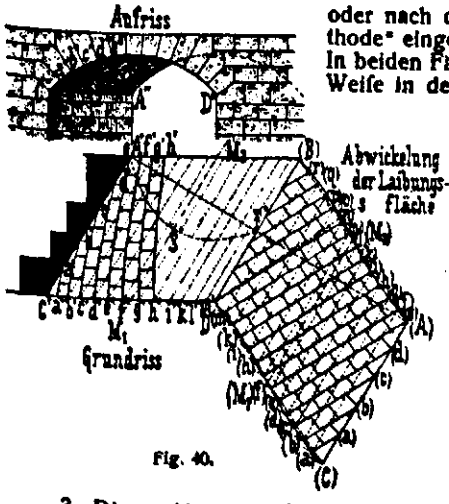


Fig. 40.

oder nach der unter 3. erörterten „orthogonal-konvergenten Methode" eingewölbt werden (linke Seite der Abwicklung in Fig. 41). In beiden Fällen wird der ſchiefe Fugenſchnitt in entſprechender Weiſe in den geraden übergeführt.

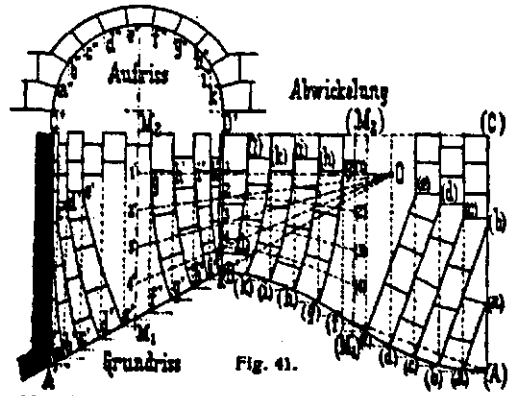


Fig. 41.

3. Die orthogonal-konvergente Methode nimmt als Stoßfugenrichtungslinien ſolche an, deren Ebenen ſich in einer ſotrecht ſtehenden Geraden ſchneiden, deren Spuren alſo nach einem Punkt O (ſ. Fig. 41) konvergieren. Die Abwicklung ergibt hier nicht parallele Sinuſoiden 1 (1), 2 (2) u. ſ. w., zu denen in der Abwicklung die Trajektorien (g) (g), (h) (h) u. ſ. w. einzeln gezeichnet werden müſſen. Im übrigen unterſcheidet ſich dieſe Methode nicht von der orthogonalen. Die Länge des kürzeren Widerlagers vom ſchief eingewölbten Gewölbeende wird mindeſtens der halben Spannweite gleich gemacht, ſo daß ſich aus dieſer Beziehung die Anwendbarkeit der verſchiedenartigen Einwölbungsweiſe für die Gewölbeenden und den mittleren Gewölbeteil ergibt.

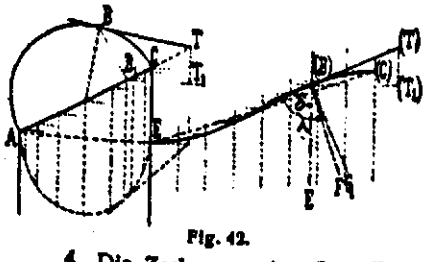


Fig. 42.

4. Die Zerlegung des Gewölbes in einzelne ſchmale, gerade eingewölbte Streifen führt zum Zonengewölbe (ſ. d.).

Fig. 44.

Fig. 45.

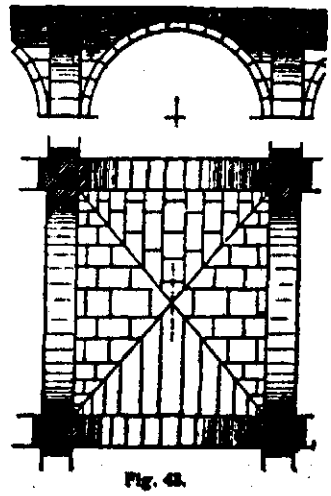


Fig. 43.

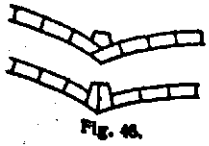


Fig. 46.

Fig. 48.

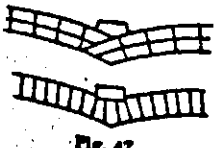


Fig. 47.

Fig. 49.

5. Grenzen der Anwendbarkeit. Es iſt bei den verſchiedenen Ausführungsweiſen darauf zu achten, daß namentlich in der Gegend der Bruchfuge die Ecken und Kanten der Steine nicht zu ſpitz ausfallen. Bezeichnet B in Fig. 42 die Lage der Bruchfuge (ſ. d.) in der Umlegung der Stirnkurve, ſo iſt in der Abwicklung die Richtung der Lagerfuge für dieſen Punkt für die verſchiedenen Ausführungsweiſen beſtimmt durch: 1. die Senkrechte $(B)\,G$ zur Tangente $(B)\,(T)$ in (B) für die „orthogonale" Methode; 2. die Senkrechte $(B)\,F$ zur Sehne $E\,(C)$ für die „engliſche" Methode; 3. die Parallele $(B)\,E$ zur Kämpferlinie für die „gerade" Einwölbung. Solange der Winkel $\beta \geq 80°$, kann noch „gerade" eingewölbt werden; iſt der Winkel $\beta > 80°$, ſo kann die „engliſche" Methode zur Anwendung kommen, und erſt wenn Winkel $\alpha < 80°$, iſt es gut, ſich der „orthogonalen" Einwölbung zu bedienen. Dies gilt insbeſondere für den Halbkreis und den Korbbogen als Wölblinie, während für den Stichbogen ſtets, wenn nicht mehr gerade eingewölbt werden kann, die „engliſche" Methode den Vorzug verdient.

b) Kreuzgewölbe ſind mit wagerechten Scheitellinien nur in Hauſteinen ausführbar. Die Einwölbung erfolgt dabei ſtets „auf den Kuf", d. h. mit parallel zu den Achſen der Kappen liegenden Schichten (ſ. Fig. 43) auf vollſtändig eingeſchaltem Lehrgerüſt. Die Gratſteine greifen in dieſem Fall in je zwei benachbarte Kappen und haben ebenſo wie die Kämpferſteine und der Schlußſtein eine beſondere Form; der letztere wird kreuzförmig (ſ. Fig. 44 und 45). Bei Ausführungen in Backſteinen (ſ. Fig. 46—49) läßt man in der Regel die Scheitellinien der Kappen

nach der Mitte zu etwas anſteigen (mit einem Pfeil von etwa 0,025 im Verhältnis zur Diagonale), weil ſonſt durch die ſtets erfolgende, wenn auch geringe Senkung des Scheitels nach dem Ausrüſten der letztere tiefer als die höchſten Punkte der Schildbogen zu liegen käme (ſ. Stechen der Gewölbe). Man wendet hier am beſten den „Schwalbenſchwanz"-Verband an, bei dem die Lagerflächen ſenkrecht zur Gratbogenlinie gerichtet ſind und die einzelnen Schichten in den Scheitellinien der Kappen grätenförmig übereinander greifen. Dadurch ſowie durch die Neigung der

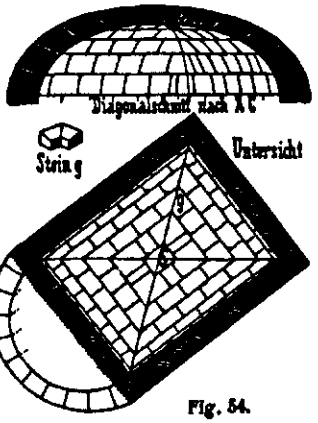


Fig. 54.

Fig. 53.

Fig. 52.

Fig. 51.

Fig. 50.

Kappen gegen die Schildmauern wird ein Teil des Gewölbeſchubes auf die letzteren oder auf die Gurtbogen übertragen, und die Stelle im Grat, der meiſt nach Fig. 46 und 47 noch eine Verſtärkung erhält, wird für den Backſteinverband konſtruktiv einfacher als bei der Kufwölbung. Es braucht bei dieſer Einwölbungsweiſe auch kein vollſtändiges Lehrgerüſt errichtet zu werden; die Aufſtellung einiger Lehrbogen genügt. Erhalten die Schildbogen ungleiche Pfeilhöhen, ſo kommen auch gekrümmte Scheitellinien zur Anwendung (ſ. Fig. 48), wodurch die Kreuzkappen „bufig" oder „buſenförmig" werden. Dies iſt vielfach der Fall bei den gotiſchen Kreuzgewölben, und zwar unterſcheidet man hier: 1. gleichhoch mit dem Scheitel liegende Schildbogenſcheitel (ſ. Fig. 50), 2. tiefer als der Gewölbeſcheitel liegende Schildbogenſcheitel (ſ. Fig. 49), 3. höher als der Gewölbeſcheitel liegende Schildbogenſcheitel (ſ. Fig 51). Bei dem gerippten Kreuzgewölbe bilden die meiſt aus Hauſteinen gewölbten Diagonalrippen und Gurtbogen ein tragendes Geſtell, zwiſchen das die Kappen, meiſt als ½ Stein ſtarke Gewölbe, eingewölbt werden (Fig. 52 und 53).

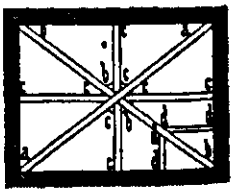


Fig. 55.

c) Kloſtergewölbe. Die Einwölbung kann „auf den Kuf" oder „auf den Schwalbenſchwanz" erfolgen, und zwar wird ebenſo wie bei den Kreuzgewölben bei Kloſtergewölben aus Hauſteinen ſtets die erſtere, bei ſolchen aus Backſteinen häufig die letztere Einwölbungsweiſe gewählt. Bei der Einwölbung „auf den Kuf" (ſ. Fig. 54) bilden die Lagerflächen abgeſtumpfte Pyramidenflächen und die Schichten oder Scharen geſchloſſene, vieleckige, der Grundrißfigur ähnliche rahmenartige Figuren. Zur Einwölbung iſt eine vollſtändige Einſchalung oder Einlattung erforderlich, und Fig. 55 zeigt die Anordnung der Lehrbogen, von denen zunächſt ein ganzer Diagonallehrbogen *a a* aufgeſtellt und in der Mitte durch einen Stiel, den ſogenannten „Mönch", unterſtützt wird. Gegen dieſen Lehrbogen ſtützen ſich zwei halbe Diagonallehrbogen *b b*, worauf die Hauptbogen *c c* und die Schiftbogen *d d*, die beide nach der Wölblinie geformt ſein müſſen, geſtellt und das Ganze eingeſchalt oder eingelattet wird. Bei Hauſteingewölben ſind beſondere Gratſteine (ſ. Stein *g* in Fig. 54), die in die beiden benachbarten Wangen gehörig eingreifen müſſen, und ein Schlußſtein *S* erforderlich. — Bei Backſteineinwölbung muß in den Graten die Stoßfuge der Schar der einen Wange ſich genau der Lagerfläche der gleichhohen Schicht der angrenzenden Wange anſchließen, weshalb die betreffenden Steine nach einer doppelten Schmiege behauen werden müſſen. Für die Schwalbenſchwanzeinwölbung genügt die Aufſtellung von Lehrbogen allein und kann die Verſchalung entbehrt werden. Die Schichten werden in dieſem Fall ſenkrecht zu den Gratlinien geſtellt, ſo daß ſie je in den Mitten der Wangen zuſammenſtoßen und hier eine ſogenannte „Naht" bilden, ähnlich wie bei den auf Schwalbenſchwanz eingewölbten Kappen. Wenn die Wangen des Kloſtergewölbes durch Stichkappen durchbrochen werden, kann eine hübſche Wirkung erzielt werden. Die Abarten des Kloſtergewölbes, das Mulden- und das Spiegelgewölbe, werden ſtets auf vollſtändiger Einrüſtung eingewölbt, und zwar erſteres in allen ſeinen Teilen, letzteres nur in ſeinen Walmen „auf den Kuf", während ſeine wagerechte, zur Aufnahme von Deckengemälden geeignete Spiegelfläche meiſt ſchwalbenſchwanzförmig eingewölbt wird. Das Eſpiéſche Spiegelgewölbe wird auf vollſtändiger Einſchalung aus einer doppelt und verbandmäßig gelegten Lage von 6—7 cm ſtarken gebrannten Tonplatten hergeſtellt. Hierzu bedarf es aber eines gut bindenden feſten Mörtels, wie ihn in Frankreich der Gips liefert. Zur Ueberdeckung großer Säle, Treppenhäuſer u. ſ. w. wird oft das Spiegelgewölbe verwendet, jedoch in der Weiſe, daß nur die ſeitlichen Walme gewölbt oder durch Vorkragen der Schichten gebildet, der mittlere horizontale, den Spiegel bildende Teil dagegen als kaſſettierte Balkendecke hergeſtellt wird, wie z. B. im großen Feſtſaal des Rathauſes zu Paris. Häufig wird auch der Spiegel als Oberlicht benutzt. In den beiden letzteren Fällen erſcheint die Anwendung einer Eiſenkonſtruktion zweckmäßig. Ueber Räumen mit höchſtens 4 m Seitenlänge können bei genügend ſtarken Widerlagsmauern auch Spiegelgewölbe aus Hauſteinen hergeſtellt werden [15], S. 332, und [16], S. 223.

d) Kuppelgewölbe. Der Entſtehung aus dem Kloſtergewölbe mit unendlich ſchmalen Walmen entſprechend ſind hier die Lagerflächen abgeſtumpfte Kegelflächen, die Lagerfugen geſchloſſene, der Grundrißfigur entſprechende Kurven, und die Wölbſchichten bilden vollſtändig in ſich geſchloſſene Ringe mit zentral gerichteten, lotrecht ſtehenden Stoßfugenflächen. Dadurch wird es möglich, die Einwölbung ohne Lehrgerüſt vorzunehmen, nur müſſen in den einzelnen

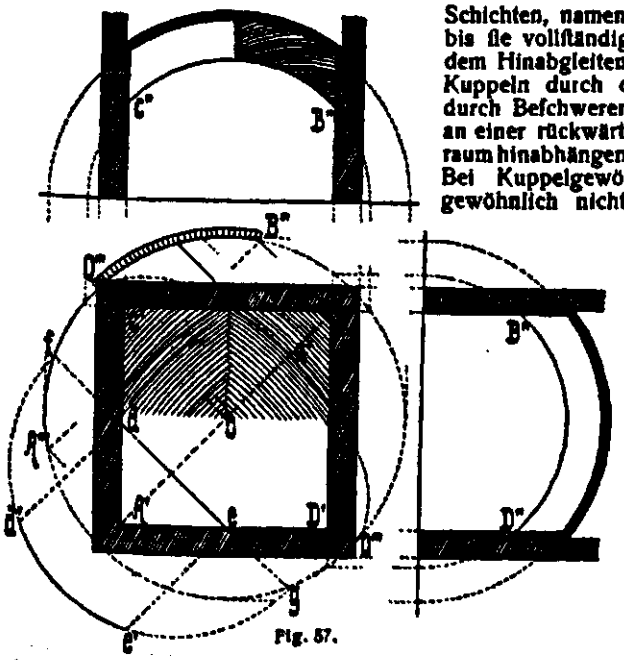


Fig. 57.

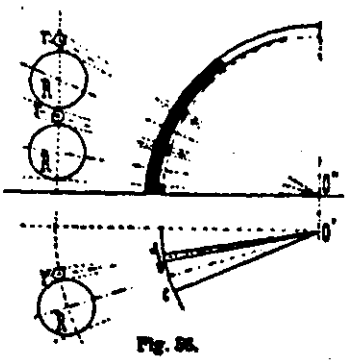


Fig. 58.

Schichten, namentlich in denjenigen in höherer Lage, bis sie vollständig geschlossen sind, die Steine vor dem Hinabgleiten bewahrt werden, was bei größeren Kuppeln durch drehbare Lehrbogen, bei kleineren durch Beschweren der einzelnen Steine mittels eines an einer rückwärts befestigten Schnur in den Kuppelraum hinabhängenden Steines erfolgen kann [16], S. 190. Bei Kuppelgewölben mit Kassetten werden diese gewöhnlich nicht bis zum Scheitel hinaufgeführt, sondern es wird in diesem ein sogenannter „Nabel" oder „Spiegel" freigelassen [16], S. 190. Außerdem erfahren die Kassetten in ihrer Höhe und Breite nach dem Scheitel hin eine Verringerung, die nach dem in Fig. 56 angedeuteten Emyschen Verfahren erfolgen kann, indem im Grundriß die Breite eines Kassettenstreifens und eines Steges festgelegt wird und die zwischen die verlängerten Radien oa, ob und oc eingezeichneten Berührungskreise mit den Radien r bezw. R der Kassetteneinteilung im Aufriß zugrunde gelegt werden.

Die Einwölbungsart des böhmischen Kappengewölbes unterscheidet sich von derjenigen des Kuppelgewölbes, da es nicht kufartig in kegelförmigen Ringen, sondern schwalbenschwanzförmig eingewölbt wird, indem die Fugen durch Einteilung des umgelegten Diagonalbogens $A'''O''B'''$ nach Fig. 57 bestimmt werden. In Wirklichkeit sind demnach auf der Gewölbehalbung die Fugen Teile von größten Kreisen (Meridianbogen) der Kugel, im Aufriß dagegen, ebenso wie im Grundriß, erscheinen sie als Ellipsenteile, wie dies die stärker ausgezogene Fuge bc zeigt, die ein Teil der Ellipse $O''aO'''$ ist. Eine beliebige Bogenlinie de erhält man in wahrer Gestalt durch Umklappen des Vertikalschnitts nach dieser Linie durch die Kugel, indem man de beidseitig bis zu den Schnittpunkten f und g mit dem im Grundriß gezeichneten Aequatorkreise der Kugel verlängert, über fg den Halbkreis $fd'eg$ schlägt und in den Endpunkten der Horizontalprojektion der Bogenlinie de die Senkrechten dd' und ee' errichtet; $d'e'$ ist die gewünschte Bogenlinie in wahrer Gestalt. In derselben Weise sind die beiden Vertikalprojektionen $C''B''$ und $B''D''$, letztere als seitliche Umlegung, wie dies die Fig. 57 durch die punktierten Hilfslinien erkennen läßt, gezeichnet worden. Es sind dies gleichzeitig die Schildbogen des böhmischen Gewölbes. — Als Material wird fast ausnahmslos für diese Art Gewölbe der Backstein benutzt, und zwar geschieht dann die Einwölbung in der Regel aus freier Hand unter Benutzung zweier Diagonallehrbogen und beginnt in den Ecken. Bis zu 5 m Spannweite genügt für die Scheitelstärke ½ Stein, bis zu 7 m Spannweite ½ Stein im Scheitel und 1 Stein am Widerlager.

Literatur: [1] Breymann, Konstruktionen in Stein, 1. Teil der Allgem. Baukonstruktionslehre, 5. Aufl., Stuttgart 1879/80. — [2] Wanderley, Die Konstruktionen in Stein, 3. Aufl., Leipzig 1895. — [3] Menzel und Schwatlo, Der Steinbau, Leipzig 1879, S. 277. — [4] Schmölcke, J., Die Konstruktionen des Hochbaues, 1. Teil, Die Gewölbe, Holzminden 1879. — [5] Menzel, C. A., Der Gewölbebau etc., herausgegeben von C. Schwatlo, Halle 1866, 2. Aufl. von A. C. Menzel und G. Franke, Halle 1875. — [6] Gottgetreu, R., Beitrag zur geschichtlichen Entwicklung der Gewölbe, Zeitschr. f. Bauw. 1879, S. 91. — [7] Gottgetreu, R., Lehrb. d. Hochbaukonstruktionen, 1. Teil, Berlin 1880, S. 121. — [8] Handb. d. Arch., 2. Teil, Bd. 1, Darmstadt 1880, S. 46. — [9] Körner, C., Gewölbte Decken, ebend., 3. Teil, Bd. 2, 3. Heft, Darmstadt 1893/95. — [10] Konstruktion der Gewölbe, Haarmanns Zeitschr. f. Bauhandw. 1876. — [11] Deutsche Bauztg. 1889, S. 142. — [12] Centralblatt d. Bauverw. 1887, S. 325 u. 339. — [13] Ebend. 1890, S. 263. — [14] Vgl. Liebold, Brückenbauten in Zementbruchsteinmauerwerk, Haarmanns Zeitschr. f. Bauhandw. 1882, S. 9. — [15] Handb. d. Arch., Darmstadt, 3. Teil, Bd. 2, 1. Heft, S. 472, und 3. Teil, Bd. 2, 3. Heft, S. 217. — [16] Breymann, Baukonstruktionslehre, 6. Aufl., 1. Teil, bearbeitet von O. Warth, Leipzig 1896, S. 158. — [17] Adhémar, Die Lehre vom Steinschnitt, deutsch von Mollinger, Tafel 12, Solothurn 1842, S. 81; Handb. d. Arch., 3. Teil, Bd. 2, 3. Heft, Darmstadt 1893, S. 159. — [18] Annales des ponts et chaussées 1839, S. 1, und 1852, S. 1. — [19] Handb. d. Arch., 3. Teil, Bd. 2, 3. Heft, Darmstadt 1893, S. 166 ff. — [20] Heider, E. J., Theorie der schiefen Gewölbe und deren praktische Ausführung, Wien 1846. — [21] Graeff, Appareil et construction des ponts biais, 2. Aufl., Paris 1867. — [22] Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart, Steinerne Brücken, 2. Heft, Aachen 1877. — [23] Derl., Grundzüge

der konſtruktiven Anordnung und ſtatiſchen Berechnung der Brücken- und Hochbaukonſtruktionen, 2. Teil, 2. Heft, Leipzig 1870—74. Sonſtige Literatur ſ. unter Steinſchnitt. *L. v. Willmann.*

Gewölbe (Berechnung). Die Brückengewölbe ſind in ſtatiſcher Hinſicht als Bogenträger zu betrachten, denn ſie üben infolge ſenkrechter Laſten einen Horizontalſchub aus. Man hat nach den bisherigen Ausführungen Gewölbe ohne Gelenke und ſolche mit drei Gelenken zu unterſcheiden. (Es exiſtieren auch einige Gewölbe mit zwei Gelenken, die aber nur ganz vereinzelt ausgeführt worden ſind und deren Ausführung theoretiſch und praktiſch keine beſonderen Vorteile bietet.)

Die **Gewölbe mit drei Gelenken** ſind ſeit 1886 in zunehmendem Gebrauch und haben den Vorzug, daß die Spannungen unabhängig ſind von Aenderungen der Temperatur und kleinen Verſchiebungen der Widerlager bei nicht ganz ſicherem Baugrund. Die früher übliche Berechnung dieſer Gewölbe mit Hilfe von Stützlinien wird heute nicht mehr als genügend betrachtet, nachdem man die Spannweite und die zuläſſigen Beanſpruchungen geſteigert hat und infolgedeſſen auf eine genaue Formberechnung des Gewölbes angewieſen iſt. Außerdem wurde das Verfahren durch die große Anzahl der zu zeichnenden Stützlinien zeitraubend und wenig überſichtlich.

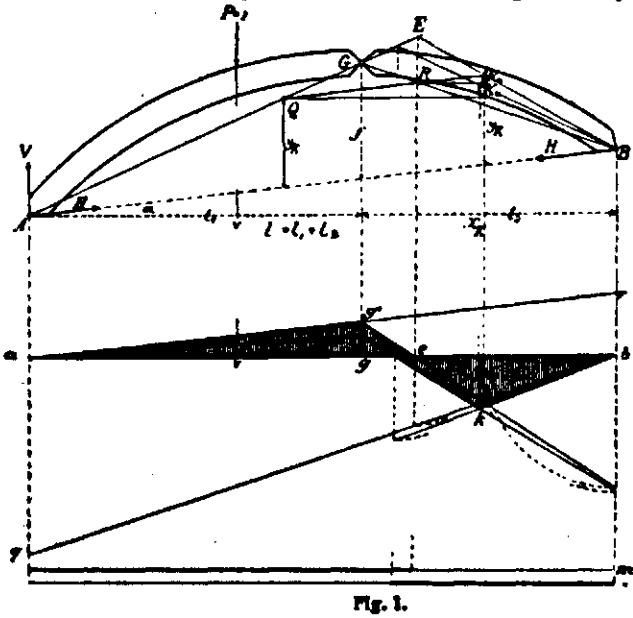


Fig. 1.

Handelt es ſich bei gegebener Gewölbeform um die Ermittlung der durch eine bewegliche Verkehrsbelaſtung erzeugten Spannungen, ſo bedient man ſich am beſten der Einflußlinien für die Kernpunktsmomente der einzelnen Spannungen. Da die Randſpannungen

$$\sigma_o = \frac{M_{ku}}{\frac{1}{6} b h^2} \quad \text{und} \quad \sigma_u = \frac{M_{ko}}{\frac{1}{6} b \cdot h^2}$$

ſind, ſo folgt, daß die geſuchten Grenzwerte der Randſpannungen mit den Grenzwerten der zugehörigen Kernmomente eintreten. Beim Art. Einflußlinien iſt die Konſtruktion der Einflußlinien dieſer Kernmomente ausführlich gezeigt. In praktiſchen Fällen erzielt man eine gewiſſe Vereinfachung, wenn man die beiden Kernpunkte eines Schnittes ſenkrecht übereinander annimmt, wobei ſie alſo ſtreng genommen zwei benachbarten radialen Querſchnitten angehören. Fig. 1 zeigt die beiden zu einem Schnitt gehörigen Einflußlinien der Kernmomente Zur Berechnung der Druckſpannung σ_o kommen nur die $+M_{ku}$ und für die Druckſpannung σ_u nur die $-M_{ko}$ in Betracht.

Für die Berechnung der Eigengewichtsbeanſpruchungen können die Einflußlinien ebenfalls benutzt werden, auch kann das Einzeichnen der Eigengewichtsſtützlinie zweckmäßig ſein. Insbeſondere gibt dieſe an, ob die richtige Gewölbeform vorhanden iſt, denn ſie ſoll annähernd mit der Mittellinie des Gewölbes zuſammenfallen. Bei großen Gewölben iſt es aber nicht möglich, die Stützlinie ſo genau zu zeichnen, als praktiſch wünſchenswert iſt; z. B. kann im Maßſtab 1 : 100 eine Differenz von 0,2 mm der Zeichnung einen Unterſchied in der Randſpannung von 2—3 kg/qcm ausmachen. Dieſem Mangel läßt ſich dadurch abhelfen, daß man die Momente infolge Eigenlaſt rechneriſch ermittelt. Zu dieſem Zweck teilt man das Gewölbe ſamt Aufbau vom Scheitel- bis zum Kämpfergelenk durch lotrechte Schnitte I, II u. ſ. w. in eine Anzahl Lamellen (Fig. 2), beſtimmt deren Gewichte 1, 2, 3 u. ſ. w. und ſchreibt vom Scheitel ausgehend die Momente der Lamellengewichte vom Scheitel her in bezug auf die Schnitte an. Iſt das Gewölbe ſymmetriſch, ſo folgt aus dem letzten Momente in bezug auf das Kämpfergelenk durch Diviſion mit der Pfeilhöhe f der Horizontalſchub H, da $M_{IV} - H \cdot f = 0$ ſein muß.

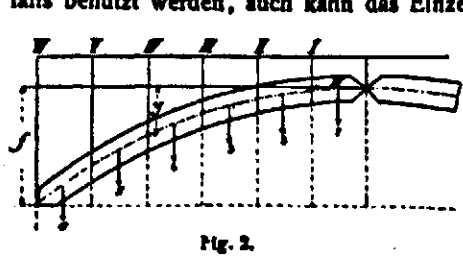


Fig. 2.

Es ergibt ſich dann das Kernmoment für irgend einen Schnitt IV z. B.

$$M_{ko} = M_{IV} - H \cdot y_{ko}, \qquad M_{ku} = M_{IV} - H \cdot y_{ku}.$$

Bei unſymmetriſchem Gewölbe beſtimmen ſich die unbekannte Horizontalkomponente H des Scheiteldrucks und das Maß c (Fig. 3) aus den beiden Gleichungen

$$M_{VI} - H \cdot (f - c) = 0, \qquad M_{VI'} - H(f + c) = 0,$$

und die Kernmomente ergeben ſich nach denſelben Ausdrücken wie beim ſymmetriſchen Gewölbe, nur ſind dann die Ordinaten der Kernpunkte y_{ko} und y_{ku} bis zur Linie des Scheiteldrucks zu meſſen.

In beiden Fällen erhält man die Ordinaten der Stützlinie bei den Schnitten durch Diviſion des betreffenden Lamellenmoments mit dem Horizontalſchub H, denn die Drucklinie oder Stützlinie iſt die Aufeinanderfolge der Druckmittelpunkte in den Fugen, ſo daß für einen beliebigen Schnitt IV $M_{IV} - H \cdot y_{IV} = 0$ ſein muß, woraus $y_{IV} = \frac{M_{IV}}{H}$ folgt.

Auf dieſe Weiſe kann die Stützlinie rechneriſch beſtimmt werden. Wenn es ſich um das Entwerfen eines Brückengewölbes mit drei Gelenken handelt, iſt ſeine Form zum voraus nicht bekannt, ſondern dieſe ſoll möglichſt ſo beſtimmt werden, daß in jedem Querſchnitt bei den ungünſtigſten Laſtſtellungen ſowohl oben als unten die zuläſſige Beanſpruchung ausgenutzt wird. Für jeden Schnitt iſt alſo eine Ordinate y der Bogenmitte und eine Fugenſtärke h zu ermitteln, und zwar kann man wie folgt verfahren: Auf Grund einer vorläufigen Annahme

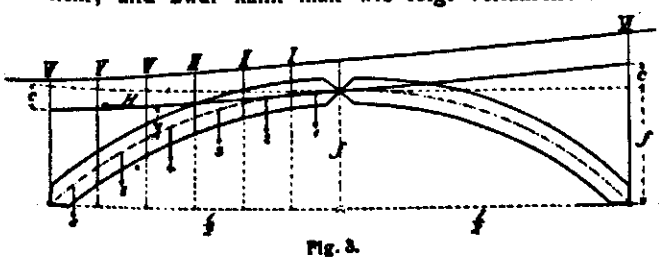


Fig. 3.

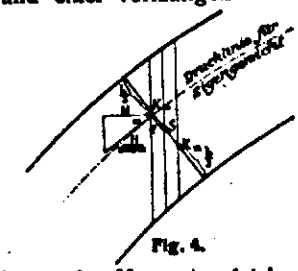


Fig. 4.

werden die Lage der Stützlinie für Eigenlaſt (Fig. 4) rechneriſch aus den Momentengleichungen für die einzelnen Querſchnitte ermittelt und die Kernpunktsmomente infolge Verkehrsbelaſtung mit Hilfe ihrer Einflußlinien beſtimmt. Da es ſich nur um Druckſpannungen handelt, ſo kommen für dieſe Berechnung nur die poſitiven Momente M_{ku} und die negativen M_{ko} von der Verkehrslaſt herrührend in Betracht, und es ergeben ſich, wenn der normale Querſchnitt ſenkrecht zur Drucklinie für Eigengewicht angenommen wird, folgende Gleichungen der Momente für Eigengewicht:

$$\mathfrak{M}_{ko} = -\frac{H}{\cos\alpha}\left(\frac{h}{6} - e\right), \quad \mathfrak{M}_{ku} = +\frac{H}{\cos\alpha}\left(\frac{h}{6} + e\right).$$

Mit $W = \frac{1}{6} \cdot b h^2$ ergeben ſich für die obere und die untere Randſpannung σ folgende Gleichungen:

$$\frac{H}{\cos\alpha}\left(\frac{h}{6} + e\right) + M_{ku} = \sigma \cdot \frac{1}{6} \cdot b h^2, \quad \frac{H}{\cos\alpha}\left(\frac{h}{6} - e\right) + M_{ko} = \sigma \cdot \frac{1}{6} \cdot b h^2.$$

Die Summe beider Gleichungen ergibt:

$$\frac{H}{\cos\alpha} \cdot \frac{h}{3} + M_{ko} + M_{ku} = \frac{\sigma}{3} b h^2,$$

eine zur Berechnung der Fugenſtärke h dienende quadratiſche Gleichung, in welche M_{ko} und M_{ku} mit ihren Zahlenwerten ohne Vorzeichen einzuſetzen ſind. Die Differenz beider Gleichungen gibt die Exzentrizität e, um welche die Fugenmitte unter den Druckmittelpunkt für Eigenlaſt zu legen iſt, mit

$$e = \frac{M_{ko} - M_{ku}}{2H} \cdot \cos\alpha$$

oder die Exzentrizität im lotrechten Schnitt iſt

$$\eta = \frac{e}{\cos\alpha} = \frac{M_{ko} - M_{ku}}{2H}.$$

Die ſo erhaltene Gewölbeform ſtellt eine erſte Annäherung dar, die durch eine Wiederholung der Rechnung korrigiert werden kann. In den meiſten Fällen genügt es, die Berechnung der Drucklinie zu wiederholen und die zuerſt ermittelten Größen h und η beizubehalten. Eine zweite Beſtimmung von h und η iſt nur dann nötig, wenn die urſprünglich angenommene Gewölbeform beträchtlich von der ermittelten abweicht und man eine genaue Uebereinſtimmung aller Randſpannungen erreichen will. Für die Berechnung der letzteren ſind die Lamellenmomente benutzbar, die Ordinaten der Kernpunkte im vertikalen Schnitt ſind $y_{ko} = y + \eta - \frac{h}{6 \cdot \cos\alpha}$ bezw. $y_{ku} = y + \eta + \frac{h}{6 \cdot \cos\alpha}$. Die Berechnung der kleinſten Randſpannungen iſt angezeigt bei ſehr leichtem Aufbau, wie er ſeit Einführung des Eiſenbetons häufig angewendet wird, da hier leicht Zugſpannungen im Gewölbe auftreten können. Die Methode der Einflußlinien geſtattet ebenſogut eine gleichmäßig verteilte Verkehrsbelaſtung (Menſchengedränge) zu berückſichtigen, wie eine ſolche aus konzentrierten Laſten (Radlaſtzüge).

Die Gewölbe ohne Gelenke ſind in ſtatiſcher Hinſicht eingeſpannte Bogenträger und dreifach ſtatiſch unbeſtimmt. Die Spannungsverteilung in den Querſchnitten oder die Lage der Drucklinie (ſ. d.) iſt alſo abhängig von der Elaſtizität und Zuſammendrückbarkeit der Steine und des Mörtels, ferner von der Nachgiebigkeit des Fundamentgrundes und des Lehrgerüſtes während der Herſtellung. Nachdem die neueren Verſuche eine befriedigende Elaſtizität der Steinmaterialien und des Betons innerhalb der in Betracht kommenden Spannungsintervalle ergeben haben, nachdem ferner zu wichtigeren Gewölben ausſchließlich Zementmörtel verwendet wird, der wie die übrigen Materialien nur elaſtiſche Zuſammendrückungen erfährt, und nachdem man imſtande iſt, durch entſprechende Gewölbeherſtellung den Einfluß unbeabſichtigter Gerüſtſenkungen unſchädlich zu machen, iſt man immer mehr dazu übergegangen, bedeutendere Gewölbe nach der Theorie der eingeſpannten Bogen mit Berückſichtigung der elaſtiſchen Formänderungen

zu berechnen. Selbſt die Verſchiebungen und Zuſammendrückungen der Widerlager haben bei Einſchalten proviſoriſcher Gelenke keinen Einfluß auf die Spannungen im Bogen. Von weſentlicher Förderung für die genaue Rechnungsweiſe waren auch die Verſuche des Gewölbeausſchuſſes des öſterreichiſchen Ingenieur- und Architektenvereins mit Bruchſtein-, Ziegel-, Beton- und Eiſenbetongewölben, deren Verhalten eine gute Uebereinſtimmung mit der Rechnung zeigte. Wir unterſcheiden demnach zwiſchen einer älteren oder Stützlinienmethode und der neueren Berechnung auf Grund der Elaſtizitätstheorie.

1. Die **ältere oder Stützlinienmethode** behilft ſich mit verſchiedenen **Drucklinien** (ſ. d.) auf Grund ungünſtiger Annahmen und wird bei kleineren Gewölben für Brücken und Durchläſſe und für die Gewölbe des Hochbaues noch immer verwendet, da ſie weniger zeitraubend iſt als die genaue Methode und genügend ſichere Anhaltspunkte über die Stabilität gibt. Man unterſcheidet dabei Maximal- und Minimalſtützlinien, d. h. ſolche mit größtem bezw. kleinſtem Horizontalſchub, und ſtellt die Forderung, daß beide innerhalb des Kerns verlaufen. Alsdann geht die Minimalſtützlinie durch den oberen Kernpunkt des Scheitels und durch die unteren der Bruchfugen, die Maximalſtützlinie iſt im Scheitel durch den unteren, in den Bruchfugen durch den oberen Kernpunkt zu legen. Als Bruchfuge bezeichnet man dabei diejenige Fuge, bei der eine durch den oberen Rand der Scheitelfuge gelegte Stützlinie die innere Gewölbelaibung berührt bezw. ihr am nächſten kommt, d. h. ihr parallel läuft. Bei flachgeſprengten Gewölben treten die Kämpferfugen an die Stelle der Bruchfugen, dagegen liegen die Bruchfugen bei halbkreisförmigen Gewölben unter einem Zentriwinkel α vom Scheitel weg, der 55—60° beträgt. Nach dieſer älteren Methode wählt man nach Annahme der Gewölbeabmeſſungen zur Unterſuchung der Standſicherheit folgende Stützlinien (Drucklinien):

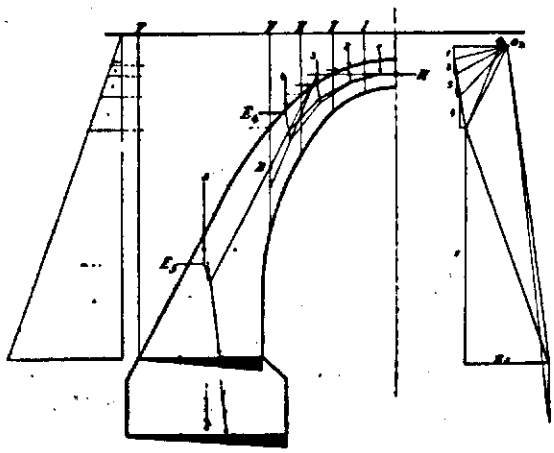


Fig. 5.

a) Stützlinie für ſtändige Laſt, durch die Mitten der Scheitel- und Bruchfugen gehend; ſie iſt hauptſächlich maßgebend für die Gewölbeform.

b) Minimalſtützlinie für Vollbelaſtung, im Scheitel durch das obere, in den Bruchfugen durch das untere Drittel gehend.

c) Stützlinie für einſeitige Verkehrsbelaſtung, entweder als Minimalſtützlinie oder beſſer und in Anpaſſung an die Ergebniſſe der genauen Theorie im Scheitel durch die Mitte, auf der belaſteten Seite durch den unteren, auf der unbelaſteten durch den oberen Kernpunkt der Bruchfuge bezw. des Kämpfers gehend. Das Gewölbe wird dann als ſtabil angeſehen, wenn dieſe Stützlinien nicht aus dem Kern heraustreten und gleichzeitig die größte im Gewölbe auftretende Preſſung nicht zu groß wird. Es iſt oft nötig für den Belaſtungszuſtand beim Ausrüſten, wenn Aufbau bezw. Hinterfüllung unvollendet ſind, eine ſtatiſche Unterſuchung anzuſtellen, und zwar wird hier eine Minimalſtützlinie am Platze ſein.

In Fig. 5 iſt die Stützlinie eines Betondurchlaſſes mit verlorenen Widerlagern für ſtändige und ſymmetriſche Belaſtung gezeichnet, und zwar iſt zunächſt das Gewölbe ſamt Auffüllung in lotrechte Streifen eingeteilt. Als äußere Kräfte wirken an einem Gewölbeſtücke: deſſen Eigengewicht, das Gewicht des darüber befindlichen Erdſtreifens und vom Seitendruck der Erde der auf die Vertikalprojektion der Rückenfläche entfallende Betrag. Dieſer ergibt ſich am einfachſten aus dem die ſpezifiſchen Erddrücke auf eine vertikale Ebene darſtellenden Dreieck als der Inhalt der trapezförmigen Flächen, deren Höhe der Seitenprojektion der Rückenfläche des betreffenden Gewölbeſtückes entſpricht. Die Gewichte der Erd- und Gewölbelamellen werden am beſten ausgerechnet, da man es dann in der Hand hat, auch radiale Fugen ſtatt vertikaler einzuführen. Die früher üblich geweſene Belaſtungslinie bietet keinen beſonderen Vorteil und iſt bei den modernen Aufbauten mit Pfeilern und Hohlräumen nicht mehr am Platze. Mit Hilfe eines Kräftepolygons werden jedesmal die drei Kräfte zu einer Reſultierenden zuſammengeſetzt, ſo daß die Stützlinie nach Annahme eines gewiſſen Horizontalſchubs als ein Seilpolygon leicht eingezeichnet werden kann. Will man haben, daß die Stützlinie durch einen beſtimmten Punkt B in einer gewiſſen Fuge gehen ſoll, ſo iſt zunächſt verſuchsweiſe ein Seilpolygon zu zeichnen, das die Reſultierende der äußeren Kräfte vom Scheitel her bis zur betreffenden Fuge liefert; durch den Schnittpunkt von H mit dieſer Reſultierenden muß auch der von B ausgehende Fugendruck gehen. Zieht man daher den dieſem Fugendruck entſprechenden parallelen Strahl im Kräftepolygon, ſo erhält man den richtigen Pol O_1, mit welchem die Stützlinie dann durch den Punkt B gehen muß (vgl. **Seilpolygon**; dort iſt auch die Aufgabe, eine Stützlinie durch drei Punkte zu legen, behandelt).

Soll man das Bauwerk auch auf halbſeitige zufällige Laſt berechnen, ſo werden Kräftepolygone und Drucklinie unſymmetriſch (Fig. 6). Die Bruchfugen B, A und B' verſchieben ſich in dieſem Falle nach der belaſteten Seite hin. Die Drucklinie iſt ſo eingezeichnet, daß ſie in der Fuge A durch das äußere, in den Fugen B und B' durch das innere Drittel der Gewölbedicke geht. Da die Lage der Bruchfugen nicht von vornherein bekannt iſt, ſo kann den geſtellten Bedingungen im allgemeinen nur durch mehrmaliges Probieren und Korrigieren entſprochen

werden. Ob die Gefahr vorliegt, daß eine Steinfchicht über die andre hinweggleitet, läßt fich aus dem Winkel α beurteilen, den die Drucklinie mit den Lagerfugen des Mauerwerks einfchließt. Iſt φ der Reibungswinkel zwifchen Stein und Stein, fo iſt die Gleitgefahr ausgefchloffen, folange $\alpha > 90 - \varphi$. Als Reibungswinkel wird je nach der Rauhigkeit der Lagerflächen

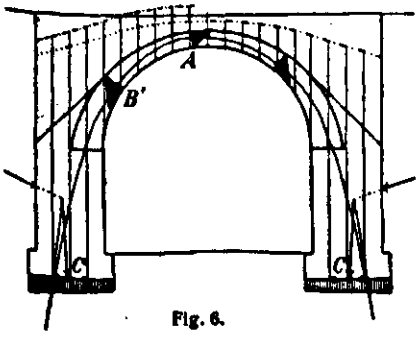


Fig. 6.

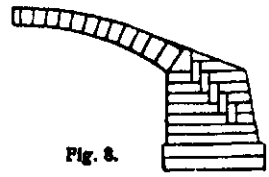


Fig. 8.

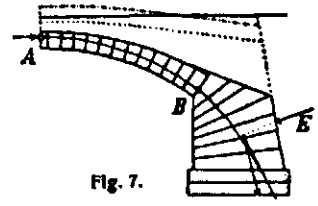


Fig. 7.

15—25° angenommen. Da die Drucklinie im Widerlager fehr flach verläuft, fo iſt man, um ein Gleiten zu verhüten, genötigt, die Lagerflächen hier geneigt auszuführen (Fig. 7) oder Sperrſteine anzubringen (Fig. 8).

Die Spannungen, die im Mauerwerk und im Fundament auftreten, finden fich nach der Feſtigkeitslehre auf einfache Weiſe. Iſt d_0 die Gewölbeſtärke im Scheitel, fo iſt die Spannung, wenn H im Drittel, alſo im Kernpunkte angreift, gleich $2H : d_0$. Ebenſo findet man die Spannung in der Bruchfuge gleich $2S : d$. Um die Spannung im Fundament zu berechnen, wendet man am beſten die Kernformel an. Iſt k der linksſeitige Kernpunkt und r der Hebelarm von R hinſichtlich K, fo iſt die Spannung an der rechten Kante gleich $6Rr : c^2$. Vertaufcht man K mit K', fo erhält man die Spannung an der linken Kante. Fällt der Angriffspunkt von R außerhalb der Strecke KK' (Fig. 9), fo verteilt ſich R nicht über die ganze Fundamentfläche, und die Spannung berechnet ſich nach der Formel $\sigma = 2V : 3x$, worin V gleich der lotrechten Komponente von R iſt. Es empfiehlt ſich der Ueberſichtlichkeit wegen, die Größe und Verteilung der Spannungen durch ſchraffierte Dreiecke und Trapeze darzuſtellen (Fig. 5 und 6). Als zuläſſige Spannungen nimmt man bei Mauerwerk gewöhnlich den zehnten Teil der Druckfeſtigkeit des betreffenden Steines an, alſo je nach der Steinſorte 80 bis 300 $t : m^2$. Als zuläſſiger Fundamentdruck wird bei gutem Boden 30 bis 40, bei ſehr gutem 50 bis 60 $t : m^2$ angenommen.

Fig. 9.

2. Berechnung der Gewölbe als **eingeſpannte elaſtiſche Bogen.** Es handle ſich zunächſt um einen ſymmetriſchen Bogen AB (Fig. 10); denken wir uns das linke Auflager bei A weggenommen, fo entſteht ein bei B eingeſpannter, frei ausladender Balken. Soll an der Spannungsverteilung nichts geändert werden, dann müſſen im linken Kämpferquerſchnitt bei A die Reaktionen H, V und M angebracht werden, die vor Wegnahme des Widerlagers dort gewirkt haben. Die Deformationsgleichungen ergeben ſich nun weſentlich einfacher, wenn wir die drei Reaktionen H, V und M an einem gewiſſen Punkt O angreifen laſſen, der dann in ſtarrer Verbindung mit dem linken Kämpferquerſchnitt zu denken iſt. Wenn der Kämpferquerſchnitt ſeine Lage nicht ändern ſoll, dann muß auch der Punkt O in Ruhe bleiben, und der Kämpferquerſchnitt darf keine Drehbewegung um ihn ausführen. Die Verſchiebungen des Kämpferquerſchnitts ſind bedingt durch die Deformationen der einzelnen Bogenelemente. Mit Vernachläſſigung der Querkraft Q_x, deren Einfluß bei Bogen immer vernachläſſigt werden kann, und mit Verwendung der für den geraden Stab gültigen Biegungsformeln ergeben ſich infolge der Deformation durch das Moment M_x und die Normalkraft N_x in jedem Querſchnitte mit Rückſicht auf Fig. 10 und das dort angedeutete Koordinatenſyſtem die folgenden Bedingungsgleichungen:

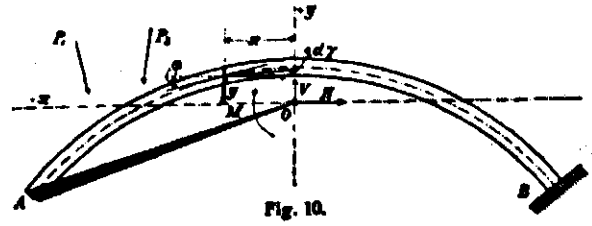


Fig. 10.

1. Verſchiebung des Punktes O im Sinne der x-Achſe. Die Spannweitevergrößerung infolge der Deformation eines Elementes iſt $dl = dy \cdot y - ds \cdot \cos\varphi$. Hierbei iſt $dy = \frac{M_x}{EJ} \cdot ds$, $ds = \frac{N_x \cdot ds}{EF}$; alſo ergibt ſich für den ganzen Bogen mit Berückſichtigung einer Wärmezunahme um $\tau°$

$$0 = \int \frac{M_x}{EJ} \cdot ds \cdot y - \int \frac{N_x\, ds}{EF} \cdot \cos\varphi + \alpha\tau l,$$

wo α den Temperaturausdehnungskoeffizienten bedeutet.

2. Verſchiebung des Punktes O im Sinne der y-Achſe.

$$0 = -\int \frac{M_x}{EJ} \cdot ds \cdot x + \int \frac{N_x \cdot ds}{EF} \cdot \sin\varphi.$$

3. Drehung des Kämpferquerſchnitts um den Punkt O $\quad 0 = \int \frac{M_x}{EJ} \cdot ds.$

Bezeichnet man mit M_0 das Moment der äußeren Kräfte P links vom Schnitt x in bezug auf deſſen Schwerpunkt oder das Biegungsmoment, das dort im Falle des rechts eingeſpannten, links frei ausladenden Balkens vorhanden iſt, dann ergibt ſich für M_x der Ausdruck

$$M_x = M_0 + M - H \cdot y - V \cdot x.$$

Für $N_x \cdot \cos\varphi$ kann ohne praktiſche Fehler der Horizontalſchub H geſetzt werden, weil der Einfluß der Deformation durch die Normalkräfte bei großem Pfeilverhältnis überhaupt zurücktritt und erſt bei kleinem Pfeilverhältnis oder flachen Bogen an Bedeutung gewinnt, bei dieſen aber mit H verwechſelt werden darf. Da unten für die ſtändige Laſt eine exakte Berechnung angegeben wird, ſo gilt dieſe Vereinfachung nur für die Verkehrslaſt. Aus dem gleichen Grunde wird $N_x \cdot \sin\varphi$ vernachläſſigt. Setzt man die Werte für M_x und $N_x \cos\varphi$ in die obigen drei Gleichungen ein und wählt man die Lage des Punkts O ſo, daß

$$\int \frac{x \cdot ds}{J} = 0, \qquad \int \frac{y \cdot ds}{J} = 0, \qquad \int \frac{xy \cdot ds}{J} = 0$$

wird, ſo enthält jede Gleichung nur eine der unbekannten Reaktionen, und wenn man ſich die Bogenachſe mit (elaſtiſchen) Gewichten $dw = \frac{ds}{J}$ behaftet denkt, ſo erhält man:

$$H = \frac{\int \frac{M_0 y}{J} \cdot ds + E\alpha\tau l}{\int \frac{y^2 \cdot ds}{J} + \int \frac{ds}{F}} = \frac{\int M_0 \cdot dw \cdot y + E\alpha\tau l}{\int dw \cdot y^2 + \int \frac{ds}{F}},$$

$$V = \frac{\int \frac{M_0 \cdot ds}{J} \cdot x}{\int \frac{x^2 \cdot ds}{J}} = \frac{\int M_0 \cdot dw \cdot x}{\int dw \cdot x^2}, \qquad M = -\frac{\int \frac{M_0 \cdot ds}{J}}{\int \frac{ds}{J}} = -\frac{\int M_0 \cdot dw}{\int dw},$$

und das Koordinatenſyſtem iſt dann ſo zu wählen, daß 1. der Urſprung O mit dem Schwerpunkt des mit den Gewichten dw behafteten Bogens zuſammenfällt, 2. die Achſen der x und der y ſo liegen, daß das Zentrifugalmoment der Gewichte $dw = 0$ iſt. Beim vorausgeſetzten ſymmetriſchen Bogen iſt die letztere Bedingung ohne weiteres erfüllt, wenn die y-Achſe mit der Symmetrieachſe zuſammenfällt und die x-Achſe ſenkrecht auf ihr ſteht. Hat man es nur mit wenigen beſtimmten Belaſtungsfällen zu tun, ſo kann man nach dieſen Formeln die Berechnung durchführen. Die Integrale können bei beliebiger Bogenform nicht aufgelöſt werden und ſind näherungsweiſe zu beſtimmen. Zu dieſem Zweck kann man entweder den Bogen in eine gerade Anzahl gleicher Teile einteilen, für die Teilpunkte die Werte unter dem Integral-

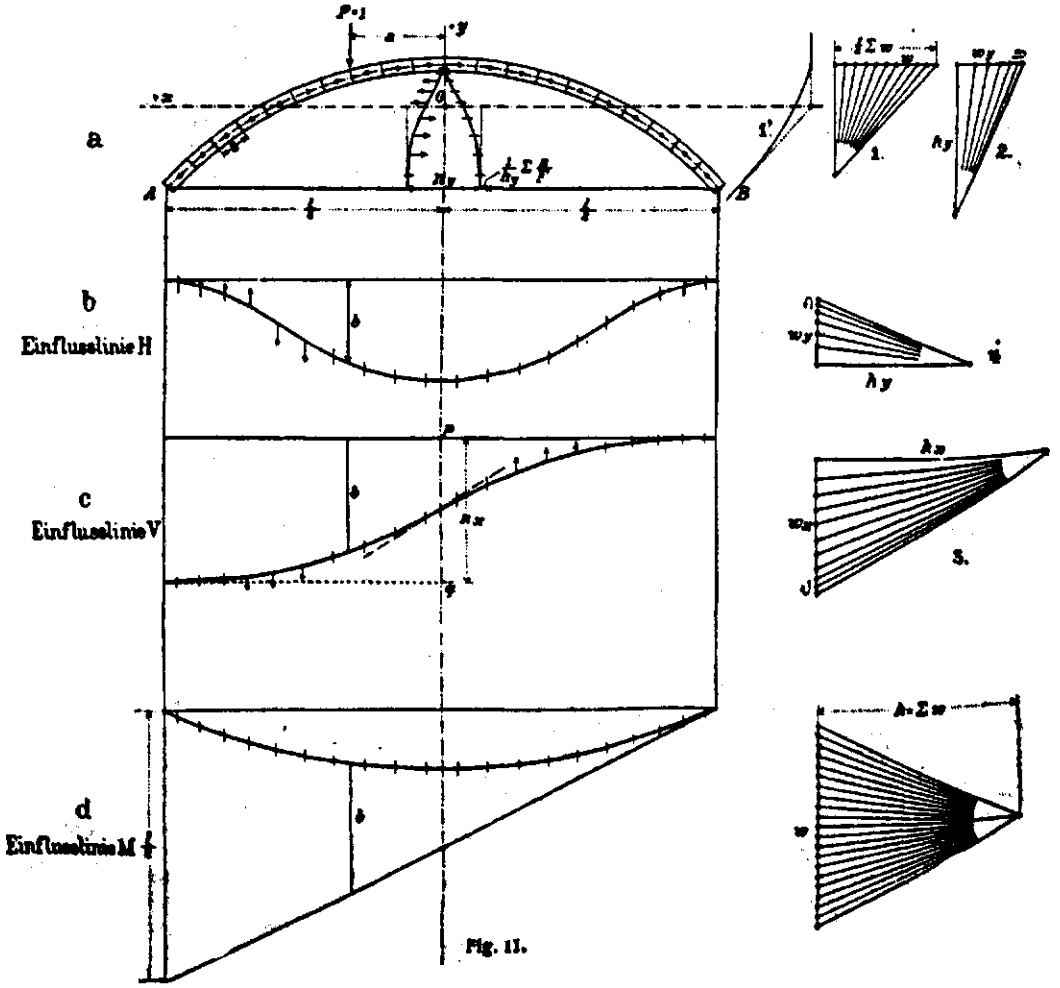


Fig. 11.

zeichen ausrechnen und ſie nach der Simpſonſchen Regel addieren. Oder man teilt in beliebige Teile ein von der Länge s, wobei die Angriffspunkte konzentrierter Laſten mit Teilpunkten zuſammenfallen, rechnet dann die Gewichte $w = \frac{s}{J}$ für die Mitten der Teile aus und addiert dann einfach die Produkte $M_o \cdot w \cdot y$, $M_o \cdot w \cdot x$, $w \cdot y^2$, $w \cdot x^2$ u. ſ. w., wobei ſich dann alle Größen auf die Mitten der Bogenſtücke beziehen. Bezeichnet man die Größen $w \cdot y$ mit w_y; $w \cdot x$ mit w_x, dann erhalten wir die Gleichung

$$H = \frac{\Sigma M_o \cdot w_y}{\Sigma y \cdot w_y + \Sigma \frac{s}{F}}, \qquad V = \frac{\Sigma M_o \cdot w_x}{\Sigma x \cdot w_x}, \qquad M = -\frac{\Sigma M_o \cdot w}{\Sigma w},$$

wobei vorausgeſetzt iſt, daß die Integrale nach der zweiten Methode ausgerechnet werden. Handelt es ſich bei vertikaler Belaſtung um die Ermittlung der Einflußlinien der Größen H, V und M, ſo iſt nur eine einzige Laſt $P = 1$ mit der Abſciſſe a am Bogen zu denken (Fig. 11). Alsdann iſt für alle Bogenquerſchnitte, deren $x > a$ das Moment $M_o = 0$,

$x < a$ . . $M_o = -1\,(a - x)$;

ſomit werden für dieſen Belaſtungsfall die Summen

$$\Sigma M_o \cdot w_y = -\sum_a^{-l_0} w_y\,(a - x), \quad \Sigma M_o \cdot w_x = -\sum_a^{-l_0} w_x\,(a - x), \quad \Sigma M_o \cdot w = -\sum_a^{-l_0} w\,(a - x),$$

d. h. gleich den ſtatiſchen Momenten der Gewichte w_y, w_x und w rechts der Laſt $P = 1$ in bezug auf die Wirkungsgerade derſelben. Will man alſo die Einflußlinien vollſtändig erhalten, ſo hat man, von rechts beginnend, der Einzellaſt $P = 1$ eine Reihe von Angriffspunkten zu geben, die am beſten mit den Teilpunkten der Bogenſtücke s zuſammenfallen, und jedesmal die Momente aller Gewichte w_y, w_x, w rechts vom Angriffspunkte in bezug auf dieſen zu berechnen. Die Momente ſind dann noch durch die Nenner der entſprechenden Ausdrücke für H, V und M zu dividieren. Die Einflußlinien laſſen ſich auch vollſtändig graphiſch ermitteln: Die graphiſche Ermittlung des Schwerpunkts O der elaſtiſchen Gewichte w bedarf keiner Erläuterung, ihr dient in Fig. 11 das Kräftepolygon 1 und das Seilpolygon 1′. Da die Summe der ſtatiſchen Momente paralleler Kräfte in bezug auf eine ihnen parallele Gerade gleich iſt dem zwiſchen die beiden letzten Seilpolygonſeiten hineinfallenden Stück der Geraden, multipliziert mit der Polweite, ſo laſſen ſich alle vorkommenden Summen, die als ſtatiſche Momente gedeutet werden können, mit Hilfe von Seilpolygonen darſtellen.

Nenner von H. — Um das ſtatiſche Moment der Gewichte w_y in bezug auf die x-Achſe zu finden, wird das Kräftepolygon 2 mit beliebigem Polabſtand h_y gezeichnet. Da $\Sigma w_y = \Sigma w \cdot y$ für den halben Bogen $= 0$, ſo nimmt das zugehörige Seilpolygon für horizontal wirkende w_y die in Fig. 11 mit a bezeichnete Form an. Für den halben Bogen wird die erſte und letzte Seite vertikal, für die rechte Hälfte wird ein ſymmetriſches Polygon erhalten, ſo daß, wenn die zwiſchen den beiden Anfangspunkten liegende Strecke mit n_y bezeichnet wird, $\Sigma y \cdot w_y = n_y \cdot h_y$ iſt. Hierzu kommt noch die rechneriſch zu ermittelnde Größe $\Sigma s/F$.

Nenner von V oder $\Sigma x \cdot w_x$. Zur Beſtimmung dieſer Summe der ſtatiſchen Momente der Gewichte w_x in bezug auf die y-Achſe iſt in Fig. 11 das Kräftepolygon 3 gezeichnet mit einer Poldiſtanz h_x, das entſprechende Seilpolygon iſt in c dargeſtellt, und es folgt mit $p\,q = n_x$ $\Sigma x \cdot w_x = n_x \cdot h_x$.

Die Nenner von H und V werden immer poſitiv, da ſie ja $= \Sigma w \cdot y^2$ bezw. $= \Sigma w \cdot x^2$ ſind.

Zähler von H oder $\Sigma M_o \cdot w_y = -\sum_a^{-l_0} w_y\,(a - x)$ für eine Einzelbelaſtung $P = 1$.

Hierzu iſt mit dem Kräftepolygon 4, deſſen Polweite wieder h_y iſt, das in Fig. 11 erſichtliche Seilpolygon b gezeichnet, alsdann iſt das Moment aller Gewichte w_y in bezug auf die Laſt $P = 1$ dargeſtellt durch die unter P liegende Ordinate b, multipliziert mit h_y, und der Horizontalſchub wird

$$H = \frac{b \cdot h_y}{n_y \cdot h_y + \Sigma \frac{s}{F}} = \frac{b}{n_y + \frac{1}{h_y} \Sigma \frac{s}{F}}.$$

Fügt man alſo zur Strecke n_y noch das rechneriſch zu ermittelnde Stückchen $\frac{1}{h_y} \Sigma \frac{s}{F}$, das den Einfluß der Deformation durch die Normalkräfte vorſtellt, hinzu, ſo ergibt ſich der Nenner des letzten Ausdrucks für H, oder man kann das zuletzt gezeichnete Seilpolygon als Einflußlinie des Horizontalſchubes H auffaſſen, wobei die Einheit des Maßſtabes der Ordinaten b durch die Strecke $n_y + \frac{1}{h_y} \Sigma \frac{s}{F}$ dargeſtellt iſt. n_y iſt als eine Länge aufzufaſſen, ebenſo $\frac{1}{h_y} \Sigma \frac{s}{F}$.

Zähler von V oder $\Sigma M_o \cdot w_x = -\sum_a^{-l_0} w_x\,(a - x)$ für eine Einzelbelaſtung $P = 1$.

Aus dem Seilpolygon c in Fig. 11 folgt das Moment aller Gewichte w_x in bezug auf die Wirkungsgerade der Laſt $P = 1$ gleich der unter P gelegenen Ordinate b, multipliziert mit h_x; alſo iſt

$$V = \frac{b \cdot h_x}{n_x \cdot h_x} = \frac{b}{n_x},$$

oder das gezeichnete Seilpolygon kann als Einflußlinie für V betrachtet werden, wobei die Einheit des Maßſtabes der Ordinaten durch die Strecke n_x dargeſtellt iſt.

Zähler von M oder $-\Sigma M_o w = +\sum_a^{-l_0} w\,(a - x)$.

Hierzu ist in Fig. 11 das Kräftepolygon 5 und das Seilpolygon d gezeichnet. Die Summe der statischen Momente aller Gewichte w rechts vom Lastangriffspunkt in bezug auf die Wirkungslinie der Last ist dann gleich der zwischen die beiden letzten Seilpolygonseiten fallenden Ordinate b, multipliziert mit der Polweite h; macht man $h = \Sigma w$, so ist $M = \frac{b \cdot \Sigma w}{\Sigma w} = b$, d. h. es stellen dann diese Ordinaten, als Längen gemessen, unmittelbar den Einfluß der Last $P = 1$ zum Moment M vor. Unter dem linken Bogenende wird $M = \frac{l}{2}$.

Die Berechnung der Einflußordinaten der Kernmomente erfolgt für einen bestimmten Schnitt xy nach der Gleichung $M_k = M_0 + M - H \cdot y_k - V \cdot x$, wo M_0 das Moment der äußeren Kräfte (hier $P = 1$) links vom Schnitt in bezug auf diesen bedeutet. Die Wahl senkrechter Schnitte (Fig. 12) erleichtert die Arbeit insofern, als dann M_0 und $V \cdot x$ für den oberen und unteren Kernpunkt jeweils gleichgroß sind. Für jeden Kernpunkt bezw. jeden Schnitt erhält man eine Tabelle zur Berechnung der Einflußordinaten der M_k, indem man nacheinander die Last $P = 1$ alle Lagen von 0 bis l annehmen läßt. Die Werte M, H und V sind aus den entsprechenden Einflußlinien zu entnehmen, und für jede Lage der Last sind die entsprechenden Werte auf der rechten Seite obenstehender Gleichung unter Berücksichtigung des Vorzeichens zu addieren. Da die unendlich kleinen Gewichte dw durch endliche Gewichte w ersetzt werden, erhält man zutreffende Einflußordinaten der gesuchten Reaktionen nur für solche Stellungen der Last $P = 1$, die mit den Teilpunkten der Bogenstücke s zusammenfallen. Oder die richtigen Einflußlinien sind die den Seilpolygonen einbeschriebenen Kurven, welche die Seiten des Polygons senkrecht unter den Bogenteilpunkten berühren. Die Einflußlinien der Kernpunktsmomente haben im allgemeinen die in Fig. 13 dargestellte Form mit einer positiven und einer negativen Beitragsstrecke.

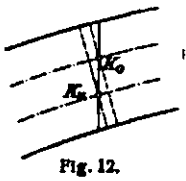


Fig. 12.

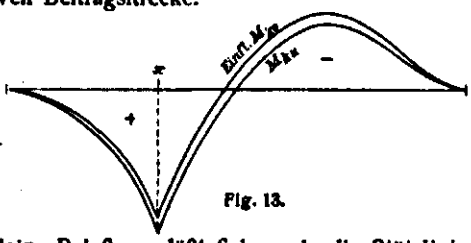


Fig. 13.

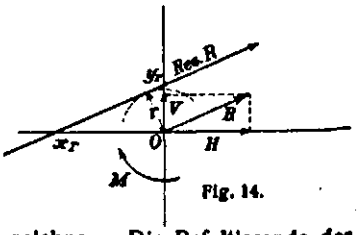


Fig. 14.

Für irgendeine Belastung läßt sich auch die Stützlinie zeichnen. Die Resultierende der Kämpferreaktionen ist $R = \sqrt{H^2 + V^2}$ und ihr Abstand r vom Punkt O wird aus $r = \frac{M}{R}$ gefunden. Es lassen sich auch die Abschnitte von R auf den Koordinatenachsen berechnen (Fig. 14) und zwar ist:

$$0 = -Vx_r + M, \qquad \text{woraus } x_r = \frac{M}{V},$$

$$0 = -Hy_r + M, \qquad \text{woraus } y_r = \frac{M}{H}.$$

Von R ausgehend kann dann der Verlauf der Stützlinie gezeichnet werden.

Beanspruchung durch ständige Last. Die Ermittlung der Eigengewichtsbeanspruchung mit Hilfe der Einflußlinien oder der Stützlinie ist nicht nur zeitraubend, sondern auch ungenau, weil es sich um große Kräfte an kleinen Hebelarmen handelt, deren Darstellung graphisch nicht mehr mit der erwünschten Schärfe möglich ist. Es empfiehlt sich daher, dem Bogen eine solche Form zu geben, daß seine Achse mit einer Stützlinie für die ständige Last zusammenfällt, und die Eigengewichtsbeanspruchungen nach der folgenden einfachen und genauen Methode zu ermitteln. Wir nehmen wieder das linke Auflager weg und bringen im Schwerpunkt des Kämpferquerschnitts die Reaktionen H_s und V_s an, die der mit der Bogenmittellinie zusammenfallenden Stützlinie für die ständige Last entsprechen (Fig. 15). Da der Bogen sich unter Einfluß der Normalkräfte verkürzt, die Spannweite aber unverändert bleiben soll, so können H_s und V_s nicht die richtigen Auflagerkräfte des eingespannten Bogens sein, und wir bringen daher noch im Punkte O, der in starrer Verbindung mit dem linken Kämpferquerschnitt zu denken ist, die Ergänzungskräfte H_e, V_e und M_e an. Setzt man dann in den drei Deformationsgleichungen, welche die Unveränderlichkeit des linken Kämpfers ausdrücken, die Werte $M_x = M_e - H_e \cdot y - V_e \cdot x$, $N_x = N_s + H_e \cdot \cos\varphi + V_e \cdot \sin\varphi$, wobei $N_s = \frac{H_s}{\cos\varphi}$ ist, ein, so erhält man bei der wieder durch $\int \frac{y\,ds}{J} = 0$, $\int \frac{x\,ds}{J} = 0$, $\int \frac{xy\,ds}{J} = 0$ bestimmten Lage des Koordinatensystems aus der dritten Bedingungsgleichung $M_e = 0$, aus der zweiten $V_e = 0$ und aus der ersten

$$H_e = \frac{-H_s \int \frac{ds}{F}}{\int \frac{y^2 \cdot ds}{J} + \int \frac{ds \cdot \cos^2\varphi}{F}}$$

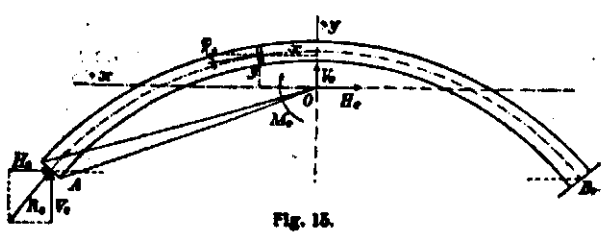


Fig. 15.

Die Größen $\int \frac{ds}{F}$ und $\int \frac{y^2 \cdot ds}{J} = \Sigma w \cdot y^2$ sind für die Einflußlinien ohnedies zu

beſtimmen. Da H_e als Ergänzungskraft klein iſt, kann ohne große Ungenauigkeit das zweite Glied im Nenner, alſo $\int \frac{ds \cdot \cos^2\varphi}{F}$ gegenüber dem viel größeren erſten Glied vernachläſſigt oder gleich dem ſchon berechneten $\int \frac{ds}{F}$ geſetzt werden. Die Randſpannungen infolge ſtändiger Belaſtung ergeben ſich als Summe der gleichmäßig verteilten Druckſpannungen von der mit der Achſe zuſammenfallenden Stützlinie und der von H_e erzeugten Biegungsbeanſpruchung, und zwar wird

$$\sigma_o = \frac{H_s}{\cos\varphi \cdot F} + \frac{H_e \cdot y\, k_u}{W} \qquad \sigma_u = \frac{H_s}{\cos\varphi \cdot F} - \frac{H_e \cdot y\, k_o}{W}.$$

Will man den Verlauf der tatſächlichen Stützlinie zeichnen, ſo hat man die Kräfte der mittleren Stützlinie mit der Ergänzungskraft H_e zu kombinieren; beide Stützlinien durchſchneiden ſich auf der x-Achſe, auf der auch alle Schnittpunkte entſprechender Seiten der beiden Polygone liegen. R_s und H_e ergeben die tatſächliche Kämpferreaktion R (Fig. 16).

Je kleiner das Pfeilverhältnis eines Bogens iſt, um ſo kleiner wird $\Sigma w \cdot y^2$ oder der Nenner des Ausdruckes für H_e, um ſo mehr wird alſo die tatſächliche Stützlinie von der mittleren im Scheitel und im Kämpfer abweichen. Die Abweichung wird ſchon vom Pfeilverhältnis $1/8$ ab von Einfluß. Durch Verwendung proviſoriſcher Gelenke, die erſt ausgegoſſen werden, wenn die Deformationen durch die Normalkräfte ſich vollzogen haben, kann erreicht werden, daß die Eigengewichtsſtützlinie mit der Bogenmittellinie zuſammenfällt, alſo $H_e = 0$ wird.

Fig. 17.

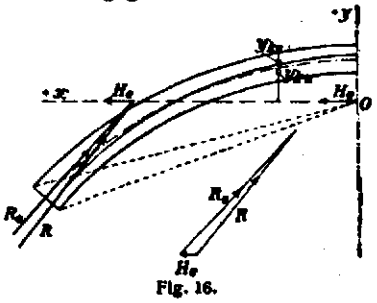


Fig. 16.

Die vorausgeſetzte Stützlinienform des Gewölbes wird am einfachſten durch Verſuchsrechnungen feſtgeſtellt, und zwar wird die Form zunächſt beliebig (als Kreisbogen) angenommen und für die dadurch feſtgelegte Belaſtung die Ordinaten der Stützlinie eingerechnet. Dadurch erhält man eine verbeſſerte Bogenform und eine etwas veränderte Belaſtung, die bei der Wiederholung der Rechnung zugrunde gelegt wird. Dieſe liefert meiſt ſchon ein brauchbares Reſultat. Eine direkte mathematiſche Beſtimmung der Stützlinienform iſt bei den meiſt angewendeten Spandrillräumen und Entlaſtungsbogen im Aufbau nicht möglich.

Einfluß der Temperaturänderung. Aendert ſich die Temperatur des Gewölbes gegenüber ſeiner Herſtellungstemperatur um $\tau°$, dann ergibt ſich als einzige hiervon herrührende Auflagerkraft nach den früher aufgeſtellten Gleichungen

$$H_\tau = \frac{E\,\alpha\,\tau\,l}{\Sigma w \cdot y^2 + \Sigma \frac{s}{F}} = \frac{E\,\alpha\,\tau\,l}{\Sigma \frac{s}{J} \cdot y^2 + \Sigma \frac{s}{F}}.$$

Dieſe Kraft wirkt alſo in der Höhe der x-Achſe und iſt in feſter Verbindung mit dem Kämpferquerſchnitt zu denken (Fig. 17). Die davon herrührenden Randſpannungen folgen aus den Kernmomenten der Kraft H_τ, die um ſo größer wird, je größer J iſt.

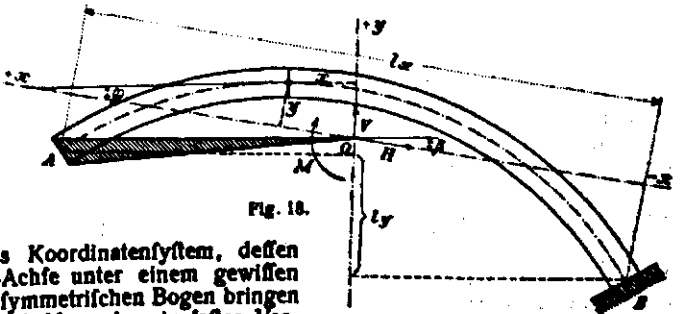


Fig. 18.

Den unſymmetriſchen Bogen beziehen wir nach Fig. 18 auf ein ſchiefwinkliges Koordinatenſyſtem, deſſen y-Achſe vertikal und deſſen x-Achſe unter einem gewiſſen Winkel β geneigt iſt. Wie beim ſymmetriſchen Bogen bringen wir die drei Reaktionen H, V und M an dem in feſter Verbindung mit dem linken Kämpferquerſchnitt zu denkenden Punkte O an, und zwar wirke H in der Richtung der x-Achſe, V in der Richtung der y-Achſe. Die Achspunkte des Bogens werden mit ihren lotrechten Abſtänden x und y von den Achſen eingeführt. Es ergeben ſich wieder die drei Bedingungsgleichungen, die aus der unveränderten Lage des linken Kämpferquerſchnitts folgen.

Verſchiebung des Punktes O im Sinne der x-Achſe

$$0 = \int \frac{M_x}{EJ} \cdot ds \cdot y - \int \frac{N_x \cdot ds}{EF} \cdot \cos\varphi + \alpha\,\tau\,l_x.$$

Verſchiebung des Punktes O im Sinne der y-Achſe

$$0 = -\int \frac{M_x}{EJ} \cdot ds \cdot x + \int \frac{N_x \cdot ds}{EF} \cdot \sin(\varphi - \beta) + \alpha\,\tau\,l_y.$$

Drehung um den Punkt O

$$0 = \int \frac{M_x}{EJ} \cdot ds.$$

Hierbei bedeuten l_x und l_y die Projektionen der Kämpferentfernung AB auf beide Achſen. Für M_x ſetzen wir wieder $M_x = M_o + M - H \cdot y - V \cdot x$ und näherungsweiſe $N_x \cdot \cos\varphi = H$ und $N_x \cdot \sin(\varphi - \beta) = 0$; alsdann ergeben ſich, wenn das Koordinatenſyſtem wieder ſo gewählt wird, daß die

$$\int \frac{x \cdot ds}{J} = 0, \quad \int \frac{y \cdot ds}{J} = 0 \quad \text{und} \quad \int \frac{xy}{J} \cdot ds = 0,$$

die ſtatiſch unbeſtimmten Auflagerkräfte zu

$$H = \frac{\int \frac{M_0 \cdot y}{J} \cdot ds + E \alpha \tau l_x}{\int \frac{y^2 ds}{J} + \int \frac{ds}{F}} = \frac{\Sigma M_0 \cdot w_y + E \alpha \tau l_x}{\Sigma y \cdot w_y + \Sigma \frac{s}{F}}$$

$$V = \frac{\int \frac{M_0 \cdot x}{J} \cdot ds - E \cdot \alpha \tau l_y}{\int \frac{x^2 \cdot ds}{J}} = \frac{\Sigma M_0 \cdot w_x - E \alpha \tau l_y}{\Sigma x \cdot w_x}$$

$$M = -\frac{\int \frac{M_0 \cdot ds}{J}}{\int \frac{ds}{J}} = -\frac{\Sigma M_0 \cdot w}{\Sigma w}$$

Der Uebergang zu den Einflußlinien ergibt ſich genau ſo, wie es für den ſymmetriſchen Bogen gezeigt wurde, auch werden die entſprechenden Seilpolygone in gleicher Weiſe konſtruiert. Nur bei der $\Sigma y \cdot w_y$ ergibt ſich ein Unterſchied inſofern, als die elaſtiſchen Gewichte w_y nicht mehr horizontal, ſondern parallel der x-Achſe wirkend anzunehmen ſind; das Stück n_y (Fig. 11) wird dann nicht mehr horizontal, ſondern parallel zur x-Achſe zwiſchen den beiden letzten Seilpolygonſeiten gemeſſen.

Der Urſprung O fällt mit dem Schwerpunkt der elaſtiſchen Gewichte dw zuſammen und die Achſen x und y ſind konjugierte Achſen des mit den Gewichten dw behafteten Bogens. Bezeichnet man die Ordinaten der Bogenpunkte in bezug auf die horizontale x_1-Achſe mit y_1, ſo iſt (Fig. 19)

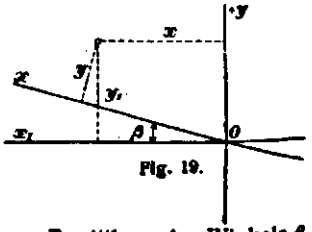


Fig. 19.

$$y = y_1 \cos \beta - x \cdot \sin \beta$$

und $\int xy \cdot dw = \cos \beta \int xy_1 \cdot dw - \sin \beta \int x^2 \cdot dw = 0,$

woraus $$\operatorname{tg} \beta = \frac{\int xy_1 \cdot dw}{\int x^2 \cdot dw} = \frac{\Sigma w_x \cdot y_1}{\Sigma w_x \cdot x}.$$

Da die Summe des Nenners ohnedies zu berechnen iſt, hat man alſo zur Ermittlung des Winkels β noch das ſtatiſche Moment der Gewichte w_x in bezug auf die horizontale x_1-Achſe auszurechnen.

Bei gleichhohen Kämpfern, aber unſymmetriſcher Bogenform wird $V_t = 0$, und der Temperaturſchub

$$H_t = \frac{E \alpha \tau l_x}{\Sigma y \cdot w_y + \Sigma \frac{s}{F}}$$

wirkt in der x-Achſe, die um den Winkel β gegen die Horizontale geneigt iſt.

Die für den ſymmetriſchen Bogen empfohlene Berechnung der Eigengewichtsbeanſpruchungen iſt auch bei unſymmetriſcher Form anwendbar, ſofern man in den drei Gleichungen die Glieder mit $\sin(\varphi - \beta)$ vernachläſſigt, was ohne großen Fehler geſchehen kann. Alsdann ergibt ſich für die in der geneigten x-Achſe wirkende Ergänzungskraft H_e derſelbe Ausdruck wie beim ſymmetriſchen Bogen. — Die graphiſche Berechnung von gemauerten Pfeilern ſ. unter Pfeiler.

Literatur: Culmann, Graphiſche Statik, Zürich 1866; Ritter, A., Ingenieur-Mechanik, Hannover 1875; Heinzerling, Brücken der Gegenwart, 2. Abt., Aachen 1875–77; Winkler, Lage der Stützlinie in Gewölben, Deutſche Bauztg. 1879; Foeppl, Theorie der Gewölbe, Leipzig 1880; Durand-Claye, Vérification de la stabilité des voûtes etc., Paris 1880; Müller-Breslau, Elaſtizitätstheorie der Tonnengewölbe, Zeitſchr. für Bauweſen 1886; v. Ott, Vorträge über Baumechanik, 1. Teil, Prag 1888; Landsberg, Die Statik der Hochbaukonſtruktionen, Darmſtadt 1889; Keck, Vorträge über graphiſche Statik, Hannover 1894; Bericht des Gewölbeausſchuſſes des Oeſterr. Arch.- und Ing.-Ver. 1895; v. Weyrauch, Die elaſtiſchen Bogenträger, 2. Aufl., München 1897; Tolkmitt, G., Leitfaden für das Entwerfen und die Berechnung gewölbter Brücken, 2. Aufl., Berlin 1902; Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, 2. Teil, Bd. 1, 1904; Mörſch, Berechnung von Dreigelenkbögen, Zeitſchr. für Arch. und Ingenieurweſen, Heft 2, 1900; Derſ., Berechnung von eingeſpannten Gewölben, Schweiz. Bauztg., Bd. 47, 1906, Nr. 7 u. 8; Ritter, W., Anwendung der graphiſchen Statik, 4. Teil, Der Bogen, Zürich 1906.

Mörſch.

Gewölbeachſe iſt diejenige gerade, gebrochene oder gekrümmte Linie, die der Wölblinie bei ihrer zur Bildung der Laibungsfläche erforderlichen Fortbewegung als Leitlinie dient.

Von einer Gewölbeachſe kann eigentlich nur bei den verſchiedenartigen Tonnengewölben, den Kegel-, Ring- und Schneckengewölben, die Rede ſein. Die übrigen Gewölbearten haben, wie z. B. die verſchiedenen Kuppelgewölbe, keine beſtimmte Achſe oder es ſind, wie bei den Kreuz- und Kloſtergewölben, mehrere und mindeſtens zwei Achſen vorhanden; ſ. Gewölbe.

L. v. Willmann.

Gewölbefugen, die auf den Laibungs-, Rücken- und Stirnflächen eines Gewölbes ſichtbar werdenden Schnittlinien derſelben mit den Lager- und Stoßflächen.

Die Lagerfugen zeigen ſich auf allen drei genannten Begrenzungsflächen des Gewölbes, bilden auf der Rücken- und Laibungsfläche zur Achſe oder zu den Kämpferlinien parallele

Linienfcharen, während fie in der Gewölbeftirn oder in jedem zur Achfe fenkrecht geführten Querfchnitt ein Linienbüfchel bilden, deffen einzelne Elemente auf der Wölblinie fenkrecht ftehen und als folche meift insbefondere „Gewölbefugen" genannt werden, da durch ihre Feftlegung die Fugeneinteilung beftimmt wird. Die Stoßfugen des Gewölbes zeigen fich auf der Laibungs- und Rückenfläche als Teile der Wölblinien diefer Flächen und find den Krümmungsverhältniffen derfelben entfprechend gekrümmte Linien; f. Gewölbe. *L. v. Willmann.*

Gewölbefuß oder Gewölbeanfang heißt der untere, unmittelbar auf dem Widerlager ruhende Teil des Gewölbes (f. Gewölbe).

Gewölbejoch wird ein vollftändiges Kreuz- oder Trichtergewölbe über einer gefchloffenen Grundrißfigur genannt. Bei Aneinanderreihung mehrerer Gewölbejoche, die durch Säulenftellungen voneinander getrennt find, entfteht eine Halle. *L. v. Willmann.*

Gewölbelaibung ift die innere Fläche des Gewölbes, die durch ftetige, gefetzmäßige Bewegung der Wölblinie oder durch Hingleiten der durch fie beftimmten Ebene an einer feften Leitlinie (Achfe) entftanden gedacht werden kann und die für die Form, Benennung und den Steinverband des betreffenden Gewölbes maßgebend ift; f. Gewölbe. *L. v. Willmann.*

Gewölbelinie, die Kurve mit der Gleichung $y = {}^1/_2\, b\,(e^{\frac{x}{a}} + e^{\frac{-x}{a}})$ oder $x = a\,l\,\frac{y+\sqrt{y^2-b^2}}{b}$. Krümmungshalbmeffer ift $\varrho = \frac{(\sqrt{a^2+b^2+y^2})^3}{ay}$. Die Kurve ift fymmetrifch in bezug auf die y-Achfe; fie ift zur Kettenlinie affin und geht mit $a = b$ in diefe über (f. Fadenkurven).

Literatur: Schlömilch, O., Uebungsbuch zum Studium der höheren Analyfis, 2. Aufl., 1. Teil, Leipzig 1873, S. 89; 2. Teil, Leipzig 1874, S. 60. *Wolfing.*

Gewölberücken ift die äußere Begrenzungsfläche eines Gewölbes.

Im Hochbau bedarf der Gewölberücken in der Regel keiner befonderen Bearbeitung; bei Brückengewölben [1] jedoch (f. Brücken, fteinerne) und überall dort, wo das Gewölbemauerwerk vor Sickerwaffer gefchützt werden muß, ift eine waffer dichte Abdeckung erforderlich, die aus einer oder zwei Ziegelflachfchichten in Zementmörtel, ferner aus einem Zement- [2] oder Afphaltguß, aus Mineralteer [3], Afphaltfilz [4], Afphaltpappe, Afphaltleinwand (Tektolith) [5] oder Bleiblech [6] beftehen kann.

Literatur: [1] Handb. d. Bauk., 3. Abt., 4. Heft, S. 355, Berlin 1892; Handb. d. Ing.-Wiff., 2. Aufl., Leipzig 1886, Bd. 2, S. 189. — [2] Zeitfchr. d. Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover 1877, S. 175. — [3] Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 331. — [4] Liter. Bl. zu Glafers Ann. 1881, Bd. 1, S. 5, und Amtsbl. d. K. Eifenbahndirekt. Bromberg 1880, S. 147; 1881, Bd. 1, S. 19. — [5] Zeitfchr. f. Bauw. 1890, S. 245. — [6] Deutfche Bauztg. 1880, S. 256, 266, 298, 346, 419. *L. v. Willmann.*

Gewölberüftung, f. Lehrgerüfte.

Gewölbefchenkel find die rechts und links von einer durch die Scheitellinie gelegten vertikalen Ebene befindlichen Gewölbeteile eines Tonnengewölbes oder eines Mauerbogens; f. Mauerbögen und Gewölbe. *L. v. Willmann.*

Gewölbefohle oder Widerlagsfläche ift diejenige Lagerfläche, mit welcher der Gewölbefuß auf dem Widerlager aufruht; f. Gewölbe.

Gewölbefteine (Wölbfteine, Wölbziegel). Zur Herftellung der Backfteingewölbe mit kleinem Krümmungsradius werden die Gewölbefteine bereits vor der Vermauerung in diejenige Keilform (Fig. 1) übergeführt, die der betreffenden Wölblinie entfpricht. Um das Eigengewicht der Gewölbe zu vermindern, verfieht man die Wölbfteine mit mehr oder minder großen Hohlräumen (Hohlfteine).

Fig. 3.

Fig. 2.

Fig. 1.

Die älteffe (z. B. von den Römern benutzte) Art folcher Hohlfteine waren Töpfe, die auf die Gewölbefchalung aufgeftellt wurden, während man den zwifchen denfelben entftandenen Raum mit Gußmauerwerk ausfüllte.

Die auf Ziegelmafchinen in neuerer Zeit billig und in großen Mengen herftellbaren Hohlfteine werden, wie in Fig. 3 verdeutlicht, mit zwei oder mehr Oeffnungen (viereckig, rund oder oval) hergeftellt. Für Gewölbe, die nur zur Ueberdeckung von Räumen, nicht zum Tragen weiterer Laften beftimmt find, können die Hohlräume größer und die Wandftärken geringer als in Fig. 2 zur Ausführung gelangen.

Zu großer Bedeutung gelangten die hohlen Wölbfteine, als es durch die Einführung eiferner Träger an Stelle der Holzbalken möglich wurde, Räume mit unverbrennlichen horizontalen Decken zu verfehen. Diefe Hohlfteine wurden zunächft fo hergeftellt, daß in Richtung der Drucklinie größere Maffe der Steine vorhanden war, während die Teile, welche die Hohl-

räume umfchloffen, nur angehängt erfchienen (Fig. 3). Diefe Anordnung machte die Fabrikation der Ziegel fchwierig, indem die dünneren Wandungen der Steine während des Trocknens und Brennens fehr oft riffen; man ordnete deshalb fpäter in Richtung der Drucklinie nur einen durchgehenden Steg an, der diefelbe Dicke erhielt wie die übrigen Wandungen der Steine (f. Fig. 4, die einen Querfchnitt durch das Gewölbe darftellt, und Fig. 5, die Schnitte in der Längsrichtung des Gewölbes gibt, und zwar rechts durch die Schlußfteine, links durch feitliche Wölbfteine). Etwa gleichzeitig mit diefer Anordnung wurden die in Fig. 6 abgebildeten Wölbfteine fabriziert und angewendet.

Fig. 4.

Fig. 5.

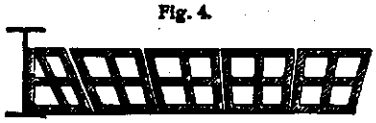


Fig. 6.

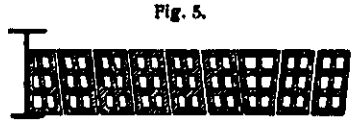


Fig. 7.

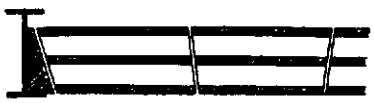


Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Alle in den Fig. 3—6 vorgeführten Wölbfteine haben den Nachteil, daß bei denfelben für jeden Stein ein befonderes Mundftück erforderlich ift und daß überhaupt eine größere Zahl von Formfteinen entfteht, da auch für jede andre Spannweite andre Formen angewendet werden müffen. Um die Zahl der einzelnen Formfteine tunlichft zu verringern und dabei doch die Vorteile der Hohlfteine zu erzielen, ging man dazu über, nur drei Einzelformen anzuwenden, nämlich die Form für den Widerlags-, die Form für den Schluß- und eine Form für die zwifchenliegenden Steine, welch letztere fo oft nebeneinander zu legen find, als der jeweiligen Spannweite des Gewölbes entfpricht. Eine derartige Anordnung ift in Fig. 7 abgebildet. Diefe Art von Gewölbefteinen hat immer noch den Nachteil, daß auf den Ziegelwerken eine fehr große Zahl von Mundftücken vorrätig gehalten werden muß, da ja immer für jede Gewölbefteinhöhe drei Formen herzuftellen find.

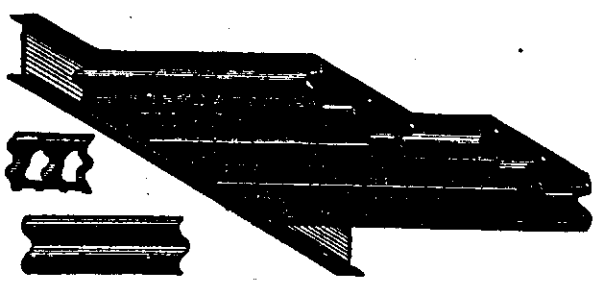


Fig. 12—14.

Um auch diefes zu umgehen, ift man darauf gekommen, die durchgehenden Oeffnungen nicht quer zur Druckrichtung des Gewölbes, fondern parallel zu derfelben anzuordnen (Fig. 8—11). Dies bietet noch den weiteren Vorteil, daß der Druck des Gewölbes von den fenkrecht ftehenden, lang durchgehenden Stegen aufgenommen wird, wodurch bei gleicher Maffe der Gewölbefteine pro Quadratmeter eine größere Tragfähigkeit der parallel zur Gewölberichtung gelochten gegenüber den quer zu derfelben gelochten Wölbfteinen erzielt wird, wie aus dem Vergleich der Fig. 8 und 9 einerfeits und der Fig. 4 und 5 anderfeits leicht erfehen werden kann. Die Anwendung diefer parallel zur Drucklinie gelochten Wölbfteine fetzt allerdings voraus, daß der zur Vermauerung benutzte Mörtel ein ganz vorzüglicher ift (1 Teil guter Portlandzement mit nicht über 3 Teilen Sandzufatz). Der Mörtelverbrauch felbft ift gegenüber dem Verbrauch bei den quer gelochten Steinen ein fehr geringer, fo daß der höhere Preis des befferen Mörtels keinen Mehraufwand bedingt.

Eigenartig ift der in den Fig. 10 und 11 dargeftellte, aus Amerika ftammende und dort häufig verwendete Wölbftein. Derfelbe ift den I-Trägern nachgebildet. Tragend find im wefentlichen die beiden fenkrechten, durch vier horizontale Rippen verbundenen Stege. Die oberfte und unterfte Rippe find nach beiden Seiten etwas verlängert und werden noch durch fchräge Rippen gegen den Hauptfteg abgefteift. Der Zwifchenraum, der zwifchen zwei folchen Wölbfteinreihen entfteht, ift trefflich zur Aufnahme von Zugftangen geeignet. Weitere nach ähnlichen Prinzipien konftruierte Gewölbefteine f. in [2]—[7].

Seit einigen Jahren hat die Verwendung von Gewölbefteinen zwifchen I-Trägern auch in Deutfchland ftark zugenommen und ift dies Veranlaffung gewefen, daß auf verfchiedene Formen von Gewölbefteinen Patente und Gebrauchsmufter genommen wurden. Ein häufig angewandtes Prinzip bei diefen Steinen ift, eine Verfpannung nach der Drucklinie fowie parallel zur Drucklinie zu erhalten, was dadurch erreicht wird, daß alle vier Schnittflächen der Steine gekrümmt find. Fig. 12—14 zeigen einen derartigen Stein in Längs- und Queranficht fowie in der Vermauerung [8].

Aus Anlaß der zahlreichen Gewölbe, die das Mittelalter in feinen Kirchen, Kreuzgängen u. f. w. baute, waren zahlreiche Anfangsgewölbefteine, die fich an die Schildbogen und Grate der Kreuz- und Sterngewölbe anfetzten, notwendig; foweit folche aus gebranntem Ton

beſtanden, wurden ſie vielfach nach dem aus der gewählten Bufung ſich ergebenden Winkel durch zwei tiefe Nuten auf jeder Breitſeite des ganzen Ziegelſteins (von 9 cm Dicke) ſo geteilt (Fig. 15), daß mit den abgetrennten Stücken in den benachbarten Kappenſchichten Verband eingeleitet wurde. Der Verband iſt in Fig. 15 durch geſtrichelte Linien angedeutet [9].

Die Gewölbeſteine für Brennöfen erfordern eine ganz beſondere Sorgfalt der Bearbeitung, da dieſelben nicht nur wie die andern Gewölbe eine ruhende bezw. bewegte Laſt zu tragen haben, ſondern auch den Bewegungen ausgeſetzt ſind, welche durch die Erhitzung und darauf ſtattfindende Abkühlung der Oefen hervorgebracht werden. Die hierdurch herbeigeführte Hebung und Senkung des Ofengewölbes kann auch die einzelnen Wölbſteine in ihrer Lage zueinander verſchieben, wenn dieſelben nicht ſo geſtaltet ſind, daß jeder einzelne Stein den benachbarten mit in die Bewegung hineinzieht. Das letztere erreicht man durch Herſtellung der Wölbſteine in derjenigen keilförmigen Geſtalt, die dem betreffenden Krümmungsradius des Gewölbes genau entſpricht, durch enge Fugen zwiſchen den einzelnen Steinen (namentlich enge Lagerfugen) und Anwendung eines Mörtels, der im Feuer wenig ſchwindet (Ton mit Schamottezuſatz). — Außer dieſer die äußere Form der Steine bedingenden Eigenſchaft der

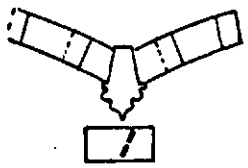


Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

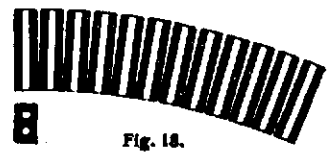


Fig. 18.

Brennofengewölbe iſt für die Wölbſteine noch erforderlich, daß dieſelben dem Feuer ſelbſt einen großen Widerſtand entgegenſetzen. Sie dürfen durch die Einwirkung der Hitze weder ſchwinden noch ſchmelzen, noch dürfen ſie ſich ausdehnen oder abſplittern; auch müſſen ſie den Einwirkungen der Feuergaſe und der ſonſtigen mit denſelben fortgeführten Gaſe und Säuren widerſtehen.

Die zur Herſtellung der Brennofengewölbe verwendeten Steine müſſen deshalb in einer Temperatur gebrannt werden, die höher iſt als jene, die in dem betreffenden Brennofen jeweilig erreicht wird; den andern Bedingungen muß durch eine geeignete Zuſammenſetzung der Rohſtoffe, aus denen die Steine gebildet werden, Rechnung getragen werden. (Näheres ſ. Tonwaren und Ziegel.) Um eine Verſchiebung der einzelnen Wölbſteine untereinander zu verhindern, hat man bisweilen den Wölbſteinen die in den Fig. 16 und 17 dargeſtellte Form gegeben. In Fig. 16 iſt jeder Stein auf beiden Lagerſeiten mit einer durchgehenden Rille verſehen, ſo daß bei der Vermauerung die Rille des einen der des andern Steins gegenüber zu liegen kommt. Der ſich dadurch bildende Hohlraum wird, ebenſo wie die Fuge ſelbſt, durch den Mörtel ausgefüllt; durch das Feuer im Brennofen wird dann der Mörtel feſt und bildet eine kompakte Maſſe, die einer Verſchiebung der Steine mehr oder minder großen Widerſtand entgegenſetzt. Noch widerſtandsfähiger iſt die in Fig. 17 dargeſtellte Konſtruktion; hier iſt jeder Stein auf der einen Seite mit einem Hohlraum und auf der andern Seite mit einem Wulſt verſehen, mit der er in den Hohlraum des Nachbarſteins eingreift, während in ſeinen Hohlraum der Wulſt des andern Nachbarſteins einbindet [10].

Für Gewölbe mit großem Krümmungsradius, die keine ſehr große Hitze auszuhalten haben, kann man auf die Anwendung von Keilſteinen bisweilen verzichten und errichtet die Brennöfengewölbe aus gewöhnlichen, ſcharfgebrannten Mauerſteinen. Dieſe müſſen dann ſo vermauert werden, daß ſie nach dem Innern des Brennofens mit ihren Köpfen ſtehen; die Fugen ſind tunlichſt knirſch in magerem Lehmmörtel auszuführen. Für die Haltbarkeit eines ſolchen Gewölbes iſt es von großem Vorteil, wenn die benutzten Steine, ſoweit ſolche auf Strangpreſſen (ſ. Ziegelmaſchinen) hergeſtellt ſind, mit der Faſerrichtung der Laibung zugekehrt ſind, ſie alſo nach dem Ofeninnern eine Fläche zeigen, die dem Hirnholz entſpricht. Aus dieſem Grunde hat es ſich auch vorteilhaft bewährt, lange Lochſteine zur Herſtellung von Brennofengewölben zu verwenden, wie dies in Fig. 18 dargeſtellt iſt; dieſe Langlochſteine ſind dann ſo zu vermauern, daß die Oeffnungen ſenkrecht zur Gewölbelaibung ſtehen, was der vorhin genannten Faſerrichtung entſpricht.

Literatur: [1] Durm, Joſeph, Baukunſt der Etrusker und Römer, im Handbuch der Architektur, 2. Teil, 2. Bd., Darmſtadt 1885. — [2] Brickbuilder, Boſton, Maſſ., Jahrg. 1896. — [3] Deutſche Bauztg., Berlin 1894, Nr. 41. — [4] Ebend., Jahrg. 1895, Nr. 86. — [5] Deutſche Töpfer- u. Zieglerztg., Halle a. S., Jahrg. 1893, Nr. 43. — [6] Emperger, Fr. v., Feuerfeſte Flachgewölbe aus Schamotte, in Oeſterr. Monatsſchr. für den öffentl. Baudienſt, Wien, 2. Jahrg., Nr. 1 und 2. — [7] Derſ., in Zeitſchr. des öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, Nr. 15. — [8] Deutſche Töpfer- und Zieglerztg. 1905, Nr. 69. — [9] Deutſche Bauztg., Berlin 1885, Nr. 88. — [10] Deutſche Töpfer- und Zieglerztg. 1878, Nr. 28.

Dümmler.

Fig. 1.

Gewölbezwickel, der zwiſchen dem Gewölberücken und der über den Kämpfer hinausgeführten Widerlagsmauer eines Gewölbes befindliche Raum, der vielfach, namentlich beim halbkreisförmigen Tonnengewölbe, ausgemauert zu werden pflegt. Statt

Fig. 2.

einer nachträglichen Hintermauerung kann dieſe auch nach Fig. 1 gleichzeitig mit der Ausführung des Gewölbes im Gewölbeverband ausgeführt werden. — Unter Gewölbezwickel verſteht man jedoch auch das bei der Hängekuppel über vier- oder vieleckigem Raum in den Ecken entſtehende ſphäriſche Dreieck (ſ. Fig. 2), das von den ſeitlich abſchließenden Gurtbogen oder Seitenwänden (Schildmauern) und dem Kranzgeſims der oberen Kuppel begrenzt wird; ſ. Gewölbe. *L. v. Willmann.*

Gewunden, gebräuchlich 1. für Säulen mit ſpiral gedrehtem Schafte; 2. für Treppenſtufen, deren Auftritt von verſchiedener Breite iſt (ſ. Treppe); 3. für Stabwerkverzierung an mittelalterlichen Bauten. *Weinbrenner.*

Geyſir, ſ. Geiſer.

Gezähe, die Werkzeuge der Berg- und Hüttenleute.

Gezeiten, ſ. Ebbe und Flut.

Gezeugſtrecke, im Erzbergbau eine ſöhlige Strecke, von der die Waſſer mit Maſchinen gehoben werden.

Giallolino, italieniſche Bezeichnung für eine in der Kunſtmalerei der Alten angewendete Farbe, deren Urſprung oder Zuſammenſetzung bis nun nicht vollkommen aufgeklärt iſt. Viele nehmen an, es ſei Neapelgelb, das auch heute dieſe Benennung trägt; doch iſt es wahrſcheinlicher, daß Giallolino eine beſonders feurige Erdfarbe, ſorgfältig zubereitet, war. *Andés.*

Gicht, der oberſte, zur Aufnahme der Beſchickung dienende Teil der Schachtöfen, auch die Beſchickung (ſ. Beſchicken) ſelbſt.

Gichtaufzüge dienen dazu, die in den Kupolöfen der Eiſengießereien, in den Oefen der Kalkbrennereien, in den Hochöfen und Reduzieröfen der Hüttenwerke u. a. zu verarbeitenden Erze, Roheiſen u. ſ. w. nebſt Brennmaterial von der Hüttenſohle nach der Gicht des betreffenden Ofens zu befördern.

Bei den Kupolöfen der Eiſengießereien handelt es ſich wegen des unterbrochenen Betriebes der Oefen meiſt darum, eine gegebene Menge von Roheiſen, Koks u. ſ. w. in einer verhältnismäßig kurzen Zeit zu befördern, während bei den Oefen mit ununterbrochenem Betriebe die Förderung ebenfalls eine ununterbrochene ſein muß. Alle dieſe Aufzüge haben faſt ausnahmslos nur eine einzige Förderſtelle, die Gicht des Ofens, und eine Beladeſtelle, die Hüttenſohle.

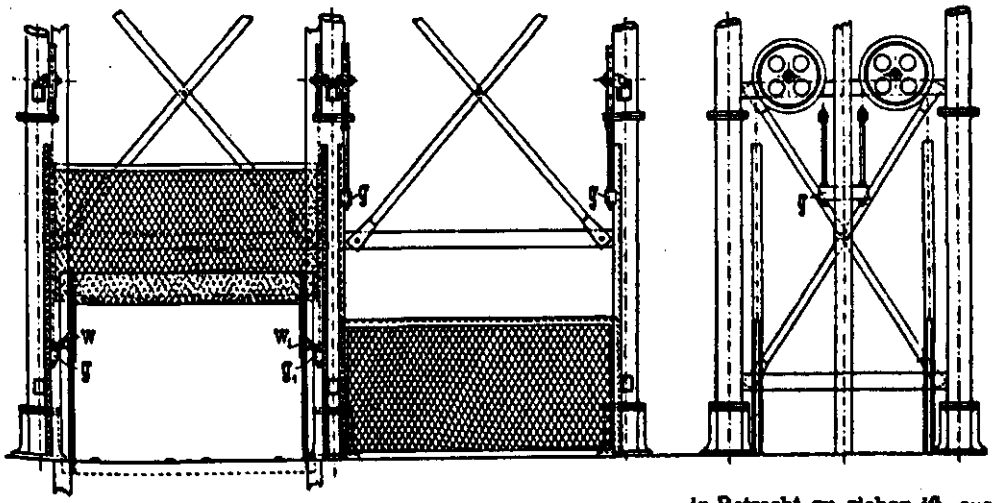
Die Gichtaufzüge der Eiſengießereien haben gewöhnlich eine ſenkrechte Förderbahn; ſie beſtehen nicht ſelten in einer einfachen Aufzugwinde mit Handbetrieb, ausnahmsweiſe auch wohl ohne beſondere feſt geführte Förderſchale. In kleineren Gießereien wird der Fahrkorb als einfache Plattform mit niedrigen Seitenwänden ausgeführt, auf die das Eiſen unmittelbar, der Koks in Körben oder Kaſten aufgebracht werden. — Beſſer eingerichtete Gießereien transportieren Eiſen und Koks von ihren Lagerplätzen in auf Schienen laufenden Wagen, die dann unmittelbar auf die mit gleichen Schienen ausgeſtattete Plattform des Fahrkorbes geſchoben werden, und iſt dieſe, wenn der Aufzug an der Außenfront des Gebäudes liegt, mit einer Einrichtung zu verſehen, durch welche die Wagen verhindert werden, während der Förderung ihren Platz auf der Plattform zu verlaſſen und nach außen abzuſtürzen. Eine ſehr einfache Einrichtung derart beſteht in zwei Winkelhebeln, die ihre Drehpunkte unterhalb an der Plattform finden. Der ſenkrechte Arm jedes Hebels tritt durch die Plattform hindurch, iſt hakenförmig geſtaltet und legt ſich, wenn die Plattform nach oben geht, hinter ein Rad des Wagens auf die Schiene auf. Damit dies ſelbſttätig geſchieht, iſt der horizontale Arm des Hebels mit einem hängenden Gewicht beſchwert. Kommt die Plattform in ihre tiefſte Lage, ſo ſetzt ſich das Gewicht auf den Fußboden auf, wodurch der ſenkrechte Arm zurückbewegt wird, ſo daß der Wagen ungehindert abgefahren werden kann [1].

Ob nun der Aufzug innerhalb oder außerhalb des Gebäudes angeordnet wird, ſo iſt ſowohl auf der Hüttenſohle als auch auf der Gicht ein ſelbſttätiger Verſchluß des Zuganges zum Aufzugſchacht anzubringen. Am einfachſten ſind hierfür ſogenannte Hubgitter, die vom Fahrkorb ſelbſttätig gehoben werden, ſobald derſelbe in ſeiner höchſten oder tiefſten Stellung anlangt, und ſich ſelbſttätig wieder ſchließen, wenn der Fahrkorb dieſe Stellungen verläßt. Bei maſchinell betriebenen Gichtaufzügen verwendet man auch Türen, deren Verſchlüſſe in zwangläufiger Verbindung mit der Steuerung ſtehen, wie ſie im Art. Aufzüge, Bd. 1, S. 375, beſchrieben ſind.

Die Aufzugmaſchine wird bei größeren Anlagen durch Transmiſſion betrieben oder als unmittelbare Dampfwinde ausgeführt. — Man hat als Gichtaufzug für Kupolöfen auch einen unter etwa 45° geneigten Elevator verwendet, deſſen Becher oder Eimer zur Aufnahme des Eiſens u. ſ. w. dienen. Der Elevator wird durch Transmiſſion oder in ſonſt geeigneter Weiſe angetrieben und iſt während der Förderzeit, die meiſt mit der Schmelzperiode zuſammenfällt, in ununterbrochenem Betrieb, ſo daß in dieſem Falle das Aufſtapeln des Eiſens u. ſ. w. auf der Gicht geſpart wird. Dieſe Art von Aufzügen hat indes wenig Eingang gefunden, wohl deshalb, weil die Eimer einer ziemlich ſtarken Abnutzung unterliegen; auch wird auf dem Hofe ein größerer Raum beanſprucht als bei einem ſenkrechten Aufzuge. Die Gichtaufzüge der Maſchinenfabriken Rhein & Lahn, Gauhe, Gockel & Co. in Oberlahnſtein ſtellen ſich als ein ſenkrechtes Paternoſterwerk dar [2].

Während man bei Kupolöfen faſt nur einfache Aufzüge ausführt, findet man bei den Eiſenhochöfen meiſt Doppelaufzüge, weil die Fördermenge eine bedeutende iſt. Es ſind

dann, möglichſt nahe am Ofen, unabhängig von dieſem, zwei ſenkrechte in Eiſenkonſtruktion ausgeführte Fördergerüſte oder Fahrſchächte nebeneinander aufgeſtellt; jedes derſelben dient einem Fahrkorb; beide Fahrkörbe werden von ein und derſelben Aufzugmaſchine in der Weiſe bewegt, daß, wenn der eine Fahrkorb aufwärts fährt, der andre ſich abwärts bewegt. Hierdurch wird die tote Laſt der Fahrkörbe ſowie das Seilgewicht, das bei der großen Höhe dieſer Oefen



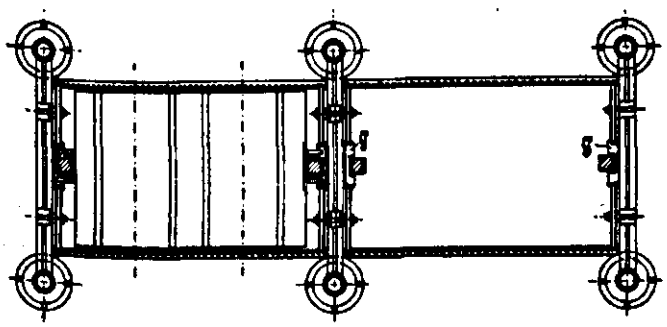


Fig. 1—3.

in Betracht zu ziehen iſt, ausgeglichen und die Arbeitsleiſtung der Aufzugmaſchine wird eine gleichbleibende.

Der Fahrkorb beſteht in der Hauptſache aus einer mit Schienen verſehenen Plattform, auf welche die Erz- und Kokswagen unmittelbar aufgefahren werden. Dieſe Aufzüge haben nur die untere und obere Bebezw. Entladeſtelle, und muß an beiden Stellen für ſelbſttätigen Abſchluß der Zugänge zum Fahrſchacht Sorge getragen werden; ſelbſttätige Hubgitter finden auch hier ausgedehnte Anwendung.

Beiſtehende Fig. 1—3 zeigen einen ſolchen Abſchluß des Zuganges auf der Hüttenſohle, und zwar ſind, da beide Fahrſchächte von zwei gegenüberliegenden Seiten zugänglich ſind, an jeder derſelben zwei ſenkrecht gut geführte Verſchlußgitter angebracht. Jedes derſelben iſt an zwei Ketten befeſtigt, die über obere Rollen gelegt und dann an die gemeinſchaftlichen Gegengewichte $g\,g_1$ angeſchloſſen ſind. Dieſe gleichen indes das Gewicht der Gitter nur ſo weit aus, daß der Ueberſchuß des letzteren ausreicht, um ein ſelbſttätiges Niedergehen der gehobenen Gitter mit Sicherheit zu ermöglichen. Der abwärts kommende Fahrkorb erfaßt mit den an ihm befeſtigten Winkeln W, W_1 die Gegengewichte $g\,g_1$, nimmt dieſelben bei ſeiner Weiterbewegung mit und hebt dadurch die Verſchlußgitter. Geht der Fahrkorb wieder aufwärts, ſo kommt das nicht ausgeglichene Gewicht der Gitter zur Wirkung und dieſe ſenken ſich ſelbſttätig in die Verſchlußſtellung. — Auf der Gicht iſt jeder Fahrſchacht nur auf der dem Ofen zugekehrten Seite zugänglich, und ſind daher, wie Fig. 4—6 zeigen, nur zwei Gitter erforderlich. Der nach oben kommende Fahrkorb nimmt mittels zweier Arme *f* und des am Gitter angebrachten Winkels *W* dieſes ſo lange mit, bis er zur Ruhe gelangt, und hat dann das Gitter den Fahrſchacht ſo weit freigegeben, daß der Förderwagen vom Fahrkorb abgezogen werden kann. Beim Niedergange des Fahrkorbes folgt das Gitter bis auf die Gichtſohle. — Da der Fahrkorb beim Entund Beladen von der Gicht aus betreten werden muß, ſo ſind noch beſondere Auffetzvorrichtungen (caps) für den Fahrkorb angebracht, die aus den Stützhebeln *b b* und *d d* beſtehen, auf die ſich der Fahrkorb, wie die rechte Seite der Fig. 4 zeigt, auffetzt. Die Stützhebel beider Fahrſchächte ſind in der aus der Zeichnung erſichtlichen Weiſe miteinander verbunden. Der nach oben kommende Fahrkorb drängt die in ſeine Fahrbahn vortretenden Stützen aus der Stellung *d d* zurück, die aber, ſobald der Fahrkorb vorüber iſt, wieder hervortreten, was durch das Gewicht *c* veranlaßt wird; ſie nehmen dann die Stellung *b b* ein, und muß ſich der Fahrkorb, falls das Seil reißen ſollte, auf dieſelben auffetzen. Bei normalem Betrieb ſteht der Fahrkorb in ſeiner Endſtellung mit ſeinem Anſchlag *e e* etwas über den vorgelegten Stützhebeln *b*. Um dieſe für die Abfahrt zurückzuziehen, muß der Arbeiter das Hebelgewicht *c* um 180° um ſeine ſenkrechte Achſe drehen, wobei gleichzeitig die Signalvorrichtung, durch welche die Arbeiter auf der Gicht

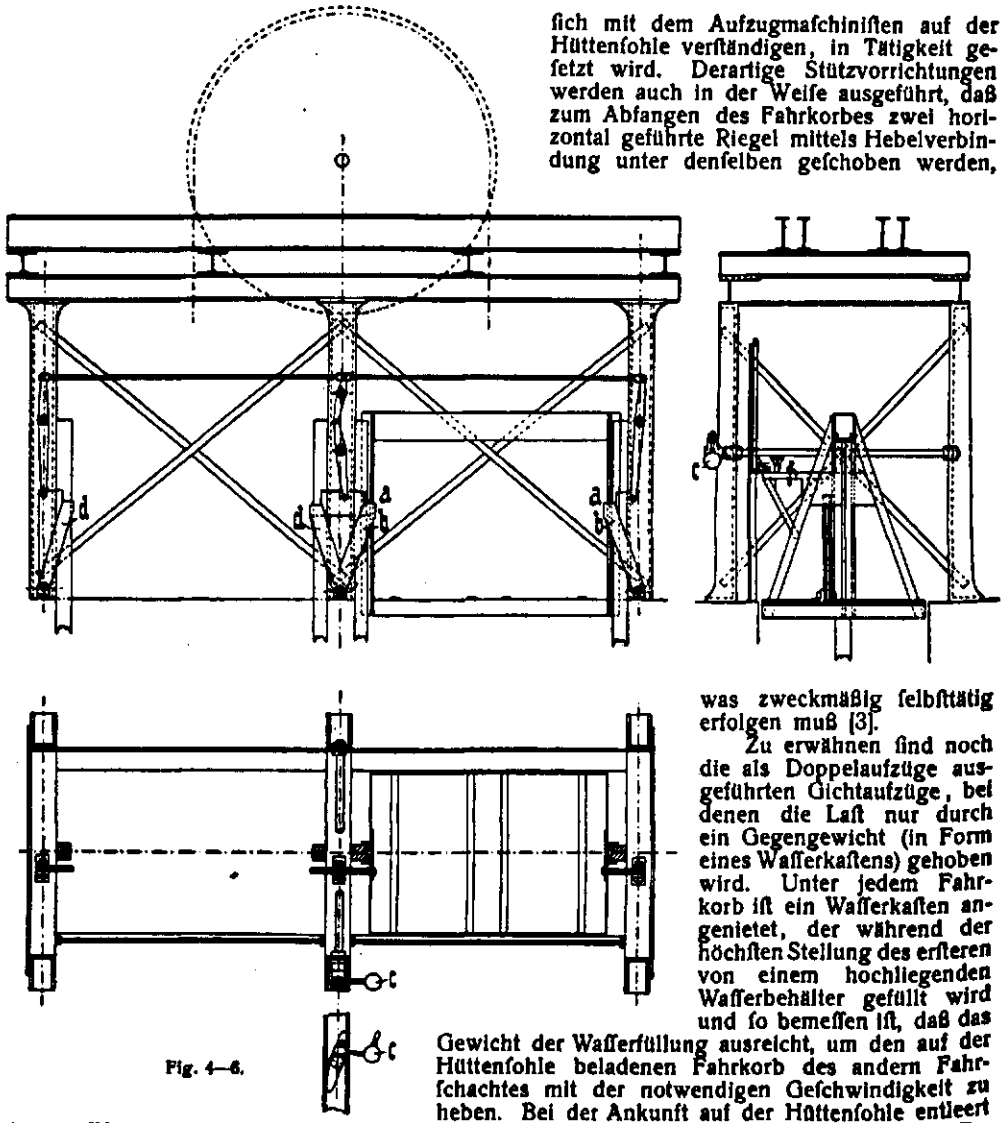


Fig. 4–6.

ſich mit dem Aufzugmaſchiniſten auf der Hüttenſohle verſtändigen, in Tätigkeit geſetzt wird. Derartige Stützvorrichtungen werden auch in der Weiſe ausgeführt, daß zum Abfangen des Fahrkorbes zwei horizontal geführte Riegel mittels Hebelverbindung unter denſelben geſchoben werden, was zweckmäßig ſelbſttätig erfolgen muß [3].

Zu erwähnen ſind noch die als Doppelaufzüge ausgeführten Gichtaufzüge, bei denen die Laſt nur durch ein Gegengewicht (in Form eines Waſſerkaſtens) gehoben wird. Unter jedem Fahrkorb iſt ein Waſſerkaſten angenietet, der während der höchſten Stellung des erſteren von einem hochliegenden Waſſerbehälter gefüllt wird und ſo bemeſſen iſt, daß das Gewicht der Waſſerfüllung ausreicht, um den auf der Hüttenſohle beladenen Fahrkorb des andern Fahrſchachtes mit der notwendigen Geſchwindigkeit zu heben. Bei der Ankunft auf der Hüttenſohle entleert ſich der Waſſerkaſten ſelbſttätig. — Derartige Aufzüge arbeiten bei billigem Betriebswaſſer durchaus vorteilhaft [3].

A. E. Brown in Cleveland hat für Hochöfen mehrfach einfache Gichtaufzüge ausgeführt, bei denen der unmittelbar an das Förderſeil angekuppelte Materialwagen auf einer unter 60° geneigten Schienenbahn nach der Gicht des Hochofens befördert wird. Der Dampfhaſpel ſteht auf der Hüttenſohle, und wird ſeine Seiltrommel nur für die Auffahrt durch eine Reibungskupplung mit dem Triebwerk des Motors verbunden, während der eben entleerte Wagen bei ausgeſchalteter Dampfmaſchine durch ſein eignes Gewicht ſelbſttätig zurückläuft, nachdem die Reibungskupplung genügend gelöſt iſt. Die Erze und Zuſchläge werden aus Handkarren in den Förderwagen geſchüttet, der zu dieſem Zweck in eine etwa 3 m tiefe Grube am Ende der Gichtbahn zurückgeſenkt werden kann. Die Koksfüllungen werden einem etwas höher gelegenen Schüttrumpf entnommen, der zur Aufnahme des unmittelbar mit der Eiſenbahn zugeführten Brennmaterials dient und dasſelbe nach Oeffnung eines Abſchlußſchiebers ſelbſttätig in den darunter aufgeſtellten Förderwagen fallen läßt. — Das 25 mm ſtarke Förderſeil erfaßt den Gichtwagen, der 1 t Koks oder 20 t Erz aufnimmt, mit einem an ſeinem hinteren Ende gelenkig angebrachten Bügel und bringt den Wagen an der Gichtmündung dadurch ſelbſttätig in die Kipplage, daß die Vorderräder bis auf den abwärts geneigten Kopf der Hauptbahn vorlaufen, während die breiteren Hinterräder auf ſteilgerichteten, außen neben der Hauptbahn angeordneten Nebenſchienen in die Höhe laufen. Der Gichtwagen entleert unmittelbar in den Parryſchen Trichter (ſ. Roheiſen). Um eine gleichmäßige Verteilung der Beſchickung des Ofens zu bewirken, wird der Antrieb der oberen Förderſeilrolle durch den leer zurücklaufenden Gichtwagen benutzt, um unter Vermittlung einer einſeitig wirkenden Mitnehmerklinke in Verbindung mit einer Wellen- und Räderübertragung den oberen Verteilungstrichter zu drehen (D.R.P. Nr. 57 691). Beim Aufziehen des Wagens ſetzt dieſer Mechanismus aus.

Für einen 24 m hohen Hochofen ſind zum Aufziehen des Wagens etwa 20 Sekunden, zum Entleeren etwa 4 und zum Senken etwa 10 Sekunden, im ganzen alſo etwa 34 Sekunden erforderlich. Die ganze Anlage geſtaltet ſich einfacher, leichter und billiger als ſenkrechte Aufzüge und vermindert die Zahl der Bedienungsmannſchaften, weil Aufziehen, Entleeren und Rücklauf des Gichtwagens ſowie die Drehung des oberen Verteilungstrichters allein von dem im Maſchinenhauſe befindlichen Aufzugwärter geſteuert werden, der außerdem noch eine Vorrichtung zum Verſchließen der Einſtürzöffnung bedient, durch die jedesmal vor dem Oeffnen des Trichters zwei Gasverſchlüſſe heruntergeſenkt werden. Senkbewegung und Senktiefe des Trichters werden ſelbſttätig im Maſchinenhauſe angezeigt, ſo daß eine fortlaufende Kontrolle über die Zahl der Gichten und ihre Höhe im Ofen ausgeübt wird [3]. — S. a. Schrägaufzug.

Literatur: [1] Gewerbl. techn. Ratgeber, Berlin 1903. — [2] Specht, Die Maſſenfabrikation im Maſchinenbau, Berlin 1893. — [3] Ernſt, Die Hebezeuge, Berlin 1899. — [4] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing.; Bericht über die Deutſche Allg. Ausſtellung f. Unfallverhütung, Berlin 1889. *Specht.*

Gichtgas, aus der Gicht von Schachtöfen entweichendes Gas, das aus den Verbrennungsprodukten der als Heiz- und Reduktionsmaterial dienenden Brennſtoffe und aus andern gasförmigen Umſetzungsprodukten der durchgeſetzten Ofenbeſchickung beſteht.

Das aus Eiſenhochöfen entweichende Gichtgas enthält bis zu 25 % *CO*, wird daher noch als gasförmiger Brennſtoff und als Kraftgas (ſ. d.) für den Betrieb von Gaskraftmaſchinen, was aber ſehr ſorgfältige Reinigung von dem mitgeführten Staub (Gichtſtaub) vorausſetzt, benutzt Die aus Schachtöfen für leichter ſchmelzbare Metalle kommenden Gichtgaſe führen vielfach Metalldämpfe und andre wertvolle bezw. ſchädliche Röſtprodukte, auch Flugſtaub (ſ. d.) mit ſich, müſſen daher durch Kondenſations- oder Reinigungsanlagen (Flugſtaubkammern) geführt werden *Beckert.*

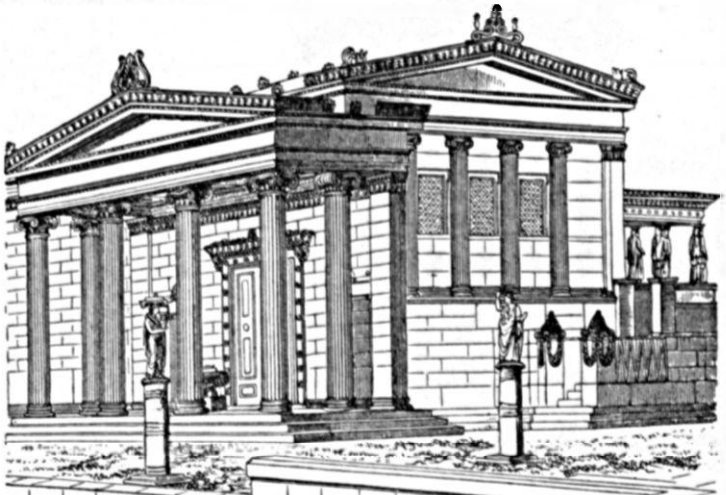


Fig. 1. Nordweſtliche Anſicht des Erechtheion (um 410 v. Chr.).

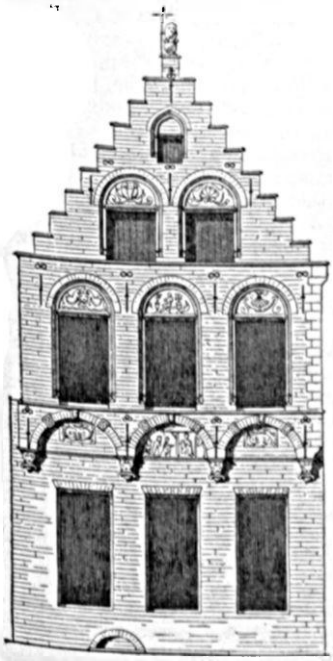


Fig. 3. Haus zu Brügge (16. Jahrh.).

Giebel, die durch die anſteigende Dachlinie begrenzte Dreieckfläche (auch Nebenſeite) eines Gebäudes.

Je nach dem verwendeten Stoffe wird dieſer Giebel als Steingiebel oder Holzgiebel erſcheinen und hiernach ſeine techniſche und formale Geſtaltung erhalten. Das Verhältnis der Höhe zur Breite des Giebels, der meiſt ein gleichſchenkliges Dreieck bildet, richtet ſich nach der Höhe und Neigung des Daches ſowie nach dem gewählten Bauſtil.

A. Steingiebel. Im Altertum war der Giebel eine geheiligte Form und

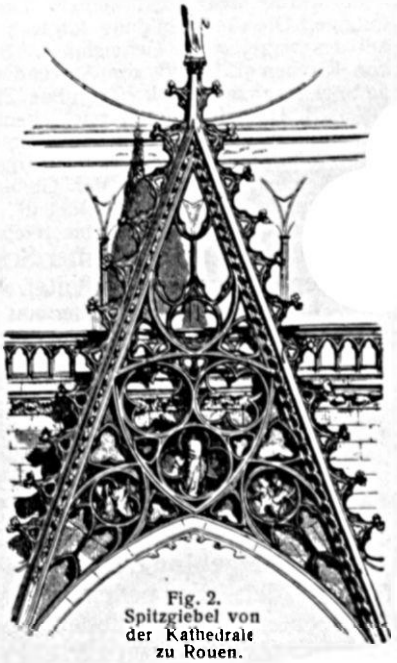


Fig. 2. Spitzgiebel von der Kathedrale zu Rouen.

Fig. 5. Haus zu Eppingen.

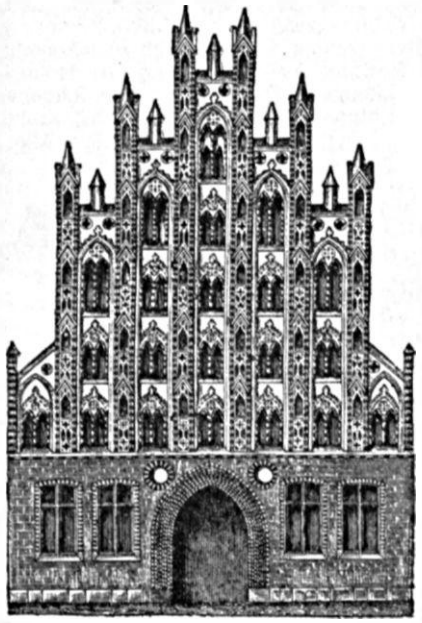


Fig. 4. Haus zu Greifswald.

den Tempeln vorbehalten, bei welchen er den oberſten Abſchluß der Hauptſeite bildete und oft mit reichem Bilderſchmuck geziert war. Das Giebelfeld war an drei Seiten durch Geſimſe begrenzt, mit Aufſätzen (ſ. Akroterie, Bd. 1, S. 119) geſchmückt und getragen von dem Gebälke (ſ. S. 314) und der zugehörigen Säulen- oder Pfeilerſtellung. Während der griechiſche Giebel (ſ. Fig. 1) ſehr niedrig erſchien (Höhe des Giebelfeldes = $^1/_9$ der Länge), wurde der Giebel des römiſchen Stils ſowie in Nachbildung hiervon der der Renaiſſancezeit weit höher gehalten, jedoch nach denſelben Geſichtspunkten ausgeſtaltet. Ueberhaupt wurde in der weiteren Entwicklung die Anwendung des Giebels verallgemeinert, d. h. auf einzelne Bauteile übertragen und in ſeiner Form ſehr mannigfaltig geſtaltet, z. B. als gebrochener oder verkröpfter Giebel (Barockzeit), als Bogengiebel in Halbkreisform (Venedig) oder in Segmentbogen. Sehr ſchöne Beiſpiele bieten die mehrgeſchoſſigen Hausgiebel der deutſchen Renaiſſance. — Im Mittelalter wurde den meiſt ſteilen Dachungen entſprechend die Giebelform eine hohe und ſpitzige. Die Geſimsbildung folgte hierbei der Dachlinie, von der Ecke anſteigend, unter Wegfall des wagerechten Geſimsfußes. Solche Giebel kamen auch an Portalen ſowie an Fenſtern von Kirchen (ſ. Fig. 2) zur Anwendung. Im Backſteinbau bildete ſich oft ein treppenförmig anſteigender Giebel mit oder ohne Zinnenſchmuck aus (Fig. 3 und 4).

B. Der Holzgiebel zeigt ebenfalls die verſchiedenſte Geſtaltung nach der konſtruktiven Ausbildung der Holzwand. Bei dem Giebel des Blockwandhauſes mit meiſt flacher Dachneigung wird der weite Dachvorſprung durch ſtark ausladende Pfettenträger (ſ. Holzwände, Fig. 7) getragen. Anders der Giebel des Fachwerkhauſes, der meiſt ſteil anſteigend in mehreren Geſchoſſen ausgebildet iſt, die, von Fenſterreihen durchbrochen, in ihren Pfoſten, Streben und Verbugungen eine reiche Belebung der Fläche zeigen (ſ. Fig. 5). *Weinbrenner.*

Giebelblume, oberſter Schmuck eines Giebels, iſt je nach den verſchiedenen Stilarten mannigfach geſtaltet.

In der Baukunſt des Altertums beſtand ſie als ſogenannte Akroterie (ſ. d., Bd. 1, S. 119), bei kleinen Bauten aus Palmetten u. dergl., bei großen in Tier- oder Menſchengebilden, Dreifüßen u. ſ. w. In der gotiſchen Architektur wurde ſie vielfach angewendet (ſ. Giebel, Fig. 2) in Form von anſteigenden Krabben (ſ. d.) und der bekrönenden End- oder Kreuzblume (ſ. d.).

Literatur: Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonné etc., Bd. 4, Artikel „Crochet"; Bd. 5, Artikel „Fleuron", Paris 1860. *Weinbrenner.*

Giebelfeld, ſ. Giebel.

Giebelfenſter, dient zur Erhellung des Dachraumes und macht bei günſtiger Anwendung die Dachfenſter oder Gauben, die eine ſchädliche Unterbrechung der Dachfläche bilden, entbehrlich. *Weinbrenner.*

Giebelgebinde, 1. bei Fachwerkbau das Gebinde (ſ. d.), das den Giebel ſelbſt bildet. Es beſteht außer den Sparren und den Balken aus mehreren ſenkrechten Pfoſten (Giebelſäulen) mit der nötigen Verſtrebung und wagerechten Hölzern (Ausbindung) für etwaige Ausmauerung (ſ. die Figur S. 527) oder zur

Befeſtigung einer Bretterſchalung (ſ. d.) zum Schutze gegen Wetterſchlag; 2. bei Steingiebeln: der unmittelbar anſtoßende Binder, bei dem die Pfetten noch in das Mauerwerk einbinden und mit dieſem durch Anker verſchlaudert ſind. *Weinbrenner.*

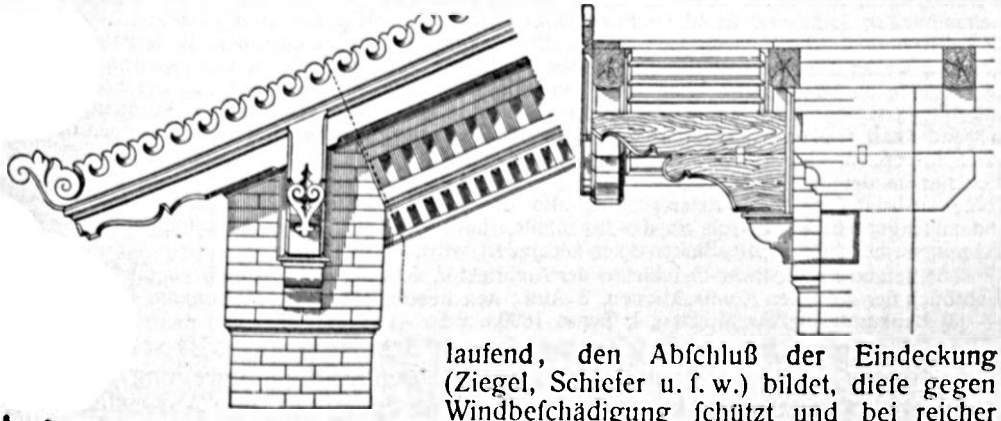
Giebelgeſims vom Tempel zu Iliſſus.

Hintergiebel des Rathauſes zu Wertheim.

Giebelgeſims erhält in den antiken Stilarten und der Renaiſſance die Form des Kranzgeſimſes, wobei natürlich der Karnies (die Sima, ſ. die Figur) nur an den ſchräg anſteigenden Schenkeln, nicht aber an dem horizontalen Verbindungsſtück zu finden iſt. Der mittelalterliche Giebel erſcheint durch die einfachen Geſimsbildungen dieſer Stilarten umgeſtaltet, wobei häufig der horizontale Schenkel fortgelaſſen erſcheint. *Weinbrenner.*

Giebelreiter, ſ. v. w. Dachreiter (ſ. d.).

Giebelſchutzbrett (Ortgangbrett, Stirnbrett, Windfeder), ſchmales Brett, am beſten aus Eichen- oder Föhrenholz, das, über dem Endſparren hinlaufend, den Abſchluß der Eindeckung (Ziegel, Schiefer u. ſ. w.) bildet, dieſe gegen Windbeſchädigung ſchützt und bei reicher Ausführung durch Ausbildung des Trauf- und Giebelſchluſſes ſowie durch eine fortlaufende Verzierung einen geeigneten Schmuck des Dachvorſprunges darſtellt (ſ. die Figur). Beiſpiele bieten:



Literatur: [1] Eiſenlohr, F., Ausgeführte Bauwerke u Ornamentik, Karlsruhe 1849–67. — [2] Bethke, Dekorativer Holzbau, Stuttgart 1881. *Weinbrenner.*

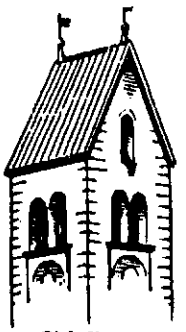
Giebelſpitze.

Giebelſchwelle, 1. Schwelle des Giebelgebindes (ſ. d.); 2. bei einem Fachwerkbau Schwelle der Giebelwand.

Giebelſpitze, höchſter Teil eines Giebelfeldes. Der bei reicher Ausbildung eines Holzgiebels über das Geſpärre hinaufragende Giebelſpieß ſetzt ſeinen Fuß auf eine querlaufende Zange (ſ. die Figur) auf und trägt ſo das Ende der Firſtpfette. *Weinbrenner.*

Giebelſtube, Dachzimmer, deſſen Fenſterwand der Giebel bildet und deſſen Decke aus den Kehlbalken beſteht. Soll dieſe Stube als Wohn- oder Schlaf-

zimmer dienen, ſo iſt deren Höhe mit 2,5—3 m im Lichten zu beſtimmen. *Weinbrenner.*



Giebelturm.

Giebelturm (Satteltürm), endigt in zwei oder vier Giebeln; der einfache Giebelturm iſt mit einem Satteldach (vgl. die Figur), der doppelte mit einem Kreuzdach abgedeckt. *Weinbrenner.*

Giebelwände, ſolche Umfaſſungswände von Gebäuden, die in ihrem oberen Teile einen ſenkrechten Abſchluß des Dachbodens (Giebel) haben.

In einfachſter Geſtaltung ſchließt ſich die Giebelwand dem Dach an; der Giebel bildet dann in der Regel ein Dreieck, wie z. B. bei den Griechen und Römern [1]. Dieſe Giebel waren an ihren drei Seiten von Geſimſen umſchloſſen und das verbleibende Giebelfeld (Tympanon) zuweilen reich durch Skulptur verziert. Ein beſonderer Schmuck dieſer Giebel waren die Akroterien (Bd. I, S. 119). Die gewählte Geſimsanordnung eignet ſich äſthetiſch nur für die flachen antiken Dächer; bei den höheren Giebeln der romaniſchen Periode ließ man das wagerechte Geſims in der Regel fort und belebte den betreffenden Raum durch Fenſter, Niſchen u. dergl. (Kirchen in Wetzlar, Limburg u. a.) [2], S. 420 und 424. — Zur Zeit der Gotik und der Renaiſſance ordnete man die Giebel zum Teil auch ſo an, daß die oberen Giebelränder über das anſchließende Dach hinausragten und ſich in Staffeln oder Voluten auflöſten (z. B. Haus zu Greifswald [1], S. 510, und Rathaus zu Leyden, S. 781). Dieſe Giebel bezeichnet man auch wohl mit Ziergiebel. — Eine beſondere Gattung der Giebel iſt das Frontiſpiz, ein Giebel auf einem in einer Frontwand befindlichen Riſalit, gewöhnlich in antiker Weiſe ausgebildet.

Bei den in Straßen ſtehenden Gebäuden verlegt man in neuerer Zeit die Giebelwände in der Regel an die Nachbargrenzen. Das Dach hat dann ſein Gefälle nach der Straße und dem Hofe, wodurch die zwiſchen zwei Gebäuden befindlichen Rinnen vermieden werden, welche leicht zu Leckagen Veranlaſſung geben.

In Berlin werden für Giebelwände in Ziegelſteinen folgende Stärken gewählt: Innerhalb des Dachbodens 25 cm, in den darauffolgenden Stockwerken, wenn die Giebel nicht durch Decken belaſtet und nicht von Fenſtern durchbrochen ſind, von oben nach unten folgend: für Wohngebäude dreimal 25, zweimal 38 und dann 51 cm Stärke; in Fabrikgebäuden zweimal 25, zweimal 38 und zweimal 51 cm; haben die Giebel Fenſter, aber keine Deckenlaſt, ſo betragen dieſe Stärken in Wohngebäuden zweimal 25, zweimal 38 und zweimal 51 cm und in Fabrikgebäuden einmal 25, zweimal 38, zweimal 51 und einmal 64 cm Stärke. Tragen die Giebelwände Balken, ſo werden ſie durchweg $^1/_2$ Stein ſtärker konſtruiert und wie Frontwände (ſ. d.) behandelt [3], S. 205. — Es iſt leicht erſichtlich, daß die Giebel bei ihrer geringen Stärke von 25 cm innerhalb des Dachbodens einem Sturmangriff nicht genügenden Widerſtand leiſten können, weshalb es erforderlich iſt, dieſelben mit dem Dachverbande zu verankern und den letzteren ſo zu konſtruieren, daß er dieſen Sturmangriff aufnehmen und auf die Frontwände übertragen kann. Auch in den Stockwerken müſſen die Giebelwände gegen Sturmangriff genügend ſtabil ſein und Verankerungen mit den Balkenlagen erhalten. Die Verankerungen beugen noch folgendem Uebelſtande vor: Die ſich nach unten hin verſtärkenden Giebel haben gewöhnlich nur an der Innenſeite Abſätze, weshalb ihre Laſt ſich nicht gleichmäßig über die Fundamentſohle ausbreitet. Unter letzterer wird alſo der Erdboden an der Außenſeite etwas mehr zuſammengepreßt werden als an der Innenſeite. Dies würde zu einem Schiefſtellen der Giebel führen, welches durch die Balkenanker verhindert wird.

Literatur: [1] Lübke, Geſchichte der Architektur, 5. Aufl., Leipzig 1875. — [2] Ungewitter, Lehrbuch der gotiſchen Konſtruktionen, 3. Aufl., neu bearbeitet von K. Mohrmann, Leipzig 1892. — [3] Baukunde des Architekten, I, Berlin 1890. *Hacker.*

Gien, ein ſchwerer Flaſchenzugtakel für Schiffszwecke, ſ. Block.

Gieren, beim Schiff in Fahrt, heißt die pendelartige Bewegung desſelben um ſeine vertikale Drehachſe, d. h. die Neigung des Buges zum Abweichen nach Steuerbord und Backbord, veranlaßt durch ſchwere achterliche See; dieſelbe muß durch Gegenarbeit mit dem Ruder abgeſchwächt werden. *T. Schwarz.*

Giernachen (Buchtnachen) ſind Kähne, welche auf entſprechendem Geſtell die Hauptkette einer fliegenden Fähre (fliegenden Nähe) oder einer fliegenden Brücke tragen und dieſelbe über Waſſer halten. Vgl. Fähren.

Gießblech (Puckelblech), in der Gießerei ein Blech mit Handgriff und einer Anzahl Vertiefungen (Puckeln), in welche die dem Probierofen entnommenen Proben ausgegoſſen werden. *Lüdicke.*

Gießen (Altwaſſer), verlaſſene, aber bei höheren Waſſerſtänden ſtets noch — bis zu ihrer Verlandung — dem Waſſerabfluß dienende Flußarme.

Gießer, großer Tiegel, in welchen man beim Guß von Tafelmeſſing (ſ. Meſſing) das geſchmolzene Meſſing gießt.

Gießerei (Gießkunſt). Die Formgebung von Körpern durch Einfüllen flüſſiger oder flüſſig gemachter Stoffe in Hohlräume von entſprechender Geſtalt und das Erſtarrenlaſſen in dieſen bezeichnet man mit Gießerei oder Gießkunſt.

Die einzelnen Zweige der Gießerei werden gewöhnlich nach dem vergoſſenen Stoff benannt: Eiſen- und Stahlgießerei, Bronze-, Meſſing-(Gelb-), Rot-, Weißgießerei, Zinn-, Zink-, Bleigießerei, Stearin-, Gips-, Zementgießerei u. ſ. w.

Die Arbeiten, welche in den verſchiedenen Zweigen vorgenommen werden, ſind im allgemeinen die gleichen: Ueberführung des zu vergießenden Stoffes in gießbaren Zuſtand durch Wärme- oder Waſſerzufuhr, Herſtellung der Form, welche den durch das Gießen auszufüllenden Hohlraum enthält, das Vergießen, d. h. Füllen der Form, das Herauslöſen des Gußſtückes aus der Form und die Fertigſtellung des rohen Gußſtückes. Nur in einem einzigen Falle, bei der Herſtellung des Schrotes, wird von der Herſtellung einer Form abgeſehen; die Schrotkörner erhalten Kugelgeſtalt, während die Bleitropfen eine größere Höhe durchfallen.

Die Verflüſſigung, das Schmelzen der Metalle und Metallegierungen, erfolgt in Kupol-, Flamm- und Tiegelöfen; die leichtflüſſigen ſchmilzt man auch in gußeiſernen oder ſchmiedeeiſernen Gefäßen. Der Kupolofen findet allein in der Eiſengießerei Anwendung. Flammöfen dienen zum Einſchmelzen von Flußeiſen und Stahl, von Gußeiſen und Bronze. Tiegelöfen werden bei Stahl, Gußeiſen, Meſſing, Bronze, Weißguß u. ſ. w. benutzt. Bei der Wahl der Oefen hat man, abgeſehen von den Schmelzkoſten, in erſter Linie zu berückſichtigen, ob das Metall oder Metallgemiſch Berührung mit dem Brennmaterial oder den Verbrennungsprodukten verträgt. Iſt das nicht der Fall, wendet man Tiegel- oder Gefäßöfen an, welche, wenn nötig, luftdicht verſchloſſen werden. Vgl. a. Oefen, metallurgiſche, und Eiſengießerei.

Zur Herſtellung der Formen werden die verſchiedenſten Stoffe benutzt. Formen, welche nur einen Guß aushalten ſollen (verlorene Formen), ſtellt man aus Sand, Maſſe oder Lehm her; Formen dagegen, welche mehrere bis viele Abgüſſe zulaſſen ſollen (bleibende Formen) beſtehen aus Gußeiſen, Schmiedeeiſen, Meſſing, Sandſtein, Schiefer, Serpentin, Sepia, Gips, Zement, ja ſelbſt Papier.

Die Formmateriale müſſen im allgemeinen folgende Eigenſchaften beſitzen:

1. Genügende Widerſtandsfähigkeit, ſo daß die daraus hergeſtellten Formen mindeſtens einen Guß aushalten, ohne Abbröckelungen und Riſſe zu erleiden und ohne zu ſintern oder zu verbrennen oder zuviel Gaſe zu entwickeln.

2. Sie müſſen die Formen des Gußſtückes in aller Schärfe wiedergeben laſſen, damit die Nacharbeiten am Gußſtück auf das geringſte Maß herabſinken.

3. Es darf kein Anhängen an das Gußſtück ſtattfinden. Da, wo dies zu befürchten, überzieht man die mit Metall in Berührung kommenden Wände mit Kohlenpulver, Graphit, Kreide u. ſ. w.; bei dem Gießen von Gips, Zement u. a. wird die Form zu gleichem Zweck eingefettet.

4. Sie müſſen die Wärme ſchlecht leiten. Es darf bei dem Vergießen der Metalle in der Regel keine zu ſchnelle Abkühlung erfolgen. Gußeiſen wird dadurch abgeſchreckt, d. h. es erhält eine Kruſte harten weißen Eiſens (Gußhaut), welche der Bearbeitung größere Schwierigkeiten bereitet; Bronze wird durch raſche Abkühlung in mehrere Legierungen zerlegt (ausſaigern). Um dies zu vermeiden, ſtellt man die Formen aus ſchlechten Wärmeleitern her und erwärmt ſie vielfach vor dem Guß, was auch bei Formen aus guten Wärmeleitern geſchieht, um die Temperaturunterſchiede zu vermindern.

Bei der Erzeugung des Hartguſſes muß dagegen ſehr ſchnell eine große Menge Wärme entzogen werden, damit das Gußeiſen auf eine Tiefe von 25—50 mm raſch erſtarrt und eine aus weißem Eiſen beſtehende harte, der Abnutzung großen Widerſtand leiſtende Schicht erhält. Der hart zu gießende Teil des Gußſtückes wird dann in der Form von einer erwärmten gußeiſernen Schale umgeben.

Ueber die Herſtellung verlorener Formen iſt im Art. Eiſengießerei das Nötige mitgeteilt worden; bleibende Formen werden durch Guß, durch Gravierung, durch Gefenkſchmiederei, durch Einſchlagen von Stahlpunzen (für Schriftlettern), durch Einſchlagen der noch weichen Formmaſſe (Papiermater) u. ſ. w. hergeſtellt.

Die Formen ſind entweder zwei- oder mehr-, zuweilen vielteilig. Die Zahl der Teile, die immer ſo klein als möglich genommen wird, hängt von der Geſtalt des Gußſtückes ab. Zur Anfertigung der Form iſt in den meiſten Fällen ein Modell, ein getreues Abbild des Gußſtückes, erforderlich, das nach dem Einformen durch Zerlegung der Form entfernt werden muß, um den Hohlraum entſtehen zu laſſen. Die Geſtalt des Gußſtückes iſt hiernach beſtimmend für die Zahl der Formteile.

In vielen Fällen benutzt man zur Herſtellung der Form nur einen Teil des Modelles, eine Schablone (Schablonenformerei, ſ. Eiſengießerei), um an Herſtellungskoſten zu ſparen.

Soll das Gußſtück Hohlräume enthalten, ſo müſſen zur Bildung dieſer in die Form beſondere Teile (Kerne) eingelegt werden, bei deren Herſtellung im allgemeinen dieſelben Regeln zu befolgen ſind wie bei Herſtellung der Formen. (Ueber die Regeln bei Herſtellung der Modelle und Kerne, die Hilfsmittel dazu, die Benutzung der Formplatten und Formmaſchinen ſ. Eiſengießerei.) Nur müſſen die Kerne nachgiebig ſein, damit die Zuſammenziehung des Gußſtückes bei dem Erkalten ohne Ueberwindung größerer Widerſtände geſchehen kann und das Auftreten von Spannungen im Gußſtück vermieden wird. Für die Stützung der Kerne erhält die Form Kernlager, die gewöhnlich durch am Modell angebrachte Anſätze (Kernmarken) bei dem Abformen ohne weiteres mit entſtehen. Darf der Hohlraum des Gußſtückes unregelmäßig geſtaltet ſein, ſo kann man ſich in manchen Fällen des Stürzens bedienen. Die Form wird, nachdem an deren Wänden eine Schicht Metall, Ton u. ſ. w. von genügender Dicke erſtarrt iſt, umgekehrt (geſtürzt), um das noch flüſſige Innere ausfließen zu laſſen.

Jede Form muß mindeſtens eine Oeffnung für das Füllen (Einguß) beſitzen; häufig ſind mehrere Eingüſſe vorhanden, um die Form ſchnell von mehreren Punkten aus füllen zu können.

Sehr häufig müſſen neben den Eingüſſen Windpfeifen und Steiger angebracht

werden. Die Windpfeifen haben den Zweck, der den Hohlraum füllenden Luft und den sich bildenden Gasen und Dämpfen rasch Abzug zu gewähren; sie müssen immer an den höchsten Punkten des betreffenden Formteils und so angebracht werden, daß die völlige Füllung der Form gesichert ist. Die Steiger sollen einmal als Windpfeifen wirken, dann aber auch den Stoß bei plötzlichem Füllen der Form verhindern (s. Eisengießerei).

In manchen Fällen wird in der Form ein höherer Druck hergestellt, als der Formhöhe und dem spezifischen Gewicht des Metalles entspricht. Man setzt vielfach auf die Form noch eine Flüssigkeitssäule (einen verlorenen Kopf) auf, wodurch ein reinerer Guß entsteht und die Bildung von Hohlräumen (Saugen) vermieden werden kann. Auch durch Zentrifugalguß (s. Eisengießerei) läßt sich ein höherer Druck herstellen. Endlich preßt man das Metall gewaltsam mit Hilfe einer Pumpe (Gießpumpe) in die Formen, um scharfe Abgüsse, z. B. bei der Herstellung der Druckletten, zu erzielen. Vgl. Schriftgießerei.

Ueber die bei dem Vergießen selbst zu berücksichtigenden Punkte und über die an den Gußstücken vorzunehmenden Nacharbeiten ist alles Erforderliche im Art. Eisengießerei mitgeteilt. Ebenso enthält dieser Artikel einen ausführlichen Literaturnachweis, der nur durch folgendes zu ergänzen ist: Harzer, F., Glockengießerei, Weimar 1854; Otte, H., Glockenkunde, Leipzig 1858; Bachmann, J. K., Schriftgießerei, Leipzig 1867; Journal für Buchdruckerkunst; Archinowitz, Th., Die Papierstereotypie, Karlsruhe 1862. *Lüdicke.*

Gießereikrane, die in Eisengießereien gebräuchlichen, zum Heben und Umdrehen der schweren Formkästen, zum Tragen der Kranpfannen (Bd. 3, S. 365) und zum Ausheben der fertigen Gußstücke aus den Formkästen und aus der Dammgrube dienenden Krane. *v. Ihering.*

Gießinstrument, -maschine, -zettel, s. Schriftgießerei.

Gießkannen, zylindrische Behälter von kreisrundem oder ovalem Querschnitt für klares und schlammiges Wasser von 10—15 l Inhalt mit Traghenkel und schräg nach oben gerichtetem Auslaufrohr und abnehmbarem Brausemundstück; in der Gärtnerei verwendet. Material Zinkblech oder verzinktes Eisenblech.

Giftfreies Grün, s. Kuhlmanns Grün.

Giftfreies Kupfergrün, s. Borgrün.

Giftmehl, s. Arsenoxyde.

Giftschwöde, namentlich in der Weißgerberei zur Lockerung der Haare bezw. Wolle angewendet, besteht aus einem durch Anrühren von gebranntem Kalk und Schwefelarsen mit Wasser hergestellten Brei, der auf die Fleischseite der Felle aufgetragen wird. In kurzer Zeit werden die Haare bezw. Wolle so weit gelockert, daß sich dieselben mit Leichtigkeit vom Felle entfernen lassen, ohne daß eine Verletzung des Narbens und Beschädigung der Haare bezw. Wolle stattfindet. *Päßler.*

Gig, ein Beiboot für den Kommandanten oder Besitzer eines Schiffes (s. Bootsbau).

Gigantographie, Verfahren zur photomechanischen Erzeugung von Druckformen für bildliche Darstellungen in großem Formate, z. B. für Wandtafeln, Plakate u. dergl. nach Halbtonoriginalen.

Bei dieser von Johannes Giesecke in Leipzig ausgearbeiteten Methode wird von dem bildlich zu vervielfältigenden Objekte ein photographisches Negativ und von diesem ein Diapositiv angefertigt. Sodann wird das letztere mit einem in gewissem Abstande vorgeschalteten Korn- oder Linienraster (zumeist Glasplatten mit undurchsichtiger Lineatur, kornartiger Zeichnung oder Oberfläche versehen, s. Autotypie) zwischen eine Lichtquelle und dem Objektive eines Projektionsapparates derart angeordnet, daß das durch die Rasterwirkung in Striche und Punkte druckfähig zerlegte Bild in der gewünschten Größe auf eine im Apparate angebrachte lichtempfindliche Platte projiziert wird. Mittels des so erhaltenen Negativs werden Uebertragungen auf Stein oder Zink gemacht und diese für den lithographischen oder Buchdruck geätzt. Bei bedeutender Größe empfiehlt sich der Steindruck als das weitaus billigere Verfahren. Die Gigantographie ergibt tonreiche und getreue Abbildungen, die auch sehr gut im Bedarfsfalle wieder verkleinert werden können. In analoger Weise können auch Rasterdiapositive zur Herstellung großer Formen benutzt werden. Der Vorzug des Verfahrens besteht darin, daß keine kostspieligen Rasterglasplatten erforderlich sind, wie dies bei Anwendung der Autotypie in diesen Fällen stattfände.

Literatur: Kampmann, Oesterr.-Ungar. Buchdruckerztg. 1902, Nr. 41—44. *A. W. Unger.*

Gigasschichten, in der Geologie von Westfalen und Hannover gewisse, der oberen weißen Juraformation (Malm) angehörige schieferige Kalkmergel von grauer oder gelblichweißer bis weißer Farbe und oolithische Kalksteine, die sich durch das Vorkommen einer Kopffüßermuschel, des Ammonites Gigas, auszeichnen.

An einigen Orten sind sie reich an Asphalt; über ihnen folgen dünngeschichtete, sehr spröde Plattenkalke (Einbeckhäuser Plattenkalk). Die Kalksteine und Mergel dienen zur Mörtelbereitung und zu Düngungszwecken. *Leppla.*

Gildenhaus, s. v. w. Innungshaus, Zunfthaus (s. d.).

Gill, kleinſtes engliſches Flüſſigkeitsmaß = $^1/_{32}$ Gallon = 14,2 Zentiliter.

Gillotage, ſ. Hochätzkunſt.

Gills, ſ. Flachsſpinnerei, S. 52.

Gillung, eines Schiffes, heißt der untere Verlauf des Hecks, durch das der Ruderkoker hindurchgeht; eines Segels, die Abweichung der buchtigen Lieke von der geraden Linie beſonders in den Unterlieken. *T. Schwarz.*

Giltſtein, ſ. v. w. Topfſtein, ſ. Talk.

Gimpe (Gorl), als Beſatz dienende Baumwollfäden, die auf der Fadenmühle mit farbiger Seide überſponnen werden. Gorlſpitze, breite geklöppelte Gimpe.

Gin, ſ. Genever.

Gingham (Köpergingham), Baumwollen-Merinos, ſ. Weberei.

Gips, ſchwefelſaurer Kalk mit 2 Molekülen Waſſer, enthält 32,54 Teile Kalk, 46,51 Teile Schwefelſäure und 20,95 Teile Waſſer, iſt als Mineral farblos, vollkommen durchſichtig oder weiß, manchmal auch gelb, rot, braun, grau, ſchwarz, ſelten grün oder blau. Varietäten ſind Gipsſpat (Frauenglas, Selenit), farbloſe, ſpatige Maſſen; Faſergips (Atlasgips), parallelfaſerig; Alabaſter, körnig, derb. Härte 1,5—2, ſpez. Gew. 2,2—2,4; ſpaltbar in dünne, an den breiten Seiten ſtark perlmutterglänzende rhomboidiſche Täfelchen. Löslichkeit in Waſſer: bei 0° in 488, bei 20° in 414, bei 55° in 393 und bei 100° in 460, unlöslich in Alkohol; er iſt leichter als Waſſer, das Kochſalz, Salzſäure oder Salpeterſäure enthält. Auf 100—120° erhitzt, verliert er etwa 18% ſeines Kriſtallwaſſers ſehr ſchnell, der letzte Anteil entweicht aber ſehr langſam; bei 200—250° ſehr ſchnell. In Rotglühhitze ſchmilzt er entwäſſert ohne Zerſetzung.

Bei mäßig hoher Temperatur entwäſſerter und gepulverter Gips mit Waſſer zu einem Brei angerührt, bindet Waſſer, und die Maſſe erhärtet unter Vergrößerung des Volumens mit geringer Wärmeentwicklung. Gebrannter Gips zieht bei gewöhnlicher Temperatur und in feuchter Luft Waſſer an und wird kriſtalliniſch. Beim Brennen iſt es von Wichtigkeit, die Hitze innerhalb gewiſſer Grenzen zu halten; in einem mäßigen Luftſtrom auf 90° oder in ruhender Luft auf 100—126° erhitzt, verliert der Gips genau 57% ſeines Kriſtallwaſſers; wenig über 200° verliert er auch das letzte Viertel, hat die Eigenſchaft, mit Waſſer angemacht zu erhärten, verloren und iſt totgebrannt. Wird er aber weiter bis 400° und mehr erhitzt, ſo wird er dichter und ſchwerer und bindet mit Waſſer ſehr langſam zu einer äußerſt harten Maſſe (Mauergips, Eſtrichgips) ab. Man brennt das Gipsgeſtein behufs Entziehung des Waſſers und eines Teiles Schwefelſäure auf ähnliche Weiſe wie Kalk in Oefen oder Meilern. Rationelle Gipsöfen ſind mit einem Gewölbe überſpannt, für feinere Gipsſorten benutzt man Flachöfen. Gipsgrubenöfen werden an Bergabhängen angelegt, während man Gipshochöfen in unmittelbarer Nähe der Gipsbrüche errichtet. Kleine Mengen von Gips kann man auch auf Blechen oder in Trommeln brennen; in der letzten Zeit ſind mehrere Trommelapparate eingeführt worden. Gebrannter Gips iſt ſehr weich, wird auf Brechwerken zerkleinert und zwiſchen Walzen oder Mahlſteinen, auch in rotierenden Trommeln (Kugelmühlen) gemahlen und geſiebt; der Qualität nach unterſcheidet man für die verſchiedenen Verwendungszwecke Alabaſtergips, Baugips, Bildhauergips. Gips erlangt durch Brennen, alſo durch Entwäſſern bei entſprechend hoher Temperatur, die Fähigkeit, nach dem Anrühren mit Waſſer (Löſchen) zu erhärten; anſtatt Waſſer wird jetzt auch Waſſerdampf zum Löſchen benutzt; der Grad der Härte des erſtarrten Gipſes hängt zum Teil davon ab, daß beim Löſchen nicht mehr Waſſer zugeſetzt wird, als nötig iſt, zum Teil aber auch ſchon von der Beſchaffenheit des ungebrannten Gipsſteines und dem Grad des Brennens. Dichter, faſeriger, blätteriger Gips beſteht nach dem Brennen und Mahlen aus ſehr feinen Teilen, die ſich gleichmäßig löſchen; körniger Gips nimmt Waſſer anfangs nur an der Oberfläche auf, ſpäter dringt es erſt in die inneren Partien, und man erzielt damit eine härtere Maſſe. Uebermäßiger Waſſerzuſatz verhindert das Binden; beim Erhärten dehnt ſich der Gips um ungefähr 1% aus; die Abgüſſe ſind daher immer etwas größer als die Form, und laſſen ſich durch wiederholtes Abformen von kleineren Modellen größere Abgüſſe ohne Schaffung eines beſonderen Originals erhalten.

Gebrannter Gips findet ausgedehnte Anwendung in den Baugewerben, zum Formen und Gießen, als Düngemittel, zum Entwäſſern breiiger Subſtanzen, in der Kellerwirtſchaft u. ſ. w. Sehr alt iſt ſeine Verwendung zu Mörtel (Gipsmörtel, ſ. d.); der Mörtel der großen Cheops-Pyramide beſteht zu 83% aus Gips, Vitruv und Plinius erwähnen ſchon des Gipſes zu Stuckarbeiten; mit Gipsſpat beſtreute man den Boden bei den zirzenſiſchen Spielen. In Frankreich, namentlich um Paris, findet er als Baumaterial ausgedehnte Anwendung; außer zum Putz im Innern der Gebäude wird der reine Gipsmörtel ebenſowohl zu allen Umfaſſungsmauern wie auch zum Abputz von Faſſaden verwendet. Annalith iſt eine Miſchung von Gips mit einem ſcharfen Sand, zu künſtlichen Steinen und als Beton benutzt. Gipsmarmor iſt eine Imitation von Marmor aus Gipsmaſſe, durch und durch oder nur oberflächlich gefärbt, Stucco luſtro, ebenfalls eine Marmorimitation, direkt auf das Mauerwerk aufgetragen. Um Gips zu härten, hat man Tränken der fertigen Objekte mit Alaunwaſſer (alaunierter Gips) angewendet, auch Waſſerglas, Barytlöſung, Borverbindungen u. a. m. ſind mit mehr oder weniger Erfolg in Anwendung gekommen.

Literatur: Hüttmann, Der Gipſer, Weimar; Bernhard, Gipsabgüſſe u. ſ. w., Frankfurt a. M. 1903; Höfer, Plaſtiſche Maſſen, Wien 1885; Pedrotti, Gips, Wien 1902. *Andés.*

Gipsbeton, mit Gipsmörtel und Steinſchlag oder Kies ähnlich wie Zementbeton (ſ. Beton) hergeſtellt, liefert ſehr gute und harte künſtliche Bauſteine, deren Widerſtandsfähigkeit erprobt iſt und die ſich vortrefflich für Zwiſchenmauern eignen, die trocken bleiben ſollen. *L. v. Willmann.*

Gipsbewurf, ſ. Putz und Mörtel.

Gipsdecke, Stuckdecke, mit Gipsmörtel überzogene Decke. Ueber die Herſtellung des Putzes ſ. Deckenputz. Da Gips den glatteſten und feinſten Putz gibt, ſo ſind hieraus die reichſten Decken hergeſtellt, durch Geſimſe und beſonders durch Stukkaturen belebt und künſtleriſch ausgeſtaltet worden. *Weinbrenner.*

Gipsdielen, Baumaterial in Geſtalt von maſſiven oder mit Hohlräumen durchzogenen Brettern, aus Gips in Verbindung mit leichten Subſtanzen, wie Holzſpänen, Holzwolle, Stroh u. ſ. w., durch Gießen in entſprechenden Formen hergeſtellt und ihrer Leichtigkeit halber vielfach angewendet.

Literatur: Pedrotti, Gips, Wien 1902. *Andés.*

Gipseſtrich, Fußboden aus einem Guß von dünn angemachtem Mauergips, ca. 4 cm ſtark in Streifen von etwa 80 cm Breite zwiſchen einfaſſenden Latten auf eine horizontal abgeglichene Sandlage gebracht.

Die Latten werden bei beginnender Ausdehnung des Gipſes nach einer Viertelſtunde weggenommen und der Guß (etwa 24 Stunden nach dem Einbringen) geſtampft und geglättet. Der Gipsteig erhärtet erſt nach mehreren Tagen vollſtändig, iſt dann aber feſt, dicht, wetterbeſtändig und treibt nicht; man tränkt ihn auch vielfach mit Leinöl. *Weinbrenner.*

Gipsgeſims, ſ. Deckengeſims.

Bei reicher Ausführung, mit Gliederung, Roſetten, Trägern, Eierſtäben u. ſ. w. iſt weſentlich zu unterſcheiden zwiſchen Handarbeit und gegoſſener Form. Während erſtere friſch und lebendig und bei ſcharfer Unterſchneidung der Formen in kräftigen Schatten wirkt, iſt die gegoſſene Arbeit ſtumpf und breit und läßt ſich auch nicht ſo dauerhaft befeſtigen wie Handarbeit. Die reichſte Ausbildung zeigen die Geſimsbildungen aus den Zeiten des Barock im 16. und 17. Jahrhundert. Sie beſtehen aus ſtark ausladenden Gliederungen, belebt durch Figurenſchmuck, Laubwerk u. ſ. w. Die glänzendſten Beiſpiele bilden die Palaſt- und Kirchenbauten Italiens, Frankreichs und Deutſchlands. *Weinbrenner.*

Gipsgüſſe, aus gebranntem, pulveriſiertem Gips durch Anrühren mit Waſſer und Eingießen der Maſſe in ſtarre oder elaſtiſche Formen, nach dem Erſtarren derſelben und Ausziehen aus den Formen oder Zerlegen derſelben in ihre einzelnen Teile erhaltene plaſtiſche Darſtellungen, die teils in ihrem urſprünglichen Zuſtande belaſſen oder gefärbt, teils mit Stearin eingelaſſen, bemalt oder bronziert werden. Auch durch Einſtampfen von Gips in metallene Formen und Durchtreiben von Waſſerdampf, wodurch der Gips abgelöſcht wird, ſtellt man jetzt Gipsgüſſe her.

Die Formen, die wichtigſten Behelfe für die Gipsgießerei, ſind entweder nach eignen Modellen angefertigte (ſtarre) Gips- oder elaſtiſche Glyzerinleimformen; letztere ſind vorzuziehen, da ſie weniger umſtändlich zu handhaben, auch ſpäter umgießbar und unzerbrechlich ſind. Beim Gießen werden die Formen mit Oel oder Fett ausgeſtrichen, die einzelnen Teile zuſammengefügt, feſt miteinander verbunden und der angerührte Gips eingegoſſen, vor dem Abbinden, kurz nach dem Beginn des Erſtarrens und vor der eintretenden Erwärmung aus der Form genommen, trocknen und erhärten gelaſſen, die allenfalls vorhandenen Nähte (die Fugen der Formen) beſeitigt und Schäden ausgebeſſert. Das Anrühren des Gipſes zum Gießen iſt eine Arbeit, für die verſchiedene Anleitungen beſtehen; allgemeine Regeln ſind: 1. das Waſſer nie auf den Gips zu gießen, ſondern dieſen ins Waſſer einzurühren; 2. der Gips darf nie in zu großer Menge auf einmal eingetragen werden; 3. langes Rühren vermindert die Bindekraft, ja ſie kann ganz verloren gehen; 4. je geringer die zum Anrühren benutzte Waſſermenge, um ſo dichter und um ſo härter wird der Guß; 5. die Bildung von Luftblaſen iſt tunlichſt zu vermeiden, weil fehlerhafte Güſſe entſtehen. Richtig angemachter Gips erſtarrt in wenigen Minuten, und man ſucht das Erſtarren zu verzögern, indem man demſelben Borax, gepulverte Eibiſchwurzel, Leimwaſſer u. dergl. in gewiſſen Verhältniſſen zuſetzt.

Die Härte der Gipsgüſſe iſt eine ſehr geringe, weshalb man dieſelbe zu vermehren ſucht; bei flachen, ſchüſſelförmigen Gegenſtänden kann es durch grobe Leinwand, bei Poſtamenten u. dergl. durch Eiſendrähte, Hanfſchnüre, Holzſtücke, Blechſtreifen geſchehen; doch hat man auch chemiſche Mittel in Vorſchlag und auch in Anwendung gebracht. Nach Tiſſot nehmen ſie eine größere Feſtigkeit an, wenn ſie nach dem Erhärten abwechſelnd in Waſſer getaucht und getrocknet werden. Pannave wendete Alaunlöſung, Dermſtädt Barytlöſung an, Heinmann tränkt aus rohem Gipsſtein gefertigte Gegenſtände mit Löſungen von Chlorkalium und ſchwefelſaurer Magneſia. Julhé benutzt eine Miſchung von 6 Teilen Gips und 1 Teil Kalk mit Waſſer als Gießmaſſe und behandelt die fertigen Gegenſtände in einem Sulfat (Eiſen- oder Kupferſulfat), während Reißig kieſelſaures Kali (Kaliwaſſerglas) anwendet.

Die Herſtellung abwaſchbarer Gipsgüſſe iſt längſt angeſtrebt worden; verſchiedene Methoden

wurden mit mehr oder weniger Erfolg vorgeſchlagen. Waſſerglas für ſich allein iſt nicht brauchbar, weil es ſchon nach kurzer Zeit auswittert, dagegen gut in Verbindung mit Eiweißſubſtanz. Gips mit Alaunlöſung und dann mit einer Seifenlöſung behandelt, ſo daß unlösliche Tonerdeſeife ſich bildet, iſt zwar abwaſchbar, allein die Oberfläche nimmt den Staub begierig auf; auch ein Ueberzug mit ſtearinſaurer Tonerde hat denſelben Uebelſtand. Reißig, Leuchs und Pilfinger imprägnieren mit Barytwaſſer, wodurch der ſchwefelſaure Kalk in ſchwefelſauren Baryt und kohlenſauren Kalk umgewandelt wird; auch v. Déchand wendet Barytlöſung an, läßt die Gegenſtände 24 Stunden darin, dann 3—4 Tage bei gewöhnlicher Zimmertemperatur trocknen, bringt ſie dann in eine heiße Auflöſung von Kernſeife in Waſſer und trocknet nach dem Abſpülen in geeigneten Trockenräumen. Pufcher verwendet eine alkoholiſche Löſung von ſtearinſaurem Kali, wodurch er, durch Umſetzung des ſtearinſauren Kalis in ſchwefelſaures Kali, einen widerſtandsfähigen Ueberzug erhält. Das beſte und ſicherſte Mittel, Gipsabgüſſe abwaſchbar zu machen, iſt Ueberziehen derſelben mit einer Schellacklöſung und hierauf mit Oelfarbe, wodurch allerdings Feinheiten der Modellierung verloren gehen; auch Tränken mit heißem Leinölfirnis oder mit einer Löſung von Wachs in Terpentinöl führt zum Ziele.

Zwei Verfahren, beſonders harte Gipsabgüſſe herzuſtellen, ſind die folgenden, doch ſind ſie nicht überall und für alle Güſſe ausführbar. So liefert friſchgebrannter Gips, ſofort nach dem Brennen in eine Alaunlöſung eingelegt, oder gepulverter Gips mit Alaunlöſung angerührt und hierauf nochmals gebrannt (bei einer gleichmäßigen Temperatur) ein Material, das harte Gipsgüſſe liefert, faſt marmorartig, an den Kanten transparent iſt; dickere Platten ſind mit Hammerſchlägen kaum zu zertrümmern. Das zweite Verfahren beruht auf der Tatſache, daß bei dem gewöhnlichen Anmachen von Gips viel zu viel Waſſer benutzt wird, wodurch eine poröſe Maſſe entſteht, und Abaté wendet zum Löſchen Waſſer in Dampfform an. Er bringt den gebrannten Gips in eine Art Kaffeetrommel, die ſich um ihre Achſe dreht, ſetzt ſolche mit einem Dampfkeſſel in Verbindung, und der Gips abſorbiert nun ſo lange Waſſer, bis man die Zuleitung unterbricht, alſo bis man die aufgenommene Waſſermenge als genügend erachtet bezw. ſich durch Wiegen von derſelben überzeugt hat, worauf man den noch immer feinpulverigen Gips in eiſernen Formen einem kräftigen hydrauliſchen Druck ausſetzt; die erhaltene Maſſe iſt vollkommen kompakt und hart, nimmt Marmorpolitur an.

Die Gipsgüſſe werden in verſchiedener Weiſe dekoriert, mit Stearin eingelaſſen, mit Farben (Aquarell- und Oelfarben) bemalt, bronziert oder auch einfarbig braun oder weiß geſtrichen; bei dickeren Farbenlagen gehen die Feinheiten der Modellierung verloren und müſſen die Güſſe meiſt mit einer Leimlöſung oder einer ſpirituöſen Schellacklöſung getränkt werden, ehe man ſie dekoriert. Bemalung, Bronzierung oder Anſtrich erfolgen dann wie auf allen andern Materialien. Terrakottaimitationen werden hergeſtellt, indem man mit einer aus feinem Ocker, Leimwaſſer und gebrannter Terra di Siena zuſammengeſetzten Farbe die Güſſe mittels weichem Pinſel überſtreicht; dunkle Holzarten ahmt man mittels einer aus Caſſelerbraun, Soda und Waſſer nebſt Wachsmilch hergeſtellten Beize, die nach dem Trocknen gebürſtet wird, nach; auch dünne braune Oelfarbe leiſtet gute Dienſte. Für Elfenbeinimitation wird der Guß mit einer ſchwach gelb gebrochenen weißen Oelfarbe überſtrichen und nach vollſtändigem Erhärten an den tiefen Stellen des Guſſes helles Ockergelb aufgetragen und mit einem Lappen wieder ausgewiſcht, ſo daß die gelbe Farbe nur in den tiefſten Stellen ſitzen bleibt. Majolikaimitationen können nur mittels Laſurfarben auf weißem Oel- oder Lackfarbengrund ausgeführt werden. Alabaſter wird durch Aufſtreuen von feingemahlenem Glas auf dem noch nicht völlig trockenen Ueberzug von weißer Lackfarbe nachgeahmt. Chromopaſta iſt eine mit roter Erde gemiſchte Gußmaſſe; nach dem Guß werden die Objekte in geſchmolzenem Stearin getränkt, wodurch die Farbe kräftiger wird, und noch mit einer mit roter Farbe gemiſchten Schellacklöſung angeſtrichen.

Literatur: Pedrotti, Gips, Wien 1902. *Audée.*

Gipskalk iſt das im Handel vorkommende, bei 120—200° C. gebrannte und dann gepulverte Gipsgeſtein, das aus ſchwefelſaurem Kalk beſteht und beim Brennen etwa 20% feines Kriſtallwaſſers verliert.

Dieſes gebrannte Gipspulver läßt ſich unter mäßiger Wärmeentwicklung und geringer Raumvergrößerung mit Waſſer zu einem Brei anrühren, der bald wieder zu einer feſten, gleichartigen Maſſe erhärtet. Wird Gipsgeſtein ſtärker erhitzt, ſo verliert der ſo gebrannte Gips dieſe Fähigkeit, und man ſagt dann von ihm, er ſei totgebrannt. Nach einiger Zeit jedoch ergibt der totgebrannte Gips mit Waſſer angerührt wiederum einen Brei, der aber viel langſamer erhärtet und hydrauliſche Eigenſchaften erhält. Ungebrannt erhärtet gepulvertes Gipsgeſtein in wäſſerigen Löſungen von Kaliumſulfat, Kaliumkarbonat u. ſ. w. ſchneller als der gebrannte mit Waſſer. Der ungebrannte Gips wird jedoch im Baufach hauptſächlich nur für Herſtellung von Stucco lustro verwendet, während der gebrannte Gips, alſo der Gipskalk, vielfach zur Anwendung kommt. Um ihn langſamer bindend zu erhalten, macht man ihn mit Leimwaſſer oder einer Löſung von Pflanzenſchleim ſtatt mit Waſſer an. Als Bindemittel wird er entweder allein für ſich mit Waſſer angerührt oder mit Fettkalk vermiſcht; ſ. Gipsmörtel. *L. v. Willmann.*

Gipskeuper wird in der Geologie Mitteldeutſchlands die untere Stufe der mittleren Keuperformation genannt.

Sie beſteht vorherrſchend aus hellgrünlich-grauen Schiefertonen und Mergel mit untergeordneten Lagen von tonigen und kalkigen Sandſteinen. Als unregelmäßige Einlagerung beherbergen die Schichten noch Gips in mehrfacher Wiederholung. Die ganze Schichtenſtufe erreicht bis 200 m Mächtigkeit. Die Mergel werden vielfach zur Düngung verwendet (Württemberg). Die Schichten beherbergen in Lothringen (Vic, Dieuze, Remilly) und Franken auch Steinſalz. Wo der Gips mächtiger auftritt, wird er vielfach gewonnen. Die Sandſteinbänke der Stufe haben im Verhältnis zu andern und höheren Sandſteinlagern des mittleren Keupers nur

eine geringe Bedeutung. In einigen Gebieten wird als Gipskeuper der ganze mittlere Keuper bezeichnet. *Loppa.*

Gipsmergel, ſchieferige Mergelſchichten, die mit Adern und Streifen von Faſergips durchzogen ſind.

Gipsmörtel iſt das älteſte Bindemittel, da die Aethiopier und Aegypter ihn bereits benutzten. In Ländern, wo ſich viel Gips findet, wie in der Umgegend von Paris und im Harz, wird er auch jetzt noch als Mauermörtel verwendet; im übrigen ſpielt er beim Putzen der Innenwände und Decken eine wichtige Rolle (ſ. Putz) und iſt namentlich feines raſchen Erhärtens wegen für Stukkaturarbeiten ſehr geeignet. Vom „Anmachen", d. h. von der Art der Herſtellung des Gipsbreies, hängt weſentlich der Härtegrad des wieder feſtgewordenen Gipſes ab (ſ. Gipsgüſſe). Vermiſcht man den Gips mit Ziegelmehl, Ton oder feinem Sand, ſo erhärtet dieſes Gemenge langſamer und iſt dann von geringerer Feſtigkeit.

Sehr hart werdender Gipsmörtel entſteht, wenn man gebrannten Gips mit einer Löſung von 1 Teil Alaun auf 12—13 Teile Waſſer tränkt, hart werden läßt, dann bei Rotglühhitze wieder brennt und dieſes Erzeugnis pulveriſiert und mit gleichſtarker Alaunlöſung anrührt. Es iſt dies der Keene-Zement oder, wie er in Frankreich genannt wird, Ciment anglais. Er nimmt Steinhärte an, läßt ſich färben, polieren, abwaſchen, iſt witterungsbeſtändig und wird vielfach zur Anfertigung aller Sorten von Stuckmarmor verwendet. Aehnliche Erzeugniſſe erhält man durch Anwendung von ſchwefelſaurem Kali oder ſchwefelſaurem Natron ſtatt der Alaunlöſung. Aus 1 Teil calciniertem Borax und 44—45 Teilen Gips erhält man den Parian-Zement oder Boraxgips, der ebenfalls ähnliche Eigenſchaften wie der Keene-Zement beſitzt. Unter dem Namen Annalith iſt in neuerer Zeit vielfach eine Art Gipsbeton in Form künſtlicher Steine, beſonders im Harz und in Paris, verwendet worden. Endlich iſt noch Scotts Selenitmörtel anzuführen, der in der Weiſe hergeſtellt wird, daß beim Kalklöſchen dem zu verwendenden Waſſer etwa 2% Gips zugeſetzt werden. Der Kalk entwickelt dabei faſt gar keine Hitze, ergibt aber einen Mörtel, der ſchnell und kräftig erhärtet und einen bedeutend größeren Sandzuſatz (5—6 Teile) verträgt. Eine gegenüber den andern Mörtelarten hervorragende Eigenſchaft der Gipsmörtel iſt die, daß ſie bei ſehr niedriger Temperatur (bis —10° C.) ohne Nachteil verarbeitet werden können.

Literatur: Gottgetreu, Baumaterialien, 2. Aufl., Bd. 2, S. 277, Berlin 1875; Handb. d. Arch., 2. Aufl., 1. Teil, Bd. 1, S. 140 und 170, Darmſtadt 1895; 3. Aufl., Stuttgart 1905; Menzel und Schwatlo, Der Steinbau, S. 100, Leipzig 1879; Müller, R., Unterſuchungen über Gips, Berlin 1904. *L. v. Willmann.*

Gipſographie, ſ. Gelatinographie.

Gipsſchlotten, unterirdiſche Hohlräume, die durch Auslaugung von Gips mittels Waſſers entſtehen. Sie ſind eine häufige Erſcheinung in gipsreichen Gegenden, und ihre Nähe an der Oberfläche veranlaßt in manchen Fällen den Einbruch der auflagernden Schichten in den vorhandenen unterirdiſchen Hohlraum und ſo die Bildung von Erdfällen (ſ. d.). Solche Gipsſchlotten und durch ſie veranlaßte Erdfälle ſind im mitteldeutſchen Bergland im Bereich des Zechſteins, oberen Buntſandſteins und Keupers eine häufige Erſcheinung. *Loppa.*

Giraſolſaphir, ſ. Korund.

Giſſung, das Berechnen der mutmaßlichen Stelle eines Schiffes in See nach geſteuertem Kurs und nach dem Log unter Berückſichtigung von Abtrift, Strömung u. ſ. w. *T. Schwarz.*

Gitter, Mittel zum Abſchluß eines Grundſtückes gegen unbefugtes Betreten durch Menſchen und Tiere [1], erhalten eine Höhe von durchſchnittlich 1,2—1,5 m und zur Sicherung gegen Ueberſteigen nach oben hin Spitzen, die gleichzeitig als verzierende Krönungen dienen.

Die einfachſte Form iſt das Stabgitter, das aus Rund- oder Quadrateiſen 12—20 mm ſtark hergeſtellt wird. Zur Längsverbindung der Stäbe verwendet man eine oder zwei Querſchienen aus Flacheiſen oder Hefpeneiſen, und zwar werden gewöhnlich zwei ſolche Querverbindungen benutzt, welche in beſonders angebrachten Pfoſten oder Säulen aus Stein, Mauerwerk oder Eiſen befeſtigt werden. In neuerer Zeit vermeidet man Gußeiſen und ordnet ſogenannte Doppelpfoſten aus Schmiedeeiſen (30—50 mm) an, welche, um ein Schwanken und Federn möglichſt zu vermeiden, nach innen abgeſtrebt werden. Zur Erzielung reicherer Wirkung eines Stabgitters werden häufig Rankenwerke, Blätter, Roſetten u. ſ. w. organiſch mit demſelben verbunden; auch benutzt man beſonders wegen der großen Haltbarkeit ſogenannte Durchſteckarbeiten aus Rund- oder Quadrateiſen. Für Einfriedigungen von Gärten und Anlagen eignen ſich ſogenannte Füllungs- und Flacheiſengitter ohne Vertikalſtäbe und Längsverbindung wenig, weil der Charakter derſelben einen allſeitig beſtimmt begrenzten Rahmen erfordert, wie er bei Lichtöffnungen von Fenſtern, Türen, Toren u. ſ. w. zu finden iſt. Bei den Füllungsgittern bildet gewöhnlich ein Flacheiſen, beſſer aber ein Winkeleiſen, die Randeinfaſſung, mit der dann die Befeſtigung am Holzwerk oder Stein erfolgt. In dem Rahmen entwickelt ſich ein mehr oder weniger reiches

Rankenwerk aus Rund- oder Vierkanteisen mit oder ohne Zuhilfenahme von Blattwerk, Rosetten und anderm Aufputz [1]. Die Stärke des Materials richtet sich bei allen Gitterwerken nach deren Größe.

Mit den Einfriedigungsgittern organisch verbunden sind die Gittertore und Gittertüren, welche meistens dasselbe Motiv, nur etwas reicher und wuchtiger, zeigen. Besonders muß bei der Konstruktion der Torflügel darauf Rücksicht genommen werden, daß dieselben sich nicht „einsacken", d. h. sich an den dem Drehpunkt entgegengesetzten Teilen nach unten senken. Diesem Mißstande wird durch Versteifungen nach einer oder besser nach den beiden Richtungen der Diagonalen vorgebeugt. Tore unter 1,20 m Breite werden gewöhnlich einflügelig gestaltet. Meistens sitzen die Torflügel zwischen steinernen Gewändepfosten, an welche sie angeschlagen werden. Die Drehachse wird in der Regel aus Quadrateisen (30—60 mm) hergestellt, während die Befestigung der Türe oben mittels eines Halsbandes (s. Bänder), am unteren Ende mittels Zapfen auf Pfanne oder Pfanne auf Dorn bewirkt wird. Gewöhnlich erhalten die Gittertore einen Aufsatz, welcher entweder mit denselben verbunden ist oder durch einen dem Tor als Anschlag dienenden Kämpfer nach unten seinen Abschluß findet.

Zu den Schutzgittern gehören auch die Brüstungsgitter, welche sich von den Einfriedigungsgittern dadurch unterscheiden, daß dieselben bei einer Höhe von 800—1000 mm nach oben nicht mit Spitzen oder einer Bekrönung endigen, sondern zum Auflegen der Arme mit Leisteneisen oder mit Holzleisten abgedeckt werden. Meistens sind dieselben als Füllungs-, nicht als Stabgitter ausgebildet und erhalten häufig unten eine Ausbauchung; selbstverständlich müssen scharfe und spitze Formen vermieden werden.

Die Treppengeländer endlich sind schiefgezogene, in die Höhe laufende Brüstungsgitter und dementsprechend gebaut. Auch dort, wo ein Stabgitter verwendet wird, müssen die einzelnen Bestandteile durch eine Flacheisenschiene verbunden sein, welche dann immer durch eine Handleiste aus Eisen oder Holz abgedeckt wird. Als Höhe von Trittoberkante bis Handleistenoberkante wählt man gewöhnlich 900—1000 m.

Alle Gitter von größerer Abmessung, die bedeutenden Temperaturschwankungen unterliegen, sind als freies Rahmenwerk herzustellen, oder es muß die Biegsamkeit der Konstruktion dafür bürgen, daß durch Längenänderungen und deren Folgen die Befestigungsmittel nicht gelockert werden [3]; zu diesem Zwecke empfiehlt es sich, sogenannte Ausgleicher [4] anzuordnen. Wird nur ein Schutz gegen Tiere beabsichtigt, dann kommen auch Drahtmaschengitter, Hegegitter, Drahtspanngitter u. dergl. zur Verwendung [3]. Soll Uebersteigen verhütet, Annäherung gestraft werden, so ist Stacheldraht zu benutzen; doch muß die nötige Vorsicht gebraucht werden, damit unbeabsichtigte Verletzungen nicht möglich sind. S. a. Einfriedigung.

Literatur: [1] Krauth und Meyer, Das Schlosserbuch, Leipzig 1891. — [2] Baukunde des Architekten, Bd. 1, Berlin 1890. — [3] Hoch, Technologie der Schlosserei, 2. u. 3. Teil, Leipzig 1901. — [4] Derf., Der praktische Schlosser, 2. Aufl., Leipzig 1906. — Zeichnungen für Gitterwerke finden sich in: Hefner-Alteneck, Eisenwerke und Ornamentik der Schmiedekunst, Frankfurt a. M. 1889; Graefe, A., sen., und Graefe, M., jun., Die Arbeiten des Schlossers, 1. und 2. Folge, Weimar 1892; Raschdorff, J., Abbildungen deutscher Schmiedewerke, Berlin 1875—78; Ilg und Kabdebo, Wiener Schmiedewerke des 18. Jahrh., Dresden 1878—79; Kick und Teubert, Musterlammlung für Schlosser, Ravensburg; Meyer, F. S., Musterbuch moderner Schmiedearbeiten, Karlsruhe; Walter, K., Die Kunstschlosserei des 16.—18. Jahrh., Stuttgart 1884—87; Die Schmiedekunst nach Originalen des 15.—18. Jahrh., Berlin; Brand, F., Kunstschmiedearbeiten, München 1888; Brechenmacher, F., Moderne Kunstschmiedearbeiten, 1. und 2. Ser., Berlin 1890—91; Feller, J., Die Schmiedekunst, Bd. 1—3, Düsseldorf 1890—92; Schubert, A., Alte Kunstschmiedearbeiten aus dem 16.—18. Jahrh., Berlin 1889.

Hoch.

Gitterbrücken, Brücken, deren Hauptträger als Gitterträger ausgeführt sind. Unter letzterer Bezeichnung versteht man jetzt Träger mit engmaschiger, symmetrischer Ausfachung (Netzwerk), welche die Vorläufer der heutigen Fachwerksträger bildeten; doch wird die Bezeichnung Gitterbrücke auch häufig auf die modernen Konstruktionen der Fachwerksbrücken angewendet. S. die Art. Brücken, eiserne; Brücken, hölzerne; Gitterträger.

Melan.

Gitterpfeiler, s. Pfeiler, eiserne.

Gitterschieber, s. Schieber, Steuerungen.

Gitterspektrum, s. Spektralanalyse.

Gitterstabquerschnitte, s. Druckstäbe und Zugstäbe.

Gitterträger nannte man Träger, welche aus dem Blechträger (s. d.) entstanden, wenn die Blechwand durch ein Gitter aus einzeln in den Kreuzungspunkten vernieteten Stäben ersetzt wurde.

Da dies Gitter bei genügender Vernietung als Ganzes wirkt, so besteht ein Unterschied zwischen Gitterträgern und den Fachwerksträgern (s. d.), bei welchen die einzelnen Stäbe der Theorie nach für sich widerstehen, Vernietungen in etwaigen Kreuzungspunkten der Stäbe nicht angenommen sind und bei der Berechnung der Stabkräfte in allen Knotenpunkten Gelenke (s. d.) vorausgesetzt werden. Mit der Verdrängung der Gitterträger durch die Fachwerkträger wurde freilich über jenen Namen mitunter anders verfügt, wie z. B. Winkler alle Fachwerkträger als Gitterträger bezeichnete [3], [6] und den Namen Fachwerk auf Träger mit Vertikalen (Ständerfachwerke) beschränkte. Da jedoch der Gitterträger in obigem Sinne der Geschichte wie noch der Gegenwart des Brückenbaues angehört und meist eine andre Berechnung als der Fachwerkträger in Anlehnung an diejenige des Blechträgers erfuhr, welcher auch in

neuerer Zeit wieder Beachtung geſchenkt wurde [9]—[12], [14], ſo kann eine beſondere Bezeichnung jener Träger keineswegs als überflüſſig gelten.

Bei der Berechnung von Gitterträgern werden letztere entweder als Fachwerke mehrfachen Syſtems behandelt, in welcher Beziehung auf dieſes Stichwort verwieſen werden kann, oder man geht von den Momenten und Querkräften in Schnitten durch die Mitten der zu berechnenden Stäbe aus (ſ. Angriffsmoment, Schnittkräfte). Dieſe Schnitte werden von den einen bei Ableitung der Beanſpruchungen von Füllungsgliedern parallel der augenblicklich nicht zu berechnenden Gliederſchar (Fig. 1), bei Ableitung der Beanſpruchungen von Gurtungsſtäben nach dem diagonal gegenüber liegenden Knotenpunkt der andern Gurtung gelegt (Fig. 2), wobei dieſer „Gegenpunkt" als Drehpunkt für die Schnittmomente dient, während andre die Schnitte wie bei Blechträgern als „Querſchnitte" für Balken vertikal (Fig. 3), für Bogen ſenkrecht der angenommenen Bogenachſe führen (Fig. 4) und den Drehpunkt für die Schnittmomente in den Achspunkten dieſer Schnitte annehmen. Infolge der gemachten Vernachläſſigungen trifft das erſtere Verfahren meiſt ſchließlich mit dem letzteren zuſammen ([6], S. 35, 36), und beide laufen im allgemeinen auf die Annahme hinaus, daß die Gurtungen den Momenten, die Füllungsglieder den Querkräften allein zu widerſtehen haben und die Querkraft ſich gleichmäßig auf die vom Schnitte getroffenen Füllungsglieder verteilt.

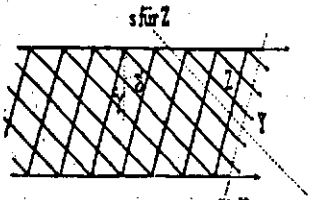


Fig. 1.

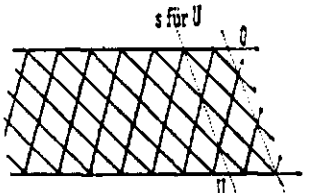


Fig. 2.

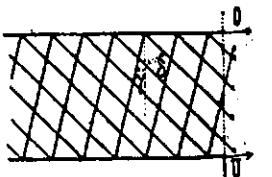


Fig. 3.

Unter dieſen Vorausſetzungen erhält man für den gewöhnlichen Fall von Gitterbalken mit horizontalen Gurtungen der Schwerpunktsentfernung h die Beanſpruchung eines Obergurtſtabs und Untergurtſtabs, wenn M_x das Moment im Querſchnitt x (Moment der äußeren Kräfte links von x) durch die Mitte des betreffenden Stabs bedeutet und Zug als poſitiv gilt:

$$O = -\frac{M_x}{h}, \qquad U = \frac{M_x}{h}, \qquad 1.$$

und die Beanſpruchung eines Füllungsglieds, welches um δ bezw. γ (Fig. 1, 3) vom Querſchnitt x durch die Mitte des Stabes abweicht, wenn V_x die Vertikalkraft im Querſchnitt x (reſultierende Vertikalkomponente der äußeren Kräfte links von x) bedeutet, bei n-fachem Syſteme (ſ. Fachwerke mehrfachen Syſtems):

$$Y = \frac{V_x}{n \cos \delta}, \qquad Z = -\frac{V_x}{n \cos \gamma}. \qquad 2.$$

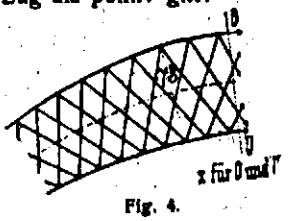


Fig. 4.

Bei nicht horizontalen Gurtungen wären in 1. $O \cos \alpha$ und $U \cos \beta$ an Stelle von O, U zu ſetzen, unter α, β die Winkel der betreffenden Stabachſen mit der Horizontalen verſtanden. Bei Verwendung der Schnitte s in Fig. 1 und 2 anſtatt der Querſchnitte (ſ. oben) würden das Moment M_s und die Vertikalenkraft V_s in dieſen Schnitten an Stelle von M_x, V_x treten (ſ. Schnittkräfte, Schnittmomente). Da jedoch nicht geſagt werden kann, daß dieſe nur bei Gitterbalken (nicht bei Gitterbogen) vorgekommene Wahl genauer iſt, ſo bleiben wir bei dem einfacheren und allgemeineren Verfahren. Die Grenzwerte der Stabkräfte im Falle bewegter Laſt entſtehen nach 1., 2. für O, U mit den Grenzwerten von M_x, für Y, Z mit den Grenzwerten von V_x, während die Grenzwerte von M_x, V_x ganz wie für vollwandige Balken berechnet werden (ſ. Balken, einfache und durchlaufende).

Handelt es ſich um einen Gitterbogen, für welchen im Querſchnitte x durch die Mitte eines zu berechnenden Stabs h die Entfernung der Gurtungsſchwerpunkte, M_x, N_x, T_x das Moment, die Normalkraft und Querkraft (Transverſalkraft) und f_o, f_u die Querſchnitte des Obergurts und Untergurts bedeuten, ſo entſprechen den Beanſpruchungen O, U der letzteren (Zug poſitiv) mit $F = f_o + f_u$

$$O \cos \alpha = -N_x \frac{f_o}{F} - \frac{M_x}{h}, \qquad U \cos \beta = -N_x \frac{f_u}{F} + \frac{M_x}{h}, \qquad 3.$$

und die Beanſpruchungen der Füllungsglieder, welche um δ bezw. γ (Fig. 1, 3) vom Querſchnitt x abweichen:

$$Y = \frac{T_x}{n \cos \delta}, \qquad Z = -\frac{T_x}{n \cos \gamma}. \qquad 4.$$

Die Belaſtungen für die Grenzwerte von O, U ergeben ſich wie bei vollwandigen Bogen, diejenigen für die Normalſpannungen im oberſten und unterſten Querſchnittselement, wobei die Kernlinien (ſ. d.) mit den Gurtungsſchwerlinien zuſammenfallen; die Grenzwerte von Y, Z treten mit den Grenzwerten von T_x ein. S. hierüber Bogen, einfache, und [15], S. 29, 37, 39, 186. M_x, N_x, T_x aber werden ganz wie für vollwandige Bogen berechnet.

Da die vorſtehende Berechnungsweiſe ebenſowenig wie die obenerwähnte auf Grund der Zerlegung in einfache Syſteme auf Genauigkeit Anſpruch machen kann, ſo wären die zuläſſigen Beanſpruchungen bei Gitterträgern geringer als z. B. bei Fachwerkträgern einfachen Syſtems zu wählen. Selbſtverſtändlich hätte man für die gedrückten Stäbe auf die Knickwirkung Rückſicht zu nehmen, wobei die Vernietungen in den Kreuzungspunkten der Füllungsglieder günſtig wirken, da die Druckglieder und Zugglieder gemeinſam dem Ausknicken widerſtehen [9]—[12].

[14]. Engeſſer kam in Berückſichtigung dieſes Umſtandes für engmaſchige Gitterträger zu dem Reſultat, daß als freie Knicklänge (ſ. Knickfeſtigkeit) der Druckſtreben die Maſchenweite a eingeführt werden könnte, ſofern die Zugkräfte der kreuzenden Glieder durchgehends gleich oder größer als die Druckkraft des betreffenden Stabes wären, daß jedoch mit Rückſicht darauf, daß bei den üblichen Anordnungen auf der einen Hälfte der Druckſtrebe die kreuzenden Zugkräfte kleiner ſind, die Knicklänge größer als a iſt und mit mindeſtens $2\,a$ in Rechnung gezogen werden ſollte [12], S. 89. Dabei iſt mindeſtens vierfaches Syſtem vorausgeſetzt [14], S. 19, wie ja die Annahme bei doppeltem Syſtem ſelbſtverſtändlich zu ungünſtig wäre. Bei dem vierfachen Syſtem der Erlenbachbrücke (Bd. 3, S. 538) ſchien nach Verſuchen von Hauger die Maſchenweite maßgebend [16], S. 16. Auch andre bei Gitterbalken auftretende Nebenſpannungen hat Engeſſer unter gewiſſen Vorausſetzungen näherungsweiſe in Betracht gezogen. Ueber die Nietteilung von Gitterträgern ſ. [7], S. 158.

Die eiſernen Gitterbrücken kamen in Europa in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts auf, während ähnliche hölzerne Brücken ſchon zuvor in Amerika beſtanden ([1], S. 228, [8], S. 110), ja nach Basreliefs an der Trajansſäule ſchon den Römern bekannt geweſen ſein ſollen (Allg. Bauzeitung 1865, S. 11). Erſte Ausführungen in England die Eiſenbahnbrücke über den Royal-Kanal bei Dublin (1845), in Deutſchland die Eiſenbahnbrücke über die Neiße bei Guben (1846), vgl. [1], S. 229, 267. In den fünfziger Jahren folgten bedeutende Bauwerke mit Gitterträgern, wie die Weichſelbrücke bei Dirſchau [1], S. 273, die Nogatbrücke bei Marienburg [1], S. 276, die Rheinbrücke bei Köln [1], S. 277, und viele andre, von welchen ein Teil noch im Betrieb iſt, während andre infolge erhöhter Anforderungen bezüglich der Belaſtungen u. ſ. w. abgetragen werden mußten.

Literatur: [1] Heinzerling, Die Brücken in Eiſen, Leipzig 1870, S. 229, 267. — [2] Laißle und Schübler, Der Bau der Brückenträger, II, Stuttgart 1871, S. 130. — [3] Winkler, Die Gitterträger und Lager gerader Träger, 1875, S. 27, 96, 119, 190 (ausführliche Literatur über Ausführungen S. 344). — [4] v. Ott, Vorträge über Baumechanik, II, Prag 1880, S. 478; III, Prag 1893, S. 204. — [5] Müller-Breslau, Theorie und Berechnung der eiſernen Bogen, Berlin 1880, S. 69. — [6] Winkler, Theorie der Brücken, II. Theorie der gegliederten Balkenträger, Wien 1881, S. 33, 125. — [7] Weyrauch, Die Feſtigkeitseigenſchaften und Methoden der Dimenſionenberechnung von Eiſen- und Stahlkonſtruktionen, Leipzig 1889, S. 137, 158 u. ſ. w. — [8] Lang, Die Entwicklungsgeſchichte der Spannwerke des Bauweſens, Riga 1890, S. 109. — [9] Jaſinski, Recherches sur la flexion des pièces comprimées, Annales des ponts et chaussées 1894, II, S. 233 (Anwendungen auf Gitterträger u. ſ. w. S. 302). — [10] Mantel, Knickfragen, Schweiz. Bauzeitung 1895, I, S. 15, 24. — [11] Jaſinski, Zu den Knickfragen, ebend. 1895, I, S. 63. — [12] Engeſſer, Knickfragen, ebend. 1895, I, S. 89. — [13] Lukas, Die Brückenverſuche in Mumpf, Zeitſchr. f. Architektur u. Ingenieurweſen, Wochenausg. 1896, S. 180. — [14] Engeſſer, Ueber Gitterträger, Schweiz. Bauzeitung 1896, XXVIII, S. 19; 1897, XXIX, S. 24. — [15] Weyrauch, Die elaſtiſchen Bogenträger, München 1897, S. 29, 37, 186. — [16] Schüle, Belaſtungsprobe bis zum Bruche der Erlenbachbrücke der Schwarzwaldbahn, Schweiz. Bauzeitung 1900, XXXV, S. 35 (ſ. a. Hauger, 1897, XXX, S. 139). — [17] Häſeler, Der Brückenbau, I. Die eiſernen Brücken, 4. Lief., Braunſchweig 1900, S. 513. — [18] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, II. Der Brückenbau, 2. Abt., Leipzig 1901, S. 328.

Weyrauch.

Gitterwand, Scheidewand, hergeſtellt aus zwei ſich kreuzenden Lagen ſchräglaufender ſtarker Latten, auf denen der Putz aufgetragen werden kann. Dieſelbe iſt an ſich tragfähig und bedarf keiner weiteren Stütze oder Verſteifung (ſ. Gefprengt).

Ueber die Anwendung des Gitters im Altertum ſ. Semper, G., Der Stil in den techniſchen Künſten, München 1863, Bd. 2, S. 252.

Weinbrenner.

Glacé (Glanzzwirn), ſ. Zwirn.

Glacéleder, Saugziegen-(Zickel-) und Lammfelle, die mit Hilfe der ſogenannten Nahrung glacégar gemacht ſind und die nach dem Garmachen und Trocknen erſt die erforderliche Weichheit, Geſchmeidigkeit und Dehnbarkeit durch die mechaniſche Bearbeitung (Stollen) erlangt haben. Zuweilen werden auch Fohlenhäute und Hundefelle glacégar gemacht.

Die Nahrung beſteht aus einem dünnen Brei, den man durch Verrühren von Weizenmehl und Eidotter mit einer Löſung von Alaun und Kochſalz erhält; dieſelbe wird in die ſorgfältig enthaarten und gebeizten Felle mit den Füßen oder in beſonderen drehbaren Garmachtrommeln eingearbeitet. Das Glacéleder, das meiſtens gefärbt wird, findet faſt ausſchließlich zur Herſtellung von Handſchuhen Verwendung.

Pfäfflin.

Glacépapier, durch Einreiben mit Talk oder Wachsſeife hergeſtelltes, matten Glanz zeigendes Buntpapier; ſ. Buntpapierſorten.

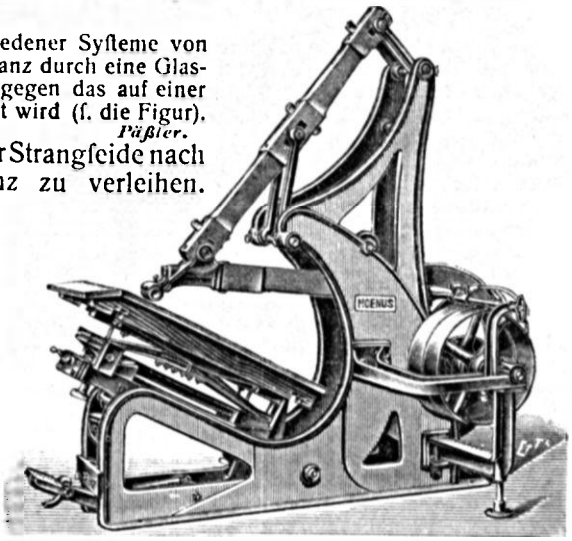
Kraft.

Glacis, ſ. Feſtungsbau.

Glänzmaſchine. Bei gewiſſen Lederarten, namentlich bei Geſchirrleder, Blankleder u. ſ. w., wird verlangt, daß dieſelben auf der Narbenſeite einen hohen Glanz beſitzen. Zur Hervorbringung desſelben bedient man ſich entweder des ſogenannten Glaſierglaſes, das aus einer in ein Heft eingelaſſenen Glasplatte beſteht und mit mehr oder weniger ſtarkem Drucke über das Leder hinweggeführt wird, oder jetzt meiſt der Glänzmaſchinen oder Glanzſtoßmaſchinen.

Es gibt eine große Anzahl verſchiedener Syſteme von Glänzmaſchinen, bei welchen allen der Glanz durch eine Glas- oder Metallrolle, die mit ſtarkem Drucke gegen das auf einer Unterlage befindliche Leder preßt, erzeugt wird (ſ. die Figur). *Päßler.*

Glänzmaſchine, bezweckt, der Strangſeide nach dem Färben einen erhöhten Glanz zu verleihen.



Glanzſtoß- und Chagriniermaſchine der Maſchinenfabrik Moenus, A.-G., Frankfurt a. M.

Sie beſteht aus einer Reihe von Pflöcken und einer Reihe darunter befindlicher Zylinder. Die erſteren können in rotierende Bewegung verſetzt werden; die letzteren erhalten bei Bewegung der Maſchine außer einer rotierenden Bewegung um ihre horizontale Achſe noch eine vertikale Verſchiebung nach auf- und abwärts. Die über die Pflöcke und Zylinder gehängten Seidenſtränge werden beim Gange der Maſchine zuſammengedreht, hierauf rückt ſich die Maſchine ſelbſttätig aus und es tritt eine Bewegung nach entgegengeſetzter Richtung ein, gleichzeitig verſchiebt ſich aber auch der Seidenſtrang um eine Strecke, ſo daß immer andre Stellen desſelben ſich aneinander reiben, zuſammendrehen und dann wieder öffnen. Durch dieſe Reibung erhält die Seide einen ſchönen Glanz. Die Stränge werden dabei geſtreckt und die einzelnen Seidenfaſern glatt nebeneinander gelegt.

Literatur: Hummel-Knecht, Färberei und Bleicherei der Geſpinſtfaſern, Berlin 1891. *Singer.*

Gläſer, natürliche oder vulkaniſche, auch Glasgeſteine (Hyalite), glasartig erſtarrte vulkaniſche Magmen.

Natürliche Gläſer von abſolut reiner Beſchaffenheit, etwa wie das künſtliche Glas, fehlen. Zunächſt ſind alle natürlichen Gläſer mehr oder minder gefärbt, gelb, braun, grün, ſchwarz. Die Färbung rührt meiſt von den Silikaten des Eiſens, Mangans u. ſ. w. her und iſt in dieſem Falle dilut, oder ſie wird durch außerordentlich fein verteilte und kleine Ausſcheidungen von Mineralien unbeſtimmbarer Natur und verſchiedenſter Form (Haar-, Stab-, Kugel-, Nadelform), auch durch Gasporen und Hohlräume winzigſter Größe erzeugt. Meiſtens ſind auch die Gläſer nicht einheitlich und gleichartig beſchaffen. Sie ſind unrein, verſchiedenfarbig, geflammt, gebändert, ſchlierig oder auch perlitiſch. Dieſe Unregelmäßigkeiten werden durch Verſchiedenheiten in der chemiſchen Zuſammenſetzung und durch das Fließen des Magmas erzeugt. Manche ſind durchaus kompakter Natur (Obſidian), andre ſind blaſig und ſchaumig aufgetrieben (Bimsſtein). — Man teilt die natürlichen Gläſer je nach der Zuſammenſetzung ein, welche die ihnen entſprechenden Eruptivgeſteine auch beſitzen, man ſpricht alſo von Trachyt-, Liparit-, Baſalt- u. ſ. w. Gläſern. Als Obſidian (Marekanit, Lavaglas, Marathonſtein) werden kieſelſäurereiche waſſerarme Gläſer der Liparite bezeichnet. Er hat zumeiſt eine ſchwarze, ſeltener braune, gelbe oder blaue Farbe, die durch kleine ſchwarze Kriſtällchen und haarförmige Gebilde (Trichite) erzeugt wird. Mitunter enthält er Einſprenglinge von Feldſpat, auch von Augit und Biotit, oder er iſt blaſig und ſchaumig. Der Obſidian von Lipari enthält 74,05 % SiO_2, 12,97 % Al_2O_3, 2,73 % Fe_2O_3, 0.12 % CaO, 0,28 % MgO, 5,11 % K_2O, 3,88 % Na_2O, 0,22 % H_2O bei einem ſpez. Gew. von 2,370. Härte 6,7. Sehr ſpröde. Der Obſidian kommt in mächtigen Strömen in der Umgebung heutiger Vulkane vor. Die techniſche Bedeutung iſt eine geringe. Man verwendet ihn zur Herſtellung von Kunſtgegenſtänden und kleinen Geräten, zu Doſen, Knöpfen, Schmuckfachen, beſonders als Trauerſchmuck. Obſidiane mit grauen oder weißen Schlieren zeigen einen hellen Schiller und werden en cabochon zu Ringſteinen verarbeitet. Man ſchleift den Obſidian mit Schmirgel auf einer Bleiſcheibe und poliert ihn mit Tripel. Die Politur erreicht einen hohen Grad von Schönheit. In der Vorzeit und bei Naturvölkern der Gegenwart wurde Obſidian zur Herſtellung von Schneidwerkzeugen (Meſſer, Lanzenſpitzen) gebraucht. Moldawit oder Bouteillenſtein (Pſeudochryſolith) wird ein dunkelolivengrünes Glas bezeichnet, das in Knollen mit runzlicher Oberfläche in Sanden bei Budweis in Böhmen gefunden wird. Das Geſtein ähnelt in ſeiner Zuſammenſetzung dem Obſidian, iſt aber vollſtändig durchſichtig, rein und ohne Ausſcheidungen. Die Frage, ob der böhmiſche Moldawit tatſächlich ein natürliches Geſtein und nicht ein Kunſtprodukt, ein Glasfluß, ſei, iſt noch nicht entſchieden. Der Moldawit wird wegen ſeiner ſchönen Färbung geſchliffen und als Schmuckſtein verwendet. Tachylyt, Hydrotachylyt, Hyalomelan wird ein Baſaltglas bezeichnet, das nur eine ſehr untergeordnete Bedeutung beſitzt. *Leppla.*

Glätte (Minium, Silberglätte), eine Bleiverbindung PbO, die in den keramiſchen Induſtrien viel zur Anwendung gelangt, um Glas oder Glaſuren herzuſtellen. Das Bleioxyd bildet nämlich mit Kieſelerde leicht ſchmelzende Silikate, denen durch Zugabe von färbenden Metalloxyden prächtige Farbenwirkungen gegeben werden können; ſ. Blei, Glas, Glaſuren, Tonwaren. *Dümmler.*

Glättegaſſe, ſ. Silber.

Glätten, eine in den verſchiedenſten Induſtrien und Gewerben, namentlich zur Verſchönerung und Vollendung der Produkte in Anwendung kommende Arbeit, durch die ein mehr oder weniger ſtarkes Reflektieren des einfallenden Lichtes, d. h. verſchiedenartiger Glanz bezweckt wird. Die Methoden zur Durchführung dieſer Arbeit ſind namentlich von den phyſikaliſchen Eigenſchaften des zu glättenden Materials abhängig. *Kraft.*

Glättmaſchine (Satinierwerk, Glättwerk, Kalander), eine zum Glätten des Papiers, aber auch in andern Induſtrien zum Glätten der verſchiedenſten Produkte häufig in Anwendung gebrachte, gewöhnlich aus mehreren wagerecht übereinander angebrachten Walzen beſtehende Maſchine; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Glättpreſſe, dient in der Buchdruckerei vorzugsweiſe zum Glätten bedruckten Papiers, um das Relief, das es durch den Eindruck der Typen empfangen, die ſogenannte „Schattierung“, wieder zu entfernen; ſie wird auch als Packpreſſe benutzt, um größere Quantitäten Papier ſcharf zuſammenpreſſen und für die Verſendung oder Aufbewahrung verſchnüren zu können. Sie kann durch Hand-, motoriſche oder auch durch hydrauliſche Kraft in Tätigkeit geſetzt werden und richtet ſich dies nach der Größe und der beabſichtigten Leiſtung.

Die Preſſe beſteht in der Regel aus einem Fußſtück, auf dem zwei oder vier Säulen ein kräftiges Kopfſtück tragen, das von dem Muttergewinde einer ſtarken Preßſpindel mit flachem Gewinde durchbohrt wird. Am unteren Ende dieſer Spindel befindet ſich die die Preſſung ausübende, durch eiſerne Querrippen verſteifte Platte (Tiegel); oberhalb der letzteren ſitzt an der Spindel ein Schneckenrad, das durch einen langen Hebel mit endloſer Schraube bewegt wird, auch Handgriffe zu direktem Antrieb beſitzt. Die Handgriffe dienen zum raſchen Tiefdrehen des Tiegels bei Packen von geringer Höhe, in welchem Falle die endloſe Schraube ausgerückt und die Spindel alsdann raſch herabgedreht werden kann. Bei leichteren Preſſen iſt die Schneckenbewegung durch ein einfaches, an der Spindel angebrachtes Schlagrad erſetzt.

Eine in Amerika und England ſehr beliebte Glättpreſſe iſt die Boomerpreſſe, die mit Doppelknien oberhalb des Tiegels verſehen iſt. Die Kniehebel ſitzen auf einer horizontal gelagerten Schraubenſpindel, die entweder durch Armkraft vermittelſt eines Handrades oder mittels Kettenrades für mechaniſchen Antrieb in Bewegung geſetzt werden kann, wodurch die Geradſtellung der Knie bewirkt und die Preſſung ausgeübt wird. Die Kraft des Druckes wird durch eine Zeigerſkala kontrolliert. Ein Sperrhebel greift in das Sperrad der Spindel ein und gibt ihr noch kleine Drehungen, wenn das Handrad eine weitere Druckausübung nicht mehr zuläßt. — Bei der in Deutſchland üblichen Kniehebelpackpreſſe wird die untere Platte durch ein Kniegelenk, der Preßtiegel durch Kegelrädertrieb bewegt, was eine ſehr raſche Manipulation ermöglicht. — Bei den motoriſch betriebenen Glättpreſſen geſtatten eigne Vorrichtungen ſehr raſchen Tiegelhub nach erfolgter Preſſung und Auslöſung in höchſter Tiegelſtellung.

Bei den hydrauliſchen Preſſen wird der Tiegel von unten gegen den Preßkopf gedrückt. Die Waſſerpumpen, durch Handkraft oder motoriſch betrieben, ſind zumeiſt mit zwei (auch drei und vier) Kolben ausgeſtattet. Der größere wird bei einer gewiſſen erreichten Spannung (z. B. bei 50 Atmoſphären), der kleinere nach Erzielung des Maximaldruckes ſelbſttätig zur Ruhe gebracht. Da das zwiſchen Glanzpappen (Preßſpäne) eingelegte Papier zur völligen Glättung ſtundenlanger Druckeinwirkung bedarf, benutzt man, um die hydrauliſche Glättpreſſe raſch von neuem beſchicken zu können, ſogenannte Einfuhr- oder Fangpreſſen. Der zu preſſende Papierſtoß wird in dieſe aus zwei mit Stangen (Säulen) verbundenen Platten beſtehenden Hilfspreſſen gebracht, die letzteren auf Schienen in die Glättpreſſe eingefahren und dieſe in Tätigkeit geſetzt. Während der Preſſung werden die Platten der Fangpreſſe durch Schrauben fixiert, worauf ſie ſofort ausgefahren werden kann. Vgl. die Kataloge von Karl Krauſe und Chr. Manſfeld in Leipzig. *A. W. Unger.*

Glanzchevreaux, glacégare oder chromgare Ziegenfelle, die nach dem Färben getrocknet und zugerichtet werden und danach auf der Glanzmaſchine einen hohen Glanz erhalten. Dieſe Lederſpezialität wird faſt ausſchließlich für Beſchuhungszwecke verwendet. *Pfaller.*

Glanze oder Galenoide, in der Mineralogie die Schwefel-, auch Selen- und Tellurverbindungen von Blei, Kupfer, Silber, Wismut, Antimon und Molybdän. Es ſind durchweg dunkle, metallglänzende Minerale von geringer Härte (2,5—3).

Glanzgaze, Baumwollengaze, die durch einen mit Hauſenblaſeauflöſung oder dergl. gemachten Ueberzug wie gefirnißt erſcheint, wird zum Bedecken von Bildern, Stickereien u. ſ. w. verwendet. S. Weberei. *E. Müller.*

Glanzgold, wie Glanzplatin, Glanzſilber Dekorationsfarbe der keramiſchen Induſtrie, die als Erſatz für echte Feuervergoldung u. ſ. w. angewendet werden kann; ſ. Farben, keramiſche. *Dümmler.*

Glanzgrün, ſ. Berggrün.

Glanzhammer, Polierhammer, Hammer mit einer einzigen kreisrunden, kugelabſchnittförmigen, feinpolierten Bahn zur Herſtellung glatter und glänzender Flächen.

Glanzkobalt, ſ. v. w. Kobaltglanz (ſ. d.).

Glanzkrumpe, in der Tuchfabrikation die Milderung allzu ſtarken Glanzes durch Dekatieren (ſ. d. und Tuchfabrikation). *Kraft.*

Glanzleinwand, loſe gewebte, mit Stärke-, Gummi- oder Hauſenblaſelöſung ſtark appretierte und kalandrierte glänzende Leinwand, die als ſteifes Futter (Futterkattun) verwendet wird.

Glanzmaſchine, ſ. Glänzmaſchine.

Glanzſchleifen, Polieren, ſchleifen mit Poliermitteln bis zu dem Maße, daß ſpiegelglatte Flächen entſtehen, durch Wegnahme der feinen Unebenheiten an der Oberfläche der Werkſtücke.

Glanzſtärke, Stärke mit einem Zuſatz von 3—5% Stearinſäure, welche beim Plätten ſchmilzt und die Wäſche glänzend macht.

Glanztaft, mit Gummi ſtark appretierter und geglätteter leichter Taftſeidenſtoff.

Glanzweiß, kieſelſaure Magneſia in Form von Talkum.

Glanzzwirn, baumwollener Nähzwirn, der durch äußerſt regelmäßiges Aufſpulen auf einer beſonderen Maſchine ſtarken Glanz erhalten hat.

Glas, vollkommen amorphe Maſſe, im weſentlichen aus Verbindungen der Kieſelſäure mit mindeſtens zwei Baſen (an Stelle der Kieſelſäure tritt auch Borſäure oder Fluor, neben die Baſen auch Baryt und die Oxyde von Thallium, Wismut, Zink, ferner Eiſen, Blei u. ſ. w.) beſtehend. Die Herſtellung des Glaſes iſt ſchon ſeit den älteſten Zeiten bekannt; es iſt jedoch nicht nachweisbar, wo und wann es zuerſt bereitet worden iſt [1].

Die älteſten Gläſer ſtammen aus Aegypten, wo die Kunſt Glas zu ſchmelzen und zu blaſen, eine verhältnismäßig hohe Stufe erreicht hatte. Die weſentlichen Beſtandteile des Glaſes, wie auch die färbenden Zuſätze, ſind heute noch dieſelben geblieben wie in den älteſten Zeiten, nämlich Kieſelſäure, Kalk ſowie Alkalien, und zwar in den beiden Formen Kalium und Natrium; außerdem enthält faſt jedes Glas Tonerde in wechſelnden Mengen. Die Rohſtoffe, mittels welcher die genannten Grundbeſtandteile in das Glas eingeführt werden, haben entweder, wie der Sand und Kalk, nicht gewechſelt oder ſie ſind zufolge der Entwicklung der chemiſchen Großinduſtrie andre geworden, was beſonders von den Alkalien gilt. Die färbenden Mittel ſind, wie vor alters, Metalloxyde, zum Teil ſind ſie auch organiſcher Natur. Da zum Glasſchmelzen ein hoher Hitzegrad benötigt wird, zu deſſen Erzeugung den älteſten Völkern die entſprechenden Einrichtungen fehlten, ſo war hierdurch die Entwicklung der Glaserzeugung eine dem niederen Stand der damaligen Feuerungstechnik entſprechend beſchränkte; erſt mit den heutigen Fortſchritten jener ließ ſich die hohe Stufe der jetzigen Vervollkommnung erreichen.

Rohmaterialien. Der Hauptbeſtandteil (bis zu 75%) eines jeden Glaſes iſt Kieſelſäure, wobei wir von ſolchen Gläſern abſehen, in welchen Borſäure und Phosphorſäure an ihre Stelle treten. Zu allen Glasſorten, die auf dem Wege der Maſſenerzeugung hergeſtellt werden, wie Tafel-, Flaſchen-, Hohlglas, wird die Kieſelſäure in Form von Sand in das Glas eingeführt, auch für die Erzeugung feinerer Glasſorten bildet der Sand das hauptſächlichſte Rohmaterial, gegenüber welchem der ſchwer zu zerkleinernde Quarz und Feuerſtein an Bedeutung zurücktreten. Der Reinheitsgrad des Sandes wird bedingt durch den Verwendungszweck, dem die herzuſtellende Glasart dienen ſoll. Beſſere Glasſorten erfordern einen von färbenden Beſtandteilen und zwar vor allem von Eiſenoxyd möglichſt freien Sand. Die reinſten Sande kommen vor in der Umgebung von Hohenbocka in der Lauſitz mit 99,93% Kieſelſäure und 0,0139% Eiſenoxyd ferner in der Kampine in Belgien mit 99,37% Kieſelſäure und 0,003% Eiſenoxyd, wie auch in einigen andern Gegenden Deutſchlands, ſo bei Herzogenrath und Rhoisdorf in den Rheinlanden. Der feine, reine Glasſand iſt ein ſelten vorkommendes, ſehr geſchätztes Material, das den Glashütten für feine Glasſorten oft aus großer Entfernung zugeführt werden muß, was z. B. für Oeſterreich-Ungarn gilt, wo es an Sanden von entſprechender Reinheit fehlt, und wohin aus der Gegend von Hohenbocka eine Einfuhr von Tauſenden Waggonladungen jährlich ſtattfindet [2]. — Mehr oder weniger eiſenhaltiger Glasſand findet ſich in allen Oberflächenſchichten des Tertiärs Deutſchlands verbreitet, und dient erſterer je nach der Höhe ſeines Eiſengehaltes zur Herſtellung obengenannter Maſſenartikel, bei denen eine von ihrem Verwendungszweck abhängige geringe Grünfärbung, die erſt in dicken Glasſchichten dem Auge deutlich erkennbar wird, zuläſſig erſcheint, wie bei dem Tafel- und Weißhohlglas. Zur Fabrikation des gewöhnlichſten Rohglaſes, wie der Flaſchen und Ballons, hingegen dienen eiſenſchüſſige Sande, ja oft müſſen bei zu geringem Eiſengehalte des Sandes zwecks Hervorbringung des hier erwünſchten, ja erforderlichen grüngelben Farbentons dem Glasgemenge Zuſchläge von Roteiſenſtein und Braunſtein gegeben werden. Unſre bedeutendſten Flaſchenfabriken aber, die zum Erſatz des teuern Glauberſalzes zwecks Einführung der Alkalien vulkaniſche Geſteine, wie Pechſtein, Trachyt und Phonolith, verwenden, führen auf dieſe Weiſe einen bedeutenden Anteil der erforderlichen Kieſelſäure in das Glas ein. Abgeſehen von England und einigen andern Ländern, wo entweder von alters her übernommene Gewohnheit mitſpricht oder wo es an geeigneten Sanden fehlt und

daher Feuerſtein oder Quarz die benötigte Kieſelſäure liefern, dürfte allgemein der Sand die zur Einführung von Kieſelſäure benutzte Form ſein. Die Anwendung von vulkaniſchen Geſteinsarten iſt beſchränkt auf die Herſtellung gewöhnlichen Hohlglaſes und ausgeſchloſſen bei der Erzeugung ſolcher Glasarten, deren Verwendungszweck eine mehr oder weniger große Farbloſigkeit wie beim Tafelglas vorausſetzt. Bei der Verwendung von vulkaniſchen Geſteinsarten wird nicht nur ein geringerer Aufwand von Brennmaterial erzielt, weil lediglich die zum Schmelzen der Silikate erforderliche Wärme aufgewendet werden muß, der zur Silikatbildung nötige Wärmeaufwand aber fortfällt, ſondern es werden auch die Umfaſſungswände der Glaswanne geſchont und eine erheblich längere Dauer der letzteren erzielt. Dabei hat ſich die Grünhohlglasinduſtrie auf die Anwendung natürlicher Silikate beſchränkt oder hat auch hier und da Hochofenſchlacke als Zuſchlag zum Glasgemenge benutzt. Dieſes erſcheint jedoch weniger vorteilhaft in Hinſicht auf den geringen Alkaligehalt jener, der bei den vorerwähnten vulkaniſchen Geſteinsarten zwiſchen 11—14% ſich bewegt und eine beträchtliche Erſparnis gegenüber der Benutzung des Glauberſalzes bedeutet. Es iſt indeſſen ein völliger Erſatz des letzteren durch jene deshalb nicht zuläſſig, weil der ſo gewonnene Glasfluß wegen ſeiner Anreicherung an Tonerde derartig zähflüſſig werden würde, daß die Verarbeitung auf Schwierigkeiten ſtoßen müßte. Anderſeits iſt eine Anreicherung des Glaſes an Tonerde erwünſcht, weil es an Zähigkeit und Haltbarkeit [3] gewinnt; es hängt ſomit die Höhe des Zuſatzes an jenen Geſteinen ab von der Möglichkeit, den Glasfluß — das Rohmaterial des Glasmachers — noch genügend raſch verarbeiten zu können, was weiterhin abhängig erſcheint von der in den Glasöfen erreichbaren Schmelzhitze.

Kalk kommt entweder als natürlicher kohlenſaurer Kalk, d. h. als Kreide, Mergel, roher Kalkſtein, oder aber und zwar ſeltener als gebrannter oder zerfallener Kalk in Anwendung. Im erſteren Fall wird die zum Austreiben der Kohlenſäure erforderliche Wärmemenge der Glasofen hergeben müſſen, welcher Wärmeaufwand im andern Falle bereits ſeitens des Kalkbrennofens geleiſtet worden iſt. Eine Durchmiſchung des in der Bildung begriffenen Glasfluſſes durch die nach der Oberfläche zu entweichenden Kohlenſäureblaſen iſt in Hinſicht auf ſeine Homogeniſierung unter Umſtänden ſehr nützlich. Die natürlich vorkommenden kohlenſauren Kalkſteine verhalten ſich hinſichtlich ihrer Zerlegbarkeit in der Glasſchmelze ebenſo verſchieden wie beim Brennen im Kalkofen, und können durch Benutzung ungeeigneter Kalkſorten die Ofenanlagen in ganz kurzer Zeit einer frühzeitigen Zerſtörung ausgeſetzt werden. Aus dieſem Grunde und wegen der bereits natürlich vorhandenen feinen und lockeren Verteilung, die dem dichten natürlichen Kalkſtein auf dem Wege der mechaniſchen Zerkleinerung nicht in gleichem Maße gegeben werden kann, greift die Maſſenfabrikation der Glasinduſtrie zur Verwendung von Kalktuff, mergeligen Kalkarten, wie Wieſenmergel, die überdies oft den Vorteil haben, in das Glas Tonerde einzuführen, die beſonders dort willkommen iſt, wo örtliche Verhältniſſe die Einführung ſolcher in Form tonhaltiger Sande oder feldſpathaltiger Geſteinsarten nicht zulaſſen. Die Herſtellung völlig farbloſer Gläſer in ihren verſchiedenen Verwendungszwecken bedingt jedoch die Einführung des Kalks als reinſten natürlichen Kalkſpat oder gefällten kohlenſauren Kalk. Für manche Zwecke, bei denen es darauf ankommt, dem Glaſe einen erhöhten Glanz zu verleihen, oder wo es gilt, ihm beſtimmte für ihr chemiſches und phyſikaliſches Verhalten erforderliche Eigenſchaften zu geben, erſetzt man den Kalk durch Baryt, den man als Witherit oder als gefällten kohlenſauren Baryt, wie letzterer bei der Zerlegung von Schwefelbaryum durch Kohlenſäure gewonnen wird, anwendet. Der Erſatz der Karbonate der alkaliſchen Erden durch die entſprechenden Sulfate erſcheint deshalb unzweckmäßig, weil die Zerlegung durch Kieſelſäure ſelbſt unter Zuſatz von Kohle eine unvollkommene iſt und ſich ein Bruchteil der Sulfate der Aufſchließung entzieht, um ſich als Galle auf dem Glasfluß abzuſcheiden [4].

Die Alkalien wurden in früheren Zeiten entweder in roheſter Form, nämlich als Buchenaſche, ſpäter in der hieraus gewonnenen Pottaſche, aber auch als Kochſalz und als natürlich vorkommende Soda (Barillaſoda) ſowie als Pflanzenſtein [5] der Salinen dem Glasgemenge zugeſetzt. Die Anwendung der Pottaſche iſt zur Herſtellung der Kaliglaſer, ſo zur Erzeugung von ſogenanntem Halbkriſtall, noch heute erforderlich. Die Einführung von Natrium in Geſtalt des Kochſalzes, wie ſie in manchen rückſtändigen Glashüttenbetrieben noch hier und da geſchieht, iſt die denkbar unvorteilhafteſte. Der größte Teil des Kochſalzes entzieht ſich nämlich der Zerlegung mit nachfolgendem Eingehen des Natriums in den Glasfluß, weil Kochſalz bereits bei 780° vergaſt und ſo gar keine Gelegenheit findet, ſein Natrium dem Glaſe zukommen zu laſſen. Erſt die Weiterentwicklung der Sodainduſtrie ermöglichte eine beträchtlichere Verwendung der Soda in der Glasinduſtrie, und wird noch heute in der Glasinduſtrie der Vereinigten Staaten Nordamerikas allgemein Soda benutzt, während in Europa bereits ſeit Mitte des vorigen Jahrhunderts das billigere Glauberſalz an ihre Stelle getreten iſt. Bleioxyd wird in Form von Mennige, dem reinſten der Oxyde, für die hochfeinen, helliklingenden Trinkgläſer und für die Erzeugung von böhmiſchem Kriſtallglas angewandt.

Entfärbungsmittel. Die Glasmaſſe zeigt ſelbſt bei reinen weißen Sanden im Falle des geringen Eiſengehaltes einen mehr oder weniger gelbgrünen Farbenton. Um letzteren möglichſt zu beſeitigen, fügt man zur Kompenſation Mittel hinzu, die jenen bis zur Farbloſigkeit ausgleichen. Seit alters her diente als ſolcher Braunſtein; da aber leicht das nachträgliche Auftreten eines ſchwach violetten Farbentons in mit erſterem entfärbtem Glas auftritt, verwandte man Nickelverbindungen, die indeſſen wieder den Nachteil aufweiſen, daß das hiermit entfärbte Glas leicht einen grauen Farbenton erhält. Beide Mittel ſind ſeit den letzten Jahren durch die Anwendung von Selenverbindungen in den Hintergrund gedrängt worden, oder es wird, um die Menge des zuzuſetzenden Selens möglichſt gering zu halten, die Entfärbung bis zu einem gewiſſen Grade mit Braunſtein oder Salpeter bewirkt und mit Selen vollendet. Auch der weiße Arſenik dient ſeit alters her als Reinigungsmittel. Er klärt, ſchönt die Glasmaſſe, verflüchtigt ſich vollſtändig und wird, wie auch der Braunſtein, von den alten Glasmachern „Glasmacherſeife“

genannt. Das Antimon dient in Form von grauem Schwefelantimon, noch beſſer als Antimonoxyd, weniger als Entfärbungsmittel als zum Zweck, dem Glaſe einen hohen Oberflächenglanz, den auch die Selenverbindungen [6] bewirken, zu verleihen.

Flußſpat wird in ziemlich großen Mengen beſonders in der Flaſchenfabrikation dem Gemenge als Flußmittel zugeſetzt. Nach Benrath ſetzt ſich der Flußſpat während des Schmelzprozeſſes in folgendem Sinne mit der Kieſelſäure des Sandes um: $SiO_2 + 2(CaFe_2) = SiFe_4 + 2CaO$. Letzteres geht in dem Glasfluß ein, während $SiFe_4$ mit den Abhitzegaſen in dichten weißen Nebeln entweicht.

Die Anfertigung des Gemenges, d. h. die Miſchung der Rohmaterialien, erfolgt in der Gemengeſtube bezw. dem Gemengehauſe der Glasfabriken im Sinne der heutigen Entwicklungsſtufe. Dem Gemenge wird ein Gemengeſatz zugrunde gelegt, der das für den jeweiligen Zweck richtige Miſchungsverhältnis der Rohmaterialien darſtellt. Kleine Betriebe behelfen ſich mit den einfachſten Hilfsmitteln zur Vornahme der Miſchung, die dann von Hand geſchieht.

Die moderne Großinduſtrie des Glasgewerbes wendet zur Zerkleinerung der Rohmaterialien und zur Bereitung des Gemenges die Hilfsmittel unſrer heutigen Zerkleinerungstechnik an und bedient ſich zur Miſchung der paſſend zerkleinerten Rohmaterialien mancherorts auch mechaniſch betriebener Abmeßvorrichtungen und Miſchtrommeln. Je größere Anſprüche an eine Glasart hinſichtlich Farbloſigkeit und Homogenität geſtellt werden, um ſo feiner müſſen die Rohmaterialien pulveriſiert und um ſo inniger müſſen ſie durchmiſcht werden. Selbſt in größeren Betrieben, z. B. in denen der Aktiengeſellſchaft für Glasinduſtrie vorm. Fr. Siemens in Dresden, ſind die Gemengehauseinrichtungen rückſtändig und nicht dem heutigen Stand der Technik entſprechend.

Die Glasöfen und der Schmelzvorgang [7]. Das Schmelzen des Gemenges erfolgt in den ſogenannten Glasöfen, die im weſentlichen mit den Flammöfen (vgl. a. Oefen, metallurgiſche) identiſch ſind. Die Glasſchmelzhäfen ſtehen in freiem Ofenraum auf ſogenannten Bänken und werden ſo vom Feuer rings umſpült, das über deren Oberfläche hinweg ſchlägt und ſodann durch die über jedem Hafen in der Ofenwand angebrachten Arbeitslöcher direkt, ohne den Schornſtein zu paſſieren, in den Hüttenraum gelangt. — Die ſogenannten Hafenöfen ſind im Grundriß entweder kreisförmige oder oblong geſtaltete, durch eine Gewölbedecke geſchloſſene Schmelzräume, auf deren Sohle ein Stabroſt mit weit voneinander ſtehenden Stäben ruht. Zur Seite des Roſtes ſtehen auf den Bänken die Schmelzhäfen, dicht aneinander und ſo geordnet, daß die Feuergaſe ſie intenſiv umſpülen. Die Decke hat vom Feuer viel auszuhalten; ihr Geſtein darf nicht abbröckeln, ſonſt verunreinigt es die Glasmaſſe. Am zweckmäßigſten ſtellt man ſie daher aus Schamottemaſſe oder aus Dinasſtein her.

Einen der weſentlichſten Punkte des Hüttenbetriebes bildet die Beſchaffenheit der Häfen; ſie müſſen lange im Ofen aushalten, dürfen weder ſpringen noch von dem ſchmelzenden Gemenge chemiſch angegriffen werden. Man ſtellt ſie aus ſogenannter Schamottemaſſe her, einem Gemiſch aus möglichſt feuerfeſtem Ton (z. B. von Großalmerode) und gepulverten Scherben alter Häfen. Sie werden von Hand gefertigt und höchſt ſorgſam an warmer Luft getrocknet, worüber oft bis ein Jahr verſtreicht. Die Häfen werden kurz vor dem Gebrauch in einen beſonderen Anwärmeofen zum Glühen und dann glühend in den Glasofen gebracht, eine ſehr ſchwierige, größte Umſicht erfordernde Arbeit. Die Häfen faſſen in den gewöhnlichen Hohlglashütten 40—70 kg Glasmaſſe. Weſentlich größer iſt der Inhalt der Häfen für Fenſterglas, vor allem für die Schmelzung und Gießung des Spiegelglaſes. Von den Häfen mittlerer Größe pflegen die gewöhnlichen Glasöfen 6—10 zu bergen. — Wie ſchon oben bemerkt, ſind die Häfen der Regel nach offen; die Flamme beſtreicht auch die Glasoberfläche, entweicht dann aus dem Arbeitsloch. Da dieſe Gaſe das Bleiglas ſchwärzen (reduzieren) würden, ſo muß man die Schmelzgefäße für die genannte Glasſorte durch helmartige Aufſätze überdecken.

Das Gemenge wird bei den Hafen- ſowie den Wannenöfen partienweiſe eingetragen. Dazu dienen Schaufeln aus ſtarkem Blech. — Das von der heißen Schmelzgefäßwand berührte Gemenge beginnt alsbald zu erweichen und unter ſtarkem Schäumen zu ſchmelzen. Man füllt, wenn letzteres nachgelaſſen, die Reſtpartie allmählich nach. Alsbald kommt die ganze Maſſe in ſchäumenden Fluß und ſteigt oft bis zum Tiegelrande. Das Schäumen wird bewirkt durch die aus dem Gemenge entweichenden Dämpfe und Gaſe. Nach und nach mindert ſich das Schäumen, die Schmelze beruhigt, klärt ſich. Kleinere Blaſen bekunden die baldige Endigung der chemiſchen Vereinigung der Kieſelſäure mit dem Kalk und dem Alkali. In dieſem Stadium hat man die Ofenhitze möglichſt zu ſteigern, damit das Glas tunlichſt dünnflüſſig wird, auch die feinen Blaſen entläßt, durchſichtig, „blank“ wird. Häufig taucht man bei dieſem Stadium eine Kartoffel ein; die entwickelten brauſenden Dämpfe ſammeln die kleinen Blaſen und entweichen mit ihnen. Man nennt dies Polen oder auch Blaſen. — Eine bei reinen Materialien verſchwindend kleine Oberflächenhaut unreinen Glaſes, die ſogenannte Glasgalle, wird abgenommen. — Nachdem das Blankſchmelzen erreicht iſt, mindert man das Feuer (Kaltfchüren, Abſtehen), bis die Maſſe Sirupkonſiſtenz angenommen hat, weil das dünnflüſſige Glas, wegen zu geringer Anhaftung an der Pfeife, ſich nicht verarbeiten läßt. Nun erſt beginnt das ſogenannte Ausarbeiten, die Arbeit der Bläſer. Sie verlaſſen den Arbeitsplatz erſt nach totaler Entleerung der Häfen.

So hervorragend die Vervollkommnungen ſind, welche die Glasinduſtrie auf ihren verſchiedenen Gebieten im Laufe der letzten Jahrzehnte erfahren hat, ſo wenig haben ſich die Vorrichtungen zur Bereitung der Glasmaſſe ſelbſt ſeit Einführung der Regenerativgasfeuerung durch Fr. Siemens in den ſechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts geändert. Dieſes Verfahren benutzt bekanntlich einräumige Luft- und Gaserhitzer unter wechſelweiſer Flammenführung, während außerdem auch zweiräumige Lufterhitzer — Rekuperatoren — unter Anwendung konſtanter Flammenführung ohne gleichzeitige Vorwärmung des Gaſes durch Nehſe, Ponſard, Rénard, Lürmann, Dralle u. a. eingeführt wurden. Während letzteres Verfahren ſeltener zur Beheizung von Hafenöfen benutzt wird und meiſt nur an Wannen Anwendung findet, wird

das Regenerativgasſyſtem hauptſächlich auch zur Beheizung von Hafenöfen verwendet und hat ſomit eine weit ausgebreitetere Anwendung erfahren, die ſich wie 6:1 gegenüber dem Rekuperativſyſtem verhält. — Bei richtiger Konſtruktion und Behandlung der Anlage eignet ſich indeſſen das Rekuperativſyſtem ebenſogut für den Betrieb von Hafenöfen als das Regenerativſyſtem. Die Bedeutung der Einführung der Gasheizung in die Glasinduſtrie beruht neben der beträchtlichen Brennſtofferſparnis, die ſich für Steinkohlen gegenüber der direkten Feuerung wie 1:3 im Mittel ſtellt, in der Möglichkeit, den Behältern zur Herſtellung der Glasmaſſe, indem man den Ofenherd ſelbſt als Behälter der ſchmelzenden Maſſe benutzte, bedeutend größere Dimenſionen geben zu können, und wurde ſo der Anlaß, kontinuierlich arbeitende Glaswannen zu ſchaffen, die geeignet ſind zur Herſtellung ſolcher Mengen Glasmaſſe, wie ſie die Fabrikation von Maſſenartikeln, wie Flaſchen und Fenſterglas, erforderlich machen. Auf dieſem Standpunkt der Entwicklung ſind die Heizanlagen der Glasinduſtrie ſtehen geblieben, und ſtellt die Beſchaffenheit des Glaſes der Anwendung ſolcher Feuerungsvorrichtungen, die eine beſſere Ausnutzung des Heizwertes der Brennſtoffe geſtatten, Schwierigkeiten entgegen, die nicht leicht zu überwinden ſind. — Ueber das Regenerativſyſtem von Siemens ſ. Feuerungsanlagen, S. 14—15. — Ob es in ähnlicher Weiſe gelingen wird wie in der Eiſeninduſtrie, die Dienſte der Elektrizität der Schmelztechnik des Glaſes nutzbar zu machen, und zwar zur Erzeugung von Maſſenartikeln, erſcheint ſehr fraglich.

Wie ſchon erwähnt, nimmt das urſprünglich von Fr. Siemens erſonnene Regenerativſyſtem in ſeiner Anwendung auf die Glasöfen die größte Verbreitung in Anſpruch. Das in den Gaserzeugern bereitete Schwelgas wird zunächſt in die Wärmeſpeicher geleitet, um ſich bis auf die Temperatur der glühend heißen Gitterſteine, mit welchen jene ausgeſetzt ſind, zu erwärmen, um dann durch eine Anzahl bei dieſem Wannenſyſtem an den Längsſeiten der Schmelzwanne angeordnete Brenner in die letzteren zu treten, nachdem es ſich kurz vor dem Eintritt in die Wanne mit der zur Verbrennung nötigen Luft, welche zuvor auf gleiche Weiſe in einem andern Wärmeſpeicher erwärmt worden iſt, gemiſcht hat. Die heißen Verbrennungsgaſe entweichen aus einer Anzahl gegenüber auf der andern Längsſeite der Schmelzwanne befindlichen Abhitzefüchſen nach einem zweiten Syſtem von Wärmeſpeichern und erhitzen die darin befindlichen kalten Steine, die durch paſſende Umſtellung des Gas- und Luftſtroms Gaſe und Verbrennungsluft wieder erhitzen, bei welchem Vorgang dieſesmal die Abhitzefüchſe und Brenner der Wanne im umgekehrten Sinne dienen. Die Glaswanne ſelbſt wird gebildet aus einer Ofenſohle, beſtehend aus $^3/_4$—1 m im Geviert großen und 25—30 cm ſtarken Schamotteblöcken, und zwar iſt die Glaswanne über den unter Flur liegenden Wärmeſpeichern angeordnet. Auf dem durch Kühlkanäle von unten kalt zu haltenden Wannenboden baut ſich die aus $^1/_2$ m breiten Blöcken, die wie das geſamte Wannenmaterial aus hochfeuerfeſtem Schamotte beſtehen, gebildete Umfaſſungswand auf. Letztere iſt bei den Flaſchenglaswannen 1 m, bei den Fenſterglaswannen aber $1\,^1/_4$—$1\,^1/_2$, ja bei den von Gobbe errichteten bis zu 2 m hoch, ſo daß bei einer äußeren Länge von 10—12 m und einer Breite von 5—7,5 m die Flaſchenglaswannen 120—180 t Glas, die Fenſterglaswannen aber bei der ſchon erwähnten Tiefe und einer äußeren Breite von 3,5—5 m und einer Länge von 20, ja — in den Vereinigten Staaten von Nordamerika — bis 30 m und darüber, bis 700 t Glas faſſen. Ueberſpannt wird dieſer gewaltige Ofenraum von einem nur 25 cm ſtarken flachen Gewölbe aus Dinaſſteinen, das ſeitlich von mächtigen feuerfeſten Widerlagſteinen getragen wird. Dieſe ſind eiſernen Konſolen aufgelagert, die an den die Längsſeiten der Wannen umfaſſenden, zur Verankerung des Gewölbes dienenden I-Trägern feſt verſchraubt ſind, ſo daß ſeitlich das flache, eine je nach dem Verwendungszweck der Glaswanne 3,5—8 m Spannweite aufweiſende Gewölbe feſt darin eingeſpannt erſcheint, während es, den Arbeitsraum, aus dem — wie wir unten ſehen werden — das Glas ſeitens der Glasmacher entnommen wird, kuppenförmig überwölbend, vorn von den die Schaff- oder Arbeitslöcher einfaſſenden Schamotteſteinen getragen wird. Während nun die randvoll mit Glas gefüllte Wanne ununterbrochen durch die bei dem Regenerativſyſtem ſeitlich angeordneten Brenner, die bei den nach dem Regenerativſyſtem errichteten Glaswannen an der dem Arbeitsraum entgegengeſetzten Schmalſeite der Stirnwand der Wanne liegen, beheizt wird, derart, daß aus den Brennern durch vorherigen Luftzutritt bis auf 950° C. erhitzte Luft zum Schwelgas entſtandene Gasflammen treten, in gewaltigem Zuge den Raum zwiſchen Glasſpiegel und Ofengewölbe durcheilen, um dann aus den Abhitzefüchſen zu entweichen, wird ſeitens der Glasmacher mittels der Pfeifen ſtändig Tag und Nacht das feurigflüſſige Glas der Arbeitswanne zur Weiterverarbeitung entnommen. Auf der Oberfläche des Glaſes, $^2/_3$ darin eintauchend, ſchwimmen hinter den Schafflöchern etwa $^3/_4$ m lange und $^1/_2$ m breite nachenförmige, wie das Ganze in Weißglut befindliche Schamottebehälter, „die Schiffchen“, aus denen die Glasmacher die Glaspoſt entnehmen. An Stelle der Schiffchen dienen auch, ſo bei den Fenſterglaswannen, bis 1 m im Durchmeſſer aufweiſende, auf dem Glas ſchwimmende Schamotteringe oder Kränze. Das Glas ſtrömt, dem hydroſtatiſchen Zuge folgend, der durch das beſtändige Herausarbeiten entſteht, in das Schiffchen durch eine an ſeiner Rückſeite gelaſſene Oeffnung, paſſiert noch einen oder mehrere Stege und erfährt ſo eine innige Durchmiſchung, ehe es zur Verarbeitung gelangt. Bei den Flaſchenglaswannen befinden ſich zwiſchen Schiffchen und dem im hinteren Raum der Wanne befindlichen Gemengehaufen die Schamottekränze, welche, in das Glas eintauchend, darauf in ſpitzen Haufen ſchwimmen. Das friſch abgeſchmolzene Glas wird ſo gezwungen, auf ſeiner Wanderung bis zu dem Schiffchen die vielen Kränze zu umſpülen, wodurch eine innige Durchmiſchung des Glaſes erreicht wird. Würde man dieſe Vorſicht nicht beachten, ſo würde das Glas ſich nach der ſpezifiſchen Schwere der einzelnen Glasſchichten abſondern, und die Flaſche u. ſ. w. würde „Schlieren“ und „Wellen“ zeigen; auch werden Unreinigkeiten, unausgeſchmolzene Gemengeteilchen hierdurch zurückgehalten, welchem Zwecke bei den Fenſterglaswannen auch ſchwimmende, quer durch die Wanne aus Schamotte auf das Glas gelegte und hierin eintauchende Stege dienen.

Betriebszweige. Gewöhnlich teilt man die Glaswaren in Tafel- und Hohlglas ein, bei welcher Einteilung gegoſſenes Spiegelglas zu erſterem und gepreßtes Glas, ſofern es ſich nicht um gepreßte Tafeln handelt, zu letzterem zählt.

Tafelglas [8]. Es handelt ſich entweder um geblaſenes oder gegoſſenes Tafelglas, erſteres — Tafelglas im engeren Sinne — dient als Fenſter- und Scheibenglas ſowie zu geblaſenen Spiegeln, letzteres hauptſächlich zu Spiegelſcheiben größerer Abmeſſungen.

Das geblaſene Tafelglas, den Hauptphaſen ſeiner Verarbeitung zufolge auch Streck- oder Walzenglas genannt, wird in folgender Weiſe hergeſtellt. Der Glasbläſer entnimmt mittels einer ſtählernen 1,2—1,5 m langen Röhre von 4—6 mm innerer Weite mit keulenförmig verdicktem Ende eine entſprechende Menge des zähflüſſigen Glaſes aus dem Glashafen oder der Wanne. Er bringt die 4—10 kg betragende Glaspoſt durch Rollen und Hinundherwälzen — Marbeln — auf einer glatten gußeiſernen Platte an das äußerſte Ende der Pfeife. Nachdem durch kräftiges Hineinblaſen in das Mundſtück der bis 10 kg ſchweren Pfeife, an deren Ende die ein gleiches Gewicht aufweiſende Glasmaſſe ſitzt, letztere zu einer birnförmigen Maſſe aufgeblaſen worden iſt, treibt dieſe der Glasmacher durch abwechſelndes Blaſen und Hinundherdrehen in einem rund ausgehöhlten, feucht gehaltenen Holzklotz, dem Wülkerklotz, unter gleichzeitigem Streichen mit einem naſſen Holz zu einem Glasball auf, wobei er ſeinen oberen Teil, welcher der Pfeife unmittelbar aufſitzt, derart erweitert, daß jener angenähert die Geſtalt einer Eichel annimmt. Durch Hineinblaſen in die aufrecht gehaltene Pfeife mit daranhaftendem Glasball wird dieſem eine glattere, abgeflachtere Form gegeben. Die Glasmaſſe iſt bei dieſer Formgebung ſo weit abgekühlt, daß ſie zur weiteren Verarbeitung mittels der Pfeife in einem beheizten Nebenofen — der Trommel — zuvor wieder angewärmt werden muß, worauf ſie der Glasmacher unter pendelförmigem Hinundherſchwenken und zeitweiligem Hineinblaſen in die mit dem daranhängenden Glasball nach unten gehaltene Pfeife zu einer an beiden Enden halbkugelig geſchloſſenen Walze von etwa 60 cm Länge und 30 cm Durchmeſſer aufbläſt. Der Glasbläſer ſteht auf einer den Ofen zum Teil umgebenden Arbeitsbühne, deren Ausſparungen die zu dem eben beſchriebenen Aufblaſen dienenden Schwenkgruben bilden. Nachdem mittels eines Hefteiſens ein Klümpchen dünnes Glas auf die Stelle der Walze gebracht iſt, wo letztere die untere Wölbung bildet, bläſt der Glasmacher ſtark in die Pfeife hinein, hält das Mundloch mit dem Finger zu und hält die Walze in die beheizte Trommel. Die ſich ausdehnende Luft ſprengt die weichſte Stelle der Walze, alſo dort, wo das Klümpchen heißer Glaspoſt ſitzt, auf und entweicht mit ſchwachem Knall. Mittels der Auftreibſchere wird die Oeffnung unter beſtändigem Drehen der Walze erweitert, von der Pfeife abgeſprengt und in letzterer Weiſe auch die entgegengeſetzte Wölbung entfernt. Die Walze wird nun der Länge nach entweder aufgeſchnitten oder, ſofern ſie aus dickwandigerem Glas beſteht, aufgeſprengt, worauf ſie in den Streckofen gelangt, um auf der Sohle — der ſorgſam geglätteten und polierten Streckplatte — ſo gelagert zu werden, daß der Sprung ſich oben befindet. Durch vorſichtiges Anwärmen bis zum Erweichen des Glaſes wird die Walze unter entſprechender Behandlung mit dem Streckeiſen zu einer ebenen Tafel ausgeſtreckt, die im unmittelbar am Streckofen anſtoßenden Kühlofen vorſichtig abgekühlt wird. Ein guter Glasmacher kann in 9½ ſtündiger Arbeitszeit etwa 100 Walzen mittlerer Größe herſtellen, was einer Fläche von 116 qm entſpricht. — In den Vereinigten Staaten Nordamerikas bereitet ſich ſeit den letzten Jahren eine Umwälzung in der eben geſchilderten Herſtellung der Glaswalzen vor, die im weſentlichen darin beruht, daß nach J. H. Lubbers Vorgang [9] das Ausheben einer mittels der Glasmacherpfeife angefangenen Glaspoſt auf mechaniſchem Wege erfolgt, derart, daß von unten in letztere Druckluft im Augenblick ihres Aushebens tritt, ſie zu einem Zylinder aufblähend. Zur Entnahme des flüſſigen Glaſes iſt der Glaswanne ein mit ihr zuſammenhängender Behälter angebaut. Es wird durch dieſe Neuerung ein Teil der komplizierten und mühſamen Handarbeit des Glasmachers auf mechaniſchem Wege vollzogen, und bedeutet erſtere einen großen Fortſchritt auf dem Gebiete der Glasverarbeitung, falls ſie feſten Fuß faßt. — Die Glasmaſſe wird angenähert aus 100 Teilen Sand, 25—33 Teilen Kalk, 33 Teilen Sulfat und 1,5 Teilen Koks verſchmolzen; in den Vereinigten Staaten Nordamerikas nimmt man an Stelle des Sulfats Soda. Die Zuſammenſetzung des Fenſterglaſes iſt angenähert: Kieſelſäure 73—74%, Kalk 13—14% und Na_2O 11—12%. — Die Fenſterglasinduſtrie iſt auf die Steinkohlendiſtrikte angewieſen, zu denen die Kohlenreviere der Ruhr, der Saar, Oberſchleſiens, in Belgien der Bezirk von Charleroi zählen.

Spiegelglas. Die Spiegelglasfabrikation erfordert einen noch beträchtlicheren Betriebsumfang wie die Herſtellung des Fenſterglaſes. Die Fabrikation zerfällt in zwei Teile: das Schmelzen und nachfolgende Gießen des Glasfluſſes und das Schleifen der gegoſſenen Platten, woran ſich zwecks Herſtellung der eigentlichen Spiegel noch das Belegen oder eine anderweitige Bearbeitung ſchließen kann. Als Hilfsbetriebe geſellen ſich dann noch die ſogenannte Gemengefabrikation und die Anfertigung des Schamottebedarfs, insbeſondere der Glashäfen, hinzu, von andern Nebenbetrieben ganz abzuſehen. Die bis zu 500 kg Glasmaſſe faſſenden Häfen werden mittels fahrbaren, meiſt elektriſch angetriebenen Kranes nach den Gießtiſchen befördert; ihr Inhalt wird auf die blank polierte Eiſen- oder Bronzeplatte der letzteren gegoſſen und nun mittels einer Metallwalze von einem Gewicht, das in dem Betriebe von St. Gobain 25000 kg erreicht, zu einer Glastafel ausgewalzt. Letztere wird auf einen in der Verlängerung des Gießtiſches befindlichen Plateauwagen geſchoben und mit dieſem in die Kühlofenhalle befördert. An den Längsſeiten dieſer befinden ſich zahlreiche Kühlöfen, deren Ofenſohle mit dem Plateau der Förderwagen bündig iſt. Die noch rotglühende, aber oberflächlich bereits erſtarrte Platte wird in den Kühlofen geſchoben, welcher nach entſprechender Füllung geſchloſſen und nun einer allmählichen Abkühlung unterworfen wird. Die erkalteten Platten werden wieder auf Plateauwagen geſchoben, wozu man ſich häufig elektriſchen Antriebes bedient, und nach den Schleifhallen befördert. Hier befinden ſich ſinnreich konſtruierte Schleiftiſche mit bis zu

8 m Durchmeſſer aufweiſenden runden Schleiftellern, auf welchen die auf beiden Flächen unebenen Glasſcheiben aufgegipſt werden, um nun durch den gleichzeitigen Rundgang einer darüber befindlichen oberen Scheibe, deren Bewegung ſich langſamer wie die der unteren vollzieht, unter der Einwirkung feucht gehaltenen Sandes in zuerſt grober, dann immer feinerer Körnung geſchliffen zu werden. Das Glanzſchleifen oder die Politur der Oberfläche wird auf den den Schleifmaſchinen ähnlichen Poliermaſchinen, auf welchen mit feinſtem Filz bekleidete Holzpuffer laufen, unter Zuſatz von feinſtem Schmirgel und geſchlämmtem Eiſenrot vollzogen. Da wo beide Oberflächen der Tafel geſchliffen werden müſſen, muß natürlich die untere Fläche der Platte in gleicher Weiſe bearbeitet werden. Das Belegen der einen Oberfläche mit einer Spiegel- und Metallſchicht geſchieht durch Ausbreiten einer Stanniolſchicht auf die horizontal gelegte Platte, worauf Queckſilber auf jene gegoſſen und der Ueberſchuß des nicht mit dem Zinn amalgamierten Queckſilbers durch ſchwaches Neigen der Tafel abgegoſſen wird. Den Bemühungen Schönlanks in den ſiebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts iſt es hauptſächlich zu verdanken, daß das geſundheitsſchädliche Belegen der Spiegel mit Queckſilber verlaſſen wurde und an ſeine Stelle die Silberbelegung getreten iſt.

Zur Tafelglasfabrikation zählt auch die **Herſtellung des Drahtglaſes** [10], welche in Deutſchland ſeit 1892 von der Aktiengeſellſchaft für Glasinduſtrie vormals Friedr. Siemens zu Dresden und ſpäter auch von andern Firmen ausgeübt wird. Es exiſtieren ſehr viele Herſtellungsarten, die ſich aber alle auf zwei zurückführen laſſen: entweder wird eine Glasplatte in der halben Dicke wie das gewünſchte Drahtglas ausgewalzt und eine glühend gemachte Drahteinlage darauflegelegt, worauf die obere Hälfte der Platte daraufgegoſſen und das Ganze unter hohem Druck ausgewalzt wird, oder die Drahteinlage wird in die auf einmal ausgegoſſene und ausgewalzte Glasplatte eingebettet. Das Drahtglas wird überall da verwandt, wo außerordentliche Beanſpruchung auf Stoß, Druck und ſchroffen Temperaturwechſel in Frage kommt. Zur Zerſtörung des Drahtglaſes iſt etwa die 560fache Arbeit gegenüber gewöhnlichem Tafelglaſe erforderlich.

Hohlglas [11]. Es begreift die Fabrikation von Weiß- und Halbweißhohlglas ſowie die des gewöhnlichen Flaſchenglaſes in ſich und vollzieht ſich, beſonders ſoweit es letzteres betrifft, in den Bahnen der mit techniſch vervollkommneten Mitteln arbeitenden Großinduſtrie. Gleichwohl iſt der Arbeitsvorgang, wenn wir von der unter Anwendung von maſchinell fehr kompliziert zuſammengeſetzten Glaspreſſen arbeitenden Preßglasinduſtrie abſehen, in ſeinen Grundzügen derſelbe geblieben, wie er von alters her übernommen worden iſt. Der Glasmacher holt mit der Pfeife eine dem Gewicht der herzuſtellenden Flaſche angenähert entſprechende Menge Glas aus ſeinem Schiffchen, gibt ihm durch Bearbeitung in einem ausgehöhlten gußeiſernen Motzklotz unter zeitweiligem Hineinblaſen eine birnenförmige Geſtalt, nachdem er die Glaspoſt zuvor in einem auf dem Kühltrog befeſtigtem Pfahl mit halbmondförmiger Einkerbung nach dem vorderen Pfeifenende gedrängt hat. Soweit ähnelt alſo die Verarbeitung des Glaſes der bei der Herſtellung der Fenſterglaswalzen beſchriebenen, was auch für die folgenden der Formgebung vorausgehenden Handgriffe gilt. Der Glasmacher wärmt die etwas ſtarr gewordene Glasmaſſe durch Hineinhalten ins Schaufloch an und bewegt ſich dann unter Hineinblaſen und wiederholtem pendelförmigen Hinundherſchwenken der Pfeife mit dem daranhängenden Glasball, der hierdurch eine länglich ausgezogene Form annimmt, dem Kühltrog zu, um nun den walzenförmig geſtalteten Glasball in eine verſenkt zwiſchen zwei Kühltrögen in einem Ausſchnitt der Arbeitsbühne ſtehende eiſerne Form einzuführen und unter beſtändigem Drehen der Pfeife, in die er gleichzeitig mit aller Gewalt hineinbläſt, die Flaſche bis auf das noch fehlende Mundſtück fertig zu machen. Die Flaſchenform beſteht aus einem runden gußeiſernen Hohlzylinder, der auf einer Grundplatte befeſtigt iſt und auf dem zwei Formhälften, ſobald der Glasmacher einen mit je zwei Gelenken an jeder derſelben befeſtigten Hebel mit dem Fuße niederdrückt, ſich feſt mit ihren Flächen aneinander ſchließen. Dieſe Stellung hat alſo die Flaſchenform während der Formgebung der Flaſche; ſobald aber der Glasmacher ſeinen Fuß von der Druckſtange des Hebels abhebt, fallen die beiden auf dem Zylinder befeſtigten Formenhälften infolge des Zuges eines Gegengewichtes zurück und geben die bis auf das Mundſtück fertige Flaſche frei. Auf die eben beſchriebene Weiſe laſſen ſich nur **glattgedrehte runde** Flaſchen herſtellen. Handelt es ſich um **feſtgeblaſene** Flaſchen, ſo kann der Querſchnitt von der Kreisform abweichen, die Flaſchen können eckig, vielſeitig oder auch rund werden, auch laſſen ſie ſich mit Inſchriften oder Verzierungen, die in die Formhälften eingraviert werden, verſehen. Hieraus ergibt ſich von ſelbſt, daß derartige Flaſchen nicht gedreht werden können, der Glasmacher hält vielmehr die Pfeife während des Fertigblaſens feſt, und die Flaſchen heißen daher **feſtgeblaſene Flaſchen**. Um das Mundſtück der Flaſche herzuſtellen, ſprengt ſie der Glasmacher, indem er einen leiſen Druck auf die Pfeife ausübt, während die Flaſche auf dem Arbeitsblech ruht, von der Pfeife ab und ergreift nun mit einer etwas federnden, mit einem Stiel aus Gasrohr verſehenen Hülſe aus Eiſenblech die Flaſche derart, daß ſie mit ihrem unteren Teil von der Hülſe umſchloſſen wird, um dann um den nochmals vorgewärmten Hals der Flaſche mittels eines eiſernen Bindeiſens einen Streifen glühenden Glaſes zu legen und mit der auf dem Kühltrog liegenden Rollſchere das Mundſtück auszuprägen. Die Schere trägt am Ende eines Steges einen eiſernen Dorn, deſſen Umfang genau der gewünſchten Halsweite der Flaſche entſpricht. Der Dorn wird in ihren Hals eingeführt, während zwei drehbare Rollen, deren Umfang genau die Form des Flaſchenmundſtücks zeigt, gleichzeitig den Hals mit dem umgelegten Glas umfaſſen. Die Schere iſt ſo eingerichtet, daß ſich die beiden Rollen durch einen Druck auf den Schenkel der erſteren feſt andrücken laſſen. Gleichzeitig wird die Schere gedreht, wobei das Glas durch die Drehung der feſt daraufgedrückten Rollen zum Mundſtück ausgeprägt wird. Die fertigen, noch rotglühenden Flaſchen werden vom Glasmacherſtand ſeitens der Einträger, meiſt jugendlicher Arbeiter, mittels der Eintragkellen nach

dem Kühlofen befördert. Letzterer beſteht aus einem entweder direkt oder mit Gas beheizten Ofen, deſſen Innenraum 3,5 m lang, etwa ebenſo breit und nicht ganz 2 m hoch iſt. Der Pfleger, deren zwei einen Kühlofen bedienen, nimmt die auf der Sohle durch die Einträger abgelegten Flaſchen mittels einer ſogenannten Pflegegabel, einer der Tiefe des Kühlofens angepaßten zweizinkigen Gabel aus Gasrohr, auf und ſtapelt ſie im Kühlofen an der Rückwand anfangend auf, bis er gegen Ende der Arbeitsſchicht gefüllt iſt. Während dieſes Vorganges ſteht der Kühlofen unter beſtändiger Beheizung, die nun abgeſtellt wird. Jener, gut verſchmiert und geſchloſſen, kühlt nun unter ſorgſam bemeſſenem Luftzutritt etwa vier Tage ab, worauf die Flaſchen herausgenommen werden und nach Beſeitigung des Ausſchuſſes gebrauchsfertig ſind. Würde man die Flaſchen wie auch alle andern Glasgegenſtände und Geräte nicht einem Kühlprozeß unterwerfen, ſondern ſie einfach an der Luft abkühlen laſſen, ſo würde ihre Oberfläche ſchneller erkalten wie die darunterliegenden Glasſchichten, es würden Spannungserſcheinungen entſtehen und die Flaſche u. ſ. w. nachträglich zerſpringen. Da an der Flaſchenwanne kontinuierlich, d. h. mit Ausnahme der Sonntage Tag und Nacht gearbeitet wird, ſo beanſprucht eine Wanne eine entſprechende Anzahl — meiſt acht bis zehn — Kühlöfen. Der oben geſchilderte Arbeitsvorgang geſtattet an einem Wannenofen mit einer Beſetzung von 45 Glasmachern in der Schicht die Herſtellung von 23–24000 Stück Flaſchen in zwei Schichten, d. h. in 24 Stunden.

In den Grundzügen iſt das beſchriebene Herſtellungsverfahren das ſeit Jahrtaufenden ausgeübte geblieben. Erſt ſeit 20 Jahren etwa arbeitet die Technik unausgeſetzt daran, die einzelnen Handgriffe des Glasmachers durch mechaniſch ſich vollziehende Arbeitsvorgänge zu erſetzen, und es gibt heutzutage bereits ſehr vervollkommnete Flaſchenblasmaſchinen [12], wie man die Vorrichtungen nennt, die der eben gedachten Aufgabe in mehr oder weniger vollendetem Grade gerecht werden. Es würde den Rahmen dieſer Arbeit weit überſchreiten, wollten wir hier näher auf das Weſen der Flaſchenblasmaſchinen, das eine große Patentlitteratur aufweiſt, eingehen. Es kann nur darauf hingewieſen werden, daß durch ſinnreich konſtruierte Maſchinen die einzelnen Arbeitsphaſen ausgeübt werden, ſo das Aufblaſen der Glaspoſt mittels Preßluft, das Motzen oder Marbeln der erſteren u. ſ. w. Die vollkommenſten Flaſchenblasmaſchinen ſind die von Severin, Boucher, Vernay, während Ashley das Verdienſt bleibt, zuerſt in Europa — 1886 — ein Patent auf eine bereits einen hohen Grad der Vollkommenheit aufweiſende Flaſchenblasmaſchine eingereicht zu haben. Wenn der Erſatz der Handarbeit des Glasmachers durch jene ſich langſam vollzieht, ſo iſt dieſes durch eine Reihe in den Verhältniſſen liegende Urſachen zu ſuchen. Nicht als letzte gilt die Schwierigkeit, welche die Beſchaffenheit des Glasfluſſes in bezug auf Elaſtizität, Abkühlungsgeſchwindigkeit und andre phyſikaliſche Eigenſchaften der Verarbeitung mittels Flaſchenblasmaſchinen entgegenſtellt. Wo es ſich wie bei der Herſtellung von Konſervenbüchſen, Trinkgläſern, Waſſerflaſchen, kurz um die Erzeugung von Preßglas handelt, ſetzt die Beſchaffenheit des feurig-flüſſigen Glaſes der Verarbeitung durch Flaſchenblasmaſchinen nicht entfernt einen ähnlichen Widerſtand entgegen, wie ſolches das ordinäre Flaſchenglas tut. Bei der automatiſchen Preßglasverarbeitung nehmen die Glasblaſemaſchinen von Blue und die von Owen & Colburn den erſten Rang ein. Die Arbeitsleiſtung der letzteren läßt z. B. die Herſtellung von 2500 Trinkgläſern oder von 1500 Lampenzylindern in 5 Stunden zu.

Eine Vereinigung zwiſchen Tafel- und Hohlglasherſtellung bildet das eigenartige Verfahren von P. Th. Sievert in Dresden [13] zur Erzeugung von großen Glasgegenſtänden. Flüſſige Glasmaſſe wird auf einer Metallplatte, die entweder ſiebartig unterbrochen oder mit einer durch einen Deckel verſchließbaren Ausſparung verſehen iſt, welch letztere dem Querſchnitt des herzuſtellenden Hohlkörpers entſpricht, ausgegoſſen und ausgeſchlichtet, dann wird in einen unter der Metallplatte befindlichen Hohlraum Preßluft zugeführt, welche mittels der ſiebartigen Unterbrechungen der erſteren unter die Glasplatte tritt, ſie aufblähend und an die Wandungen einer mit den Rändern die Glasplatte feſt auf die Metallplatte drückenden Hohlform drückend. Oder die Druckluft wirkt auf die nach Entfernung des inneren Teils der Metallplatte ſo entſtandene Ausſparung derſelben frei überſpannende Glasſchicht, dieſe in zuvor angegebener Weiſe zu einem Hohlkörper auftreibend, auch kann an Stelle der Preßluft ein Kolben treten. — Das durch eine große Anzahl von Patenten geſchützte Verfahren Sieverts bedeutet einen großen Fortſchritt in der Technik der Glasverarbeitung. Es laſſen ſich Glaskörper von zuvor nicht möglich gedachtem Umfang herſtellen, z. B. Glasbottiche aus einem Stück von 1000 l Inhalt, und wird vornehmlich die chemiſche Induſtrie von dem neuen Herſtellungsverfahren Sieverts Anwendung machen.

Wichtigſte Eigenſchaften des Glaſes.

A. Phyſikaliſche Eigenſchaften. Sprichwörtlich hat das Glas die Eigenſchaft der Sprödigkeit. Alle Beſtrebungen hatten bisher nur den Erfolg, jene unerwünſchte Eigenſchaft abzumindern; die ſeit alters her angeſtrebte Schmiedbarkeit des kalten Glaſes, nach Analogie der Metalle, iſt bis jetzt auch nicht im entfernteſten erreicht worden. Der Grad der Sprödigkeit hängt einerſeits von phyſikaliſchen, anderſeits von chemiſchen Einflüſſen ab. Am meiſten von den phyſikaliſchen Momenten beeinflußt die Wärme den Sprödigkeitsgrad: raſch gekühlte Gläſer ſind ſpröder, langſam gekühlte dagegen zäher (vgl. Glastränen). Dies Verhalten des Glaſes findet ſeinen praktiſchen Ausdruck in dem Betriebe der Kühlöfen, worin dieſe heißen, von der Stuhlarbeit reſultierenden Waren ſtark erhitzt, dann tagelang langſam erkaltet werden. Dieſes ſogenannte Tempern iſt am ſorgſamſten auszuführen, wenn dick- und dünnwandige Glasteile, z. B. bei Trinkgläſern, Flaſchen mit ſtarken Böden, ſich berühren.

Die ſorgfältigſte Kühlung bedürfen die optiſchen Glaslinſen. Bei 500° bildet ſich erfahrungsgemäß aus den Beſtandteilen des Glaſes eine wirklich einheitliche gleichmäßige Glasmaſſe. Die zu kühlenden Glaslinſen werden von dieſer Anfangstemperatur in Intervallen von

je 24 Stunden für jeden Temperaturfall von 10° auf 350° abgekühlt; es ist dann nach 6 Wochen die Erstarrung so weit vorgeschritten, daß die weitere Abkühlung die Spannung und Dehnung nicht mehr ändert.

Durch Abkühlung unter gewissen Bedingungen kann das Glas ebenfalls seine Sprödigkeit zum Teil verlieren. Hierauf beruht die Herstellung des sogenannten Hartglases, von der de la Bastie 1875 so viel Aufsehen gemacht und weitgehende Erwartungen erweckt hatte. Dieses Härteverfahren besteht im wesentlichen in einer schnellen Abkühlung des im Erweichungszustande befindlichen glühenden, doch bereits eine gewisse Formgebung erlangt habenden Glasgegenstandes durch Eintauchen in kochend heißes Oel. Man kann ein solches Glas von mäßiger Höhe gefahrlos zu Boden fallen lassen. Zerbricht es aber schließlich doch, so geschieht dies unter heftigem Knall und totaler Zertrümmerung. Wird ferner z. B. ein Trinkgerät aus solchem Hartglas durch einen schrammigen Körper verletzt, so springt es in tausend Stücke, was unter Umständen gefährlich werden kann. Von der Herstellung von Fensterscheiben aus Hartglas kann keine Rede sein, denn solche Glastafeln zerplatzen schon beim Schneiden mit dem Diamanten.

Die Elastizität gut gekühlten Glases gibt sich dadurch kund, daß feine Fäden zu Kreisen gebogen werden können und in die ursprüngliche Lage zurückkehren. Ein feiner Faden kann als Torsionsorgan in elektrischen Drehwagen benutzt werden. Die Elastizität gibt sich ferner durch den Klang kund, der bei den Glasarten, ebenso wie bei den Metallglocken, ein sehr verschiedener, heller und reiner, ist. Dabei steht das Bleiglas allen übrigen Glasarten voran, es dient daher zur Herstellung der wegen ihres schönen Klanges beliebten Kristallbecher. Auf Elastizität beruht auch die Erscheinung, daß durch Erhitzen erweiterte hohle Glaskörper ihr früheres Volumen beim Erkalten mehr oder weniger vollkommen wieder einzunehmen vermögen. — Möglichst geringe Elastizität ist ein Haupterfordernis für die Fabrikation guter Thermometerröhren. Bei Verwendung ungeeigneter Glasarten ergeben sich leicht bei höheren Temperaturen Fehler von mehreren Graden. — Die Glashütte Schott & Gen. in Jena hat ein neues Produkt geschaffen, indem sie der Schmelzmasse Baryt-, Zinkoxyd- und Borsäure hinzugefügt bezw. die Kieselsäure mehr oder weniger durch Phosphorsäure oder Borsäure ersetzt hat (Jenenser Normalglas). Man hat hierdurch ein Verbund- und Thermometerglas erhalten, das durch seinen niedrigen Ausdehnungskoeffizienten sehr weitgehenden Anforderungen genügt [8]. Im Anschluß hieran sei auf die Mitteilungen von Niehls [9] und von F. Auerbach [10] über die Härte- und Elastizitätsverhältnisse des Glases verwiesen.

Die Eigenschaft der Amorphie des Glases pflegt als eine typische gegenüber der kristallinischen Struktur andrer Substanzen hingestellt zu werden, was jedoch nur für richtig zusammengesetzte Gläser zutrifft, während bei mangelhaft beschaffenen, insbesondere bei alkaliübersetzten Gläsern, nur größte Umsicht und Kunstfertigkeit des Glasmachers verhindert, daß das Glas schon bei der Arbeit kristallinisch wird. Die bereits von Pelouse wahrgenommene Erscheinung, daß besonders das Flaschenglas an den kälteren Teilen des Hafens oder der Wanne, so am Boden und an den Umfassungswänden, zumal bei langsamer Abkühlung in sphärolithischen Formen auskristallisiert, ist als Salzerungsvorgang aufzufassen (Hundeshagen). Das Kristallinischwerden erfolgt auch bei fertigen Glaswaren, bei der Verarbeitung von Rohren vor der Lampe. Es tritt ein, wenn der Glasgegenstand, längere Zeit dem Erweichen nahe, erhitzt wird. Dann wird die Masse durchweg trübe und oberflächlich rauh. Diese Erscheinung ist lange bekannt. Réaumur versuchte sie zur Imitation von Porzellan technisch nutzbar zu machen (vgl. Entglasung). Von größter technischer Bedeutung ist der Umstand, daß dem gefürchteten Kristallinisch- und Rauhwerden durch einen größeren Zusatz von Ton mit Erfolg entgegengewirkt wird.

Das spez. Gew. der Gläser beträgt bei den gewöhnlichen Kalkgläsern 2,4—2,6; es steigert sich bei den Bleikristallgläsern über 4,5, erreicht sogar bei den Thalliumgläsern eine über 5—6 liegende Ziffer. Für Wärme und Elektrizität hat gewöhnliches Kalkglas wenig, das Bleiglas dagegen mehr Leitungsfähigkeit. Für den Elektriker ist der Umstand von besonderem Interesse, daß das Glas infolge mangelhafter Zusammensetzung oberflächlich beschlägt, dadurch leitend und für elektrische Apparate unbrauchbar wird.

Den Glanz des Glases vermehrt größerer Kalk- und in noch höherem Maße Baryt-, Blei- und Thalliumgehalt. Die Beständigkeit des Glanzes hängt weiterhin eng zusammen mit der richtigen chemischen Zusammensetzung des Glases.

B. Chemische Eigenschaften. Das Glas ist bekanntlich nach van 't Hoff als eine „feste Lösung" aufzufassen, d. h. es hat keinen bestimmten Schmelzpunkt und keine latente Schmelzwärme. Die Frage, weshalb das Glas eine feste Lösung ist, beantwortet Vogt [18] in folgender Weise. Die Zusammensetzung des Glases entfernt sich sehr weit von der Zusammensetzung derjenigen Mineralien, die überhaupt aus Silikatschmelzmassen auskristallisieren können, d. h. das Glas ist eine komplexe Lösung und besteht in geschmolzenem Zustande aus einer langen Reihe von Komponenten. Die Kristallisationstemperatur wird daher (in ähnlicher Weise wie z. B. bei der Roseschen oder Woodschen Legierung) sehr stark herabgedrückt. Bei gewöhnlichem Alkalikalkglas geht die Depression wahrscheinlich bis gegen 700° hinab. Wenn das geschmolzene Glas auf diese Temperatur abgekühlt ist, hat es aber eine so außerordentlich hohe Viskosität, daß eine Kristallisation bei der gewöhnlichen in den Glashütten üblichen Abkühlungsgeschwindigkeit nicht stattfinden kann. Eine Kristallisation wird nur möglich, wenn das Glas längere Zeit in der Nähe der Kristallisationstemperatur verweilt. — Bei den im Handel vorkommenden Glasartikeln, selbst die feinsten Sorten nicht ausgenommen, machen sich insofern augenmerkliche Verschiedenheiten alsbald geltend, und zwar sowohl beim Gebrauche als beim Aufbewahren, als viele derselben ihren ursprünglichen Glanz beibehalten, während andre dagegen tau- und reifartig beschlagen und dann auch den darauf fallenden Staub stark fixieren [19]. Diese Erscheinungen weisen auf Verschiedenheiten der Grundsubstanz der Glas-

Das Ganze ſtellt alſo eine Art von Drehbank vor; während jedoch bei dieſer das Werkſtück umläuft, das Werkzeug aber ſtillſteht, iſt es bei dem Schneidzeuge umgekehrt.

In die koniſche Bohrung der Spille werden entſprechend zugeſpitzte kleine eiſerne Spindeln geſteckt, die an ihrem freien Ende die eigentlichen Werkzeuge — kleine Rädchen oder Knöpfchen aus Metall — tragen. Der Glasgraveur muß hiervon eine große Anzahl beſitzen, die ihm zur Hand in einem Geſtell aus Brettchen mit eingebohrten Löchern auf dem Werktiſche ſtehen. Die Rädchen haben Durchmeſſer, die von 5 bis 150 mm variieren. Die größeren ſind aus weichem Eiſen, die kleineren aus Kupfer hergeſtellt, die Knöpfchen aus Meſſing oder Kupfer. Meiſt fertigt ſich der Graveur dieſe Geräte ſelbſt an und dreht ſie mit Stahlſtichel oder zugeſchliffener Sägefeile auf dem Schneidzeuge ſelbſt ab, ſo daß ſie, ohne zu ſchlagen, genau rund laufen. — Die Spindeln mit den Rädchen oder Knöpfen heißen Steinzeiger. Je nach Größe und Verwendungsart unterſcheidet man Flachzeiger, Schneidezeiger, Bolzenzeiger, Spitzzeiger u. ſ. w. — Die Peripherie zumeiſt und nur in Ausnahmefällen die Stirnſeite dieſer Rädchen iſt das eigentlich arbeitende Werkzeug. Sie wird mit einer Miſchung von Oel und feingepulvertem Schmirgel beſchickt. Die ſcharfen Körnchen ſetzen ſich in dem weichen Metalle feſt und greifen das ihnen entgegengeführte Glas an, wenn das Schneidzeug in Bewegung verſetzt wird. Um das zentrifugale Abſchleudern des Schleifmittels von dem Steinzeiger zu verhindern, iſt über ihm eine kleine gekrümmte Blechfahne an einem Eiſenarm befeſtigt. Ein an ihrer Spitze eingeklemmtes Stückchen Leder ſchleift auf dem Umfange des Rädchens. Je nachdem die Zeichnung es nun erfordert, wird ein größerer oder kleinerer Steinzeiger in die Spille eingeſetzt. Der Graveur ſitzt vor dem Werktiſche und ſetzt mit dem Fuße den Tritt in Bewegung. Beide Ellbogen ſind auf dem Tiſche aufgeſtemmt, damit die Hände das zu verzierende Glas ſicher regieren können. Letzteres trägt meiſt eine ſummariſche Vorzeichnung, die in primitiver Weiſe mittels eines ſpitzen Hölzchens und einer Miſchung von Gummilöſung und Kreide, Zink- oder Bleiweiß aufgetragen iſt. Bei dünnen Gläſern wird auch vielfach die Vorzeichnung auf einem Papierblatt angebracht, das ſich von innen an die Glaswand anſchmiegt. Der Erfolg beruht ausſchließlich auf der Handfertigkeit des Graveurs, der ſeine Arbeit damit beginnt, die Hauptlinien und Umriſſe mittels eines kleinen ſcharfen Kupferrädchens einzuſchleifen. Die breiten Flächen werden mittels breiter größerer Steinzeiger angelegt. Einzelheiten ſchleift er dann zum Schluſſe mit paſſenden Scheibchen ein. Meiſt werden einzelne Partien „auspoliert", um die Geſamtwirkung zu ſteigern. Dies geſchieht mit entſprechenden Rädchen aus Zinn oder Blei, die mit Tripel, Zinnaſche oder mit Polierrot beſchickt werden. Wird höchſte Vollendung angeſtrebt, ſo kommen auch noch Scheibchen aus dickem Leder oder Kork zur Verwendung, die den Hochglanz erzeugen. — Kleine Fehler im Glaſe, Bläschen u. ſ. w. muß der Graveur mittels des Ornaments zu verdecken ſuchen. Vertiefte Linien wurden früher häufig mit Blattgold ausgelegt.

Ordinäre Weingläſer, billige Blumenvaſen, Brunnenbecher u. ſ. w. werden manchmal durch ſogenanntes „Wiſchen" verziert. Dieſe Abart des Gravierens beſteht darin, daß man die Kante eines größeren Kupferrädchens die Oberfläche des Glaſes nur inſoweit angreifen läßt, daß ſie an der betreffenden Stelle gerauht iſt. Dies geht ſehr ſchnell vonſtatten. Der Arbeiter führt das Glas mit fortwährender Bewegung unter dem ſchnell umlaufenden Steinzeiger hinweg und erzeugt auf dieſe Weiſe Weinranken, Schnörkel und Schriftzüge. Dieſe Verzierungsweiſe iſt recht billig, aber in ihrer Wirkung ziemlich fragwürdig. Auf Ausſtellungen kann man die „Wiſchtechnik" häufig in Uebung ſehen. — Der 1904 verſtorbene verdienſtvolle Gallé in Nancy hat die Glasſchleiferei dadurch beſonders gefördert, daß er mehrfache, fein abgetönte Lagen verſchiedenfarbigen Glaſes übereinander legte und dann mit dem Schleifzeuge in meiſterhafter Weiſe behandelte. Wahrſcheinlich arbeitete er in der Weiſe, daß er die Gläſer mit Flußſäure vorbereitete und erſt durch die eigentliche Schleiftechnik vollendete.

Um Gläſer auf elektriſchem Wege zu gravieren, umgibt Planté die betreffende Stelle mit einem Wachsrande. In die ſo gebildete Zelle bringt er eine konzentrierte Salpeterlöſung, die mit der Anode einer ſtarken Elektrizitätsquelle in leitende Verbindung gebracht wird. Als Kathode dient ein feiner Platinſtift, der, den Umriſſen der beabſichtigten Zeichnung entſprechend auf dem Glaſe herumgeführt, dort eine deutlich ſichtbare Spur hinterläßt.

Die Elektrizität wird auch noch in der Weiſe für die Zwecke der Glasgravierkunſt dienſtbar gemacht, daß man die Ankerwelle eines kleinen Elektromotors von etwa $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ PS. verlängert und als Spille ausbildet. Die Steinzeiger werden dann ohne weiteres hineingeſteckt. Die hohe Umdrehungszahl der Welle kommt der Arbeit des Graveurs ſehr zuſtatten. *Brauer.*

Glashaus, ſ. v. w. Gewächshaus (ſ. d.).

Glasinkruſtationen, undurchſichtige Reliefs aus gebranntem, unglaſiertem weißen Ton oder aus Speckſteinmaſſe, die in durchſichtiges, farbloſes, ſtark lichtbrechendes Glas eingeſchloſſen, aber nicht mit dem Glaſe verſchmolzen ſind.

Relief und Glas ſind durch eine ſehr dünne Luftſchicht voneinander getrennt. Zur Herſtellung von Glasinkruſtation wird das Relief in zähflüſſiges Glas gepreßt und mit einer zweiten Glasſchicht bedeckt; oder man bläſt vor der Glaspfeife ein Kölbchen, flacht dieſes ab, öffnet es am Boden, bringt das Relief ein und drückt die Wandungen des Kölbchens wieder feſt aneinander. Die eingeſchloſſene Luft wird durch die Pfeife abgeſaugt. *Dalchow.*

Glaskopf, brauner, ſ. Brauneiſenerz; **G., roter**, ſ. Blutſtein; **G., ſchwarzer**, ſ. Pfilomelan.

Glaskorallen (Lüſterſteine), durch Preſſen aus erweichten Glasſtäben hergeſtellte kugel-, tropfen-, ſcheiben- oder dergl. -förmige Glasperlen, die durch Zuſätze von Zinnoxyd, Schwefelkupfer und Eiſenoxyd korallenrot gefärbt ſind.

Die Glaskorallen werden zur Ausſchmückung von Leuchtern, Kronen und dergl. benutzt und, um die Lichtſtrahlen mehrfach zu brechen, facettiert. *Deichmann.*

Glasleinwand, zum Polieren weicher Metalle dienender Baumwollſtoff, auf dem durch ein Klebemittel Glaspulver befeſtigt iſt.

Glaslöten, das Verfahren, Glas ähnlich wie Metall durch Lot und Kolben zu vereinigen.

Margot nahm zuerſt eine Legierung, beſtehend aus 5 Teilen Zinn, 32,5 Zink, 3,5 Aluminium, 0,5 Phosphor. Sie ſchmilzt bei etwa 300° und haftet vorzüglich an entſprechend vorgewärmten Glasſtücken. — Später vereinfachte er die Sache dahin, daß er das Lot aus 95 Teilen Zinn und 5 Teilen Zink zuſammenſetzte. Dieſe Legierung ſchmilzt ſchon bei 200° C., beſitzt faſt genau denſelben Ausdehnungskoeffizienten wie Glas, nebſt hoher Bruchfeſtigkeit und dauerndem Glanze. — Walter verfährt in der Weiſe, daß er 5 Teile geſchmolzenes Kupfer in 95 Teile geſchmolzenes Zinn gießt und gut mit einem Holzſtäbchen durcheinander rührt. Die Legierung ſchmilzt bei 360°. Durch Beimiſchung von 0,5—1 Teil Blei erniedrigt ſich der Schmelzpunkt und das Lot wird weicher. — Für einzelne Zwecke werden Glasplatten mittels des Knallgasgebläſes durch autogene Lötung, ähnlich wie die Platten der Bleikammern, vereinigt. Zu dieſem Behufe werden die Glasplatten in einem dem Hauptteil eines Tafelglasſtreckofens nachgebildeten Ofen bis zum unvollſtändigen Erweichen erwärmt. Sodann werden die vorher ausgeſchnittenen Lappen zuſammengebogen (nötigenfalls über eine eiſerne Form) und ſchließlich die Nähte innerhalb des Ofens durch Schmelzung mit der Stichflamme eines Knallgasgebläſes vereinigt. Der fertige Körper muß äußerſt behutſam und langſam abgekühlt werden, um unliebſame Spannungen und die damit verbundene Bruchgefahr zu vermeiden. *Bremer.*

Glasmalereitechnik dient dazu, den Fenſtern mittels farbiger Verglaſung ornamentalen, architektoniſchen und figürlichen Schmuck zu verleihen.

Die Technik der monumentalen Glasmalerei, die ſich wahrſcheinlich an mehreren Orten aus der altchriſtlichen Moſaikverglaſung ſpäteſtens gegen Ende des 1. Jahrtauſends entwickelt hat, wobei die Schmelzmalerei der alten Töpferkunſt den Anſtoß gegeben haben mag, iſt heute die nämliche, die Theophilus, vermutlich der Benediktinermönch Rugerus des Kloſters Helmershauſen, in ſeiner Handſchrift um die Wende des 11. zum 12. Jahrhundert anſchaulich beſchrieben hat. Die einzelnen Teile des Bildes bezw. des Muſters, die im Sinne der Zeichnung urſprünglich mit dem glühenden Eiſen aus weißen und farbigen Glastafeln zurechtgeſprengt und mit dem Kröſeleiſen nachgearbeitet wurden, werden ſeit dem 16. Jahrhundert, anfangs freilich nicht allgemein, mit dem Diamant zugeſchnitten. Nachdem auf dieſe Glasſtücke Umriſſe und Schatten mit einbrennbarer dunkler Farbe aufgetragen und im Feuer eingebrannt ſind, werden dieſelben mittels Bleiruten zuſammengefügt, das Bleinetz an den Knotenpunkten mit Zinn verlötet und meiſt auf einer Seite in ſeinem ganzen Verlauf verzinnt. Dieſe muſiviſche Glasmalerei, ein Werk des Glasmalers und des Glaſers, iſt demnach eigentlich ein durchſichtiges Glasmoſaik. — Außerdem kennt man ſeit dem 14. Jahrhundert eine Kleinmalerei, die das Bild grau in grau auf eine weiße Scheibe aufmalt. Schon früh wurde dieſe Feinmalerei durch geſchickte Anwendung des goldigen Silbergelb belebt. — Im erſten Drittel des 16. Jahrhunderts trat zu dem in wechſelnden Tönen vorkommenden Schwarzlot und zu dem Silbergelb das Eiſenrot, ein ſtumpfes Rotbraun, hauptſächlich als Untergrund für Ornamente, jedoch auch für Fleiſchteile verwendet. Erſt in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts wurden derartige zeichneriſch in Graumalerei durchgearbeitete Bilder auf der entgegengeſetzten Glasfläche mit einer dünnen Schicht durchſichtiger Farbe hinterlegt, oder dieſe ſogenannte Kabinettmalerei (peinture d'apprêt), eine farbige Malerei auf Glas, entſprach der Malweiſe des Tafelmalers, indem der Künſtler die Farben nach Gutdünken miſchte und die verſchiedenen Töne neben-, vereinzelt ſogar übereinander auftrug, eine Arbeit, die zuweilen behufs Erzielung der gewünſchten Wirkung mehrmaliges Ueberarbeiten und Brennen verlangte. Eine geſchmackvolle Vereinigung der Graumalerei, nachher auch der farbigen, mit der muſiviſchen Kunſt zeigen die Schweizerſcheiben (Wappen und Bilder) des 15., 16. und beginnenden 17. Jahrhunderts.

Bei der muſiviſchen Glasmalerei liegen die mannigfaltigen Verrichtungen in verſchiedenen Händen. Die erſte Arbeit beſteht im Entwerfen des verlangten Gegenſtandes. Nach dieſem Entwurf, der im kleinen Maßſtabe, etwa 1 : 10, ausgeführten Farbenſkizze, führt der Künſtler die Werkzeichnung, den Karton — Viſierung oder Handriß nannten es die Alten —, in den für das betreffende Fenſter paſſenden Verhältniſſen aus. Dabei hat er, wie vorher bei der Skizze, auf das Bleinetz und auf die Stein- und Eiſeneinteilung der Fenſteröffnung Rückſicht zu nehmen. Desgleichen muß ſich die Stärke der Linienführung nach dem Abſtand richten, in dem das Glasgemälde hauptſächlich wirken ſoll, weil zu zarte Zeichnung auf Entfernung einen verſchwommenen Eindruck macht und umgekehrt allzu kräftige Umriſſe in der Nähe hart wirken. Auf dem Karton vermerkt der Zeichner die bei den einzelnen Teilen zu verwendenden Farbengläſer für den Kunſtglaſer. Nachdem dieſer ſich durch Nachzeichnen der Hauptumriſſe auf Pauspapier den ſogenannten Bleiriß hergeſtellt hat, legt er auf einen Tiſch zu unterſt ein Stück ſteifes Papier von hinreichender Größe; es folgt ein Blatt Rötelpapier, die gefärbte Seite nach unten gekehrt; die nächſte Schicht bildet der Bleiriß. Dieſe drei Lagen werden ſorgfältig auf dem Tiſch befeſtigt, um gegenſeitiges Verſchieben zu verhindern. Durch Nachfahren der Linien drückt der Glaſer ſeine Umrißzeichnung vermittelſt des Rötels auf den Schablonenkarton und fertigt ſo gewiſſermaßen einen zweiten Bleiriß an, den er, den Rötellinien folgend, in Stücke ſchneidet. Jede Schablone muß ringsum um die Hälfte der Stärke des Kernes der Bleieinfaſſung verkleinert werden. Vielfach geſchieht dies mit einem Doppelmeſſer oder einer Doppelſchere, die beim Zer-

ſchneiden des ganzen Bogens den ſchmalen Streifen wegnimmt. Manche ziehen jedoch das Schneiden mit der gewöhnlichen Schere vor, nachdem ſie die Breite des Bleiſteges mit einem der Reißfeder ähnlichen Werkzeuge genau auf der Mitte der Rötelſtriche bezeichnet haben. Nunmehr ſucht der Zuſchneider die Farbengläſer aus, legt die entſprechenden Schablonen auf und ſchneidet mit dem Diamant dicht am Rande des Papiers entlang die einzelnen Stücke aus. Etwaige Rauhigkeiten werden mit dem Kröſeleiſen oder mit der Glaſerzange abgekniffen. Außer den der Zeichnung folgenden Bleiruten werden, was früher wegen der Kleinheit der Glastafeln nicht zu umgehen war, zwecks Erzielung günſtiger Farbenſchattierung willkürliche Schnitte gemacht, deren Bleiſproſſen als Notbleie bezeichnet werden.

Dienen die Stücke nur zur Zuſammenſtellung einer Kunſtverglaſung, werden ſie den Glaſern zum Verbleien überwieſen. Der Verbleier befeſtigt zunächſt ein mit Blei eingefaßtes Glasſtück durch Stifte, die er rund um dasſelbe in abgemeſſenen Zwiſchenräumen in den Arbeitstiſch einſchlägt, und ſchiebt zwiſchen die Flügel (Flanſchen) der T-förmigen Bleiſproſſe nach Entfernung der nötigen Anzahl Nägel ein zweites; an die freien Ränder des letzteren fügt er ein paſſendes Stück biegſamer Bleirute feſt an und ſchlägt die Nägel außerhalb des Bleiſtreifens wieder ein. Hierauf legt der Verbleier ein weiteres Stück an, ſtiftet es ebenfalls feſt, fügt wieder Blei an, indem er die hindernden Stifte entfernt, und fährt mit dieſer Arbeit fort, bis das ganze Feld, deſſen Größe durch die einzelnen Fenſtergefache beſtimmt wird, zuſammengeſetzt iſt. Ueberſchießende Bleiſtränge werden mit dem Bleimeſſer abgeſchnitten. Es iſt ſorgſam darauf zu achten, daß die Enden gut zwiſchen die Flügel des anſtoßenden Streifens geſchoben und mit dem Hammer feſtgeklopft werden. Bei dem fertig zuſammengefügten Felde werden die Flügel des Bleigerippes mit Hilfe des „Bleiknechtes“, eines glatten Holz- oder Knochenſtückes, oder mit der flachgehaltenen Klinge des Bleimeſſers feſt an das Glas angefalzt. Die Bleiruten, früher in kurzen Strängen gegoſſen, werden nachweislich ſeit 1487 in der Bleimühle, einem kleinen, in ſeinem Räderwerk verſtellbaren Walzwerk, das neuerdings auch mit Kraftbetrieb (Elektromotor) verſehen wird, in verſchiedenen Breiten gezogen. Fertig gezogenes, ſchon vor dem Gebrauch verzinntes Blei wird gleichfalls in den Handel gebracht. Die Verbindungsſtellen des Bleinetzes werden verlötet. Hierauf wird das Feld vorſichtig umgewendet und das Verfahren auf der andern Seite wiederholt. Vielfach wird beiderſeitiges Verzinnen der Bleifaſſung verlangt, eine Maßnahme, die bei alten Fenſtern nur ſelten beobachtet wird, wenn auch die St. Lukas-Bruderſchaft der Würzburger Glaſer und Maler ſolches Verfahren vorſchrieb. Dem Verlöten und Verzinnen muß ein Beſtreichen mit Stearinöl vorhergehen. Empfehlenswert iſt Verwendung ſtarker widerſtandsfähiger Bleiruten, vorſichtiges Verlöten und vor dem Niederſtreichen der Bleiflügel ſorgfältiges Einreiben mit breiigem, bald verhärtendem Kitt, einer Miſchung von Leinöl und Kreide, Verzinnen der Außenſeite. So wird die größte Feſtigkeit und gänzliche Dichtigkeit erreicht.

Fertig zugeſchnittene Gläſer von Teppich- oder Bildfenſtern werden der Malerſtube zugeführt. Der Glasmaler gebraucht für die muſiviſche Malerei nur zwei Malfarben: eine dunkle, das Schwarzlot, ſchon im 15. Jahrhundert Lot (Schmelze) genannt, und das im erſten Drittel des 14. Jahrhunderts erfundene Silberlot oder Kunſtgelb. Das Schwarzlot, eine früher aus Kupfer-, jetzt aus Eiſenhammerſchlag bereitete ſchwarze Schmelzfarbe, iſt in Abtönungen von Grau bis Braunrot vorhanden und dient zum Malen der Umriſſe und der Schattierung. Das Silbergelb, deſſen angebliche Erfindung durch den aus Ulm gebürtigen Bologneſer Dominikanerbruder Jakob Grieſinger (Jacobus Alemannus) in den Bereich der Sage gehört, verleiht dem Glaſe mehr oder weniger kräftige, durchſichtige gelbe Farbe.

Zu den Gerätſchaften des Glasmalers gehören eine parallel zum matt abgeblendeten Fenſter angebrachte Staffelei, deren Rahmen eine blanke Glasſcheibe einfaßt, eine Handſtütze, Malſtock, Palette, Palettemeſſer, eine Farbenreibeplatte mit Glas- oder Porzellanreiber verſchiedene Arten von Pinſeln zum Malen der Umriſſe und Schattenſtriche, die weichen „Schlepper“ oder „Halbſchlepper“, lange, dünne Pinſel; zum Ausbreiten des Mitteltones kleine und größere „Vertreiber“, breite, flache Pinſel von rechteckigem Querſchnitt und ziemlich weichen Haaren, ferner die Stupfpinſel, breit abgeſchnittene Pinſel verſchiedener Größe von rundem oder rechteckigem Querſchnitt, endlich ſteifere und weichere Borſtenpinſel zum Radieren. Zu den Werkzeugen gehören noch Radiermeſſer, Radierfedern, Radiernadeln ſowie Filzſtangen und Haſenpfoten. Vor Beginn der Arbeit hat der Glasmaler die Farbe ſorgfältig anzureiben. Als Bindemittel für die ſchwarze Farbe benutzt er entweder mit einigen Tropfen Dicköl verſetztes Terpentinöl oder Gummiwaſſer; das Silbergelb wird mit Waſſer zu einem dicken Brei angemengt. Der Glasmaler beginnt die Arbeit mit dem Auftragen der Konturen und der Hauptſchatten, indem er mittels des Schleppers oder bei ganz feinen Arbeiten mit der Zeichenfeder das Schwarzlot genau nach der Vorlage auf die einzelnen Glasſtücke bald deckend, bald durchſcheinend in flotten Zügen aufmalt. Zu dem Zweck wird das Glas auf den wiederzugebenden Teil des Kartons gelegt, worauf der Maler mit dem Pinſel den durchſcheinenden Umriſſen folgt; als Ruhepunkt für die Hand dient die Handſtütze, eine an ihren Enden auf zwei Blöckchen befeſtigte Latte. Nach Vollendung der Umriß- und Innenzeichnung laſſen manche die Stücke ſofort brennen; andre kleben dieſelben, nachdem die Farbe, die in dieſem Falle mit Terpentin angemacht ſein muß, einigermaßen angetrocknet iſt, mit flüſſig gemachtem Wachs unter Zuſatz von etwas Harz in richtiger Zuſammenſtellung auf eine durchſichtige Glasſcheibe; größere Felder mag man einſtweilig verbleien. Nunmehr überzieht der Glasmaler die ganze Fläche der aufgeklebten Glasſtücke mit einer dünnen Schicht Schmelzfarbe, welche, um die mit Terpentinöl aufgemalten Konturen nicht aufzulöſen, in Waſſer unter Zufügung von Gummiarabikum oder Zucker angerieben iſt, und verteilt dieſe, ehe ſie trocknet, mit dem Vertreiber möglichſt gleichmäßig, oder aber er ſtupft dieſen „Mittelton“ mit dem Stupfer ſo, daß die ganze Fläche mehr oder minder grob gekörnt erſcheint, indem an zahlloſen Punkten die Grundfarbe des Glaſes durchblitzt. Nach dem Antrocknen des Ueberzuges beginnt die Arbeit vor der Staffelei. Zunächſt

wiſcht der Glasmaler mit den Fingerſpitzen, dem Daumenballen oder mit Filzſtangen die Halblichter heraus, darauf holt er mit kurzen Borſtenpinſeln die breiteren, mit dünnen Radierpinſeln oder mit der Radiernadel bezw. -feder die hohen Lichter hervor. Der Kernſchatten wird teils durch einfache oder Kreuzſchraffierung, teils durch bald vollſtändig deckende, bald durchſcheinende Uebermalung verſtärkt. Nach Fertigſtellung der Vorderfläche werden die Glasſtücke umgewachſt und mit dem Mittelton in ähnlicher Weiſe von der Rückſeite bearbeitet, jedoch möglichſt unregelmäßig, wolkig, unabhängig von Licht und Schatten. Die Kehrſeite muß ſtets das Silbergelb aufnehmen. Beiderſeitige Anwendung des Schwarzlotes ſah der Verfaſſer, freilich nur in ſpärlicher Ausdehnung, auf einem Glasgemälde des 13., reichlicher auf ſolchen des beginnenden 14. Jahrhunderts. Der körnige Ueberzug beginnt erſt mit der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts, um ſpäter im 17. Jahrhundert wieder dem glatt vertriebenen zu weichen.

Gegenwärtig ſind zwei Brennöfen im Gebrauch, die „Muffel“ und der „Schnellofen“.

Die Muffel, aus Eiſen oder aus feuerfeſtem Ton, iſt derart über der Feuerungsanlage angebracht, daß die Flammen durch die rings um den Kaſten laufenden Züge dringen können, jenen alſo vollſtändig einhüllen. In dieſen oben ſchwach gewölbten, vorn offenen Hohlraum werden mit Gips oder Kreide beſtreute Eiſenplatten, welche die Glasſtücke tragen, übereinander eingeſchoben, wobei man letztere je nach ihrer Brennfähigkeit und Größe mit Rückſicht auf den abweichenden Hitzegrad der einzelnen Platten verteilt. Vierkantige, an beiden Seiten aufgelegte Eiſenſtäbe — zuweilen an der Muffelwandung angebrachte Leiſten — verhüten die gegenſeitige Berührung der Platten. Die fertig beſchickte Muffel wird durch eine nur dem 5—6 cm weiten Beobachtungsrohr Durchlaß gewährende Platte verſchloſſen und mit Lehm abgedichtet, um das Eindringen von Aſchenteilchen und Rauch zu verhindern. Ein an der oberen Wölbung angebrachtes, nach außen führendes Rohr dient zum Abzug der ſich beim Beginn der Erhitzung entwickelnden Dämpfe. Durch Aufrichten einer rohen Ziegelmauer, die das in die Muffel reichende Sehrohr ſtützt, werden die vorderen Flammenzüge hergeſtellt. Nunmehr wird die Feuerung angezündet. Nach Eintritt ſtarker Rotglut, welche die „Wächter“, an verſchiedenen Stellen des Ofens im Bereich des Guckloches eingelegte, nach oben gebogene Glasſtreifen, zum Sinken bringt, wird das Feuer ausgezogen. Die Brennzeit dauert je nach Größe der Muffel 5—12 Stunden; danach bedarf der Ofen einiger Nachglut und eine 10—15-ſtündige Friſt zum Abkühlen.

In den niedrigen, flach gewölbten, mit einer Eiſenklappe verſchließbaren Schnellofen wird bloß eine belegte Eiſenblechplatte eingeſchoben; ein Verweilen von etwa 12 Minuten in dem bis zu ſtarker Rotglut erhitzten Ofen genügt zum Einbrennen der Farben. Die Platte wird mit der Gabel herausgenommen und zum langſamen Abkühlen in einen durch die Glut der Platten vorgewärmten Kaſten geſchoben. Die Neuzeit brachte die Gasheizung, während Verſuche mit Elektrizität vorläufig zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt haben.

Vorgang des Einbrennens beim Schwarzlot und bei den bunten Auftragfarben. Nach Anwärmung des Ofens entweichen die Dünſte des Bindemittels, ſo daß nur das ſchmelzbare Pulver auf der Oberfläche des Glaſes haftet. Letztere werden beide durch die Hitze weich, wodurch die Farbe feſt auf- oder gar hineinſchmilzt, ſich alſo auf das engſte mit dem Glaſe verbindet. Von der aufgemalten Farbe brennt viel nieder, ſo daß vorher zu düſter ſcheinende Scheiben erſt nach dem Brennen glaſige Wirkung zeigen. Uebrigens ſind auch die Gläſer ſelbſt vor der Benutzung auf ihre Brennfähigkeit zu prüfen, ob ſie nachdunkeln oder den Ton der Farbe ändern.

Das Silbergelb, ein Gemenge von Chlorſilber mit feinkörnigem Ton, oder auch der gleichwertige Silberlack geben beim Erhitzen Silber ab, das dem Glaſe, von der Oberfläche desſelben gleichſam aufgeſaugt, einen durchſichtigen Goldton verleiht. Dieſe feſtſitzende Goldbeize kommt zum Vorſchein, ſobald man nach dem Erkalten die immer noch ſilberhaltige Tonkruſte abkratzt. Die Farbſtärke des Kunſtgelbs iſt abhängig von dem Silbergehalt des Tonbreies, von der Dicke des Auftrages, von der Dauer und Stärke des Feuers, endlich, und zwar weſentlich, von der Empfänglichkeit des Glaſes für den Silberniederſchlag.

Nach ſorgſamer Prüfung der Gläſer auf die Haltbarkeit der eingebrannten Zeichnung werden dieſelben dem Verbleier zum Zuſammenfügen überwieſen. Die fertiggeſtellten Felder werden in ſenkrechter Stellung mit Heu, kleine Bilder mit Holzwolle oder Watte verpackt. Bei der Beförderung dürfen die Kiſten niemals flachgelegt werden. Gewiſſenhafte Sorgfalt erfordert das Einſetzen. Die Felder ſind ordentlich mit Kitt, Mörtel und Zement zu verdichten ſowie durch eine genügende Anzahl mit Bleihaften an die Felder befeſtigter Windruten zu ſtützen, die im Stein- oder Eiſenwerk der Fenſteröffnung befeſtigt werden. Neuerdings unterlaſſen die Steinmetzen nicht ſelten, die Steinfugen abzudichten; dieſe ſaugen das Waſſer auf, das nach innen dringt, ſich an den Querſchienen ſammelt und an den vermeintlich undichten Glasfüllungen abläuft. Auf der Sohle des Fenſters iſt eine Rinne nebſt Röhre zur Ableitung des Schwitzwaſſers anzubringen. Schutzgitter aus engmaſchigem Drahtgeflecht waren ſehr früh im Gebrauch.

Zurzeit benutzt man neben dem gewöhnlichen Glas und den Butzenſcheiben Kathedralglas, gegoſſene undurchſichtige Tafeln, vor allem aber das zuerſt in England in den 1850er Jahren nach alten Muſtern hergeſtellte, mit Striemen und Luftbläschen durchſetzte Antikglas. Letzteres, in der Maſſe gefärbt oder als Ueberfangglas nur mit einer farbigen Schicht überzogen, hat die glänzende Leuchtkraft des alten Glaſes; die Stärke der Farbe wechſelt mit der ungleichen Dicke der Scheiben; nur ſolches ſollte bei künſtleriſchen Glasgemälden zur Verwendung kommen.

Die Färbung der Hüttengläſer wird durch Metalloxyde bewirkt, welche ſich mit der Kieſelerde bei Schmelzhitze zu Silikaten verbinden und dem Glaſe die ihrem Oxydationszuſtand eigne Farbe mitteilen; ſo entſteht Rot durch Kupfer, Blau durch Kobalt, Violett durch Mangan u. ſ. w. (ſ. Glas). Da Kupferoxydul ſchon bei geringem Zuſatz eine zu dunkle Färbung verurſacht und dieſe Eigenſchaft nur die Herſtellung allzu dünner zerbrechlicher Scheiben ermöglichte,

kamen schon die Alten auf den Einfall, gleich beim Blasen des Glases eine weiße Tafel mit einer feinen roten Haut zu vereinigen. So erzielte man Schönheit der Farbe, Durchsichtigkeit und hinreichende Stärke des Glases. In der Masse gefärbtes Rot ist dem Verfasser trotz zahlreicher Wiederherstellungsarbeiten bisher nicht zu Gesicht gekommen; eine starke Schmutzkruste läßt den Querschnitt dunkel erscheinen und gibt zu Täuschungen Veranlassung.

Das Ueberfangglas, seit der Mitte des 14. Jahrhunderts vereinzelt in andern Farben hergestellt, erzeugt der Glasbläser, indem er zuerst etwas weiße Glasmasse auf die Pfeife nimmt, letztere hierauf in einen mit der farbigen Fritte gefüllten Tiegel eintaucht und dann erst eine größere Menge weißen oder wieder andersfarbigen Glases aufnimmt. Diese zähflüssige Masse wird zu einem zylindrischen Körper aufgeblasen, unten aufgeschnitten, oben an der Pfeife abgesprengt, der Länge nach aufgetrennt, endlich im Streckofen gestreckt und geglättet. Man stellt also neben dem einfachen doppeltes und mehrfarbiges Ueberfangglas her, so daß auf jeder Seite der Kernschicht eine farbige Haut sich vorfindet. Durch Wegätzen der Ueberfangschicht mittels Flußsäure — früher durch Wegschleifen mit Eisen oder Stein — erscheint auf derselben Scheibe die Grund- bezw. eine andre Farbe; hierdurch sowie durch Auftragen von Silbergelb lassen sich bei Kleinmalereien und bei Verzierung von Gewändern hübsche Wirkungen erzielen. Auf dem Ausschleifverfahren beruht übrigens „Luce floreo", eine außerhalb der durch Material und Technik gebotenen Stilgesetze stehende Neuerung. Eine Nachahmung des Antikglases ist das gesandelte oder Sandelglas. Ferner kommen zur Anwendung, besonders in der neueren Kunstverglasung, die auch statt der Bleiruten Messingstreifen benutzt, Eisblumen-, Krokodil-, Damast-, Riffel- und das von Tiffany in New York eingeführte, jedoch längst nachgeahmte Opaleszentglas. Letzteres ist bei mäßiger Verwendung von trefflicher Farbenwirkung; das Ueberschreiten gewisser Grenzen dürfte übrigens bald einen Rückschlag hervorrufen. Aetzerei, Schleiferei und Sandgebläse bleiben, weil nicht zur Glasmalerei gehörig, hier unbesprochen.

Als Vorläufer der Glasmalerei, neben ihr und nach ihrem Verfall bestanden die Verbleiungen, durchsichtige, unbemalte Mosaiken, von der schlichten Rautenverglasung bis zu verwickelten Band- und Flechtwerkmustern. Eine beträchtliche Zahl gefälliger Flächenmuster steht dem Glaser zur Verfügung, darunter eine Menge alter Beispiele von reich verketteten und verflochtenen Kunstverglasungen. Die Wirkung der geschmackvollen Bandverschlingungen wird erhöht, wenn die Bänder auf einem Grunde von andrer Tonung liegen; zu derartiger Arbeit eignen sich besonders grünliche und gelbliche Antikgläser, wobei als Einfassung farbige Randstreifen, für spätgotische Fenster durch Silbergelb hergestelltes Rankenwerk zu empfehlen sind.

In dem romanischen und frühgotischen Zeitabschnitt treten sämtliche Arten des Fensterschmuckes auf. Die früheste Anfertigung von Grisaillen, auf grünliches Glas aufgemaltes Blumen- und Blattwerk, wird den Zisterzienern zugeschrieben. — Treffliche Denkmäler in Heiligenkreuz bei Wien und in Altenberg bei Köln. Als Grisaillen bezeichnen übrigens manche die kleinen in Graumalerei durchgeführten Bildscheibchen und die vornehmlich in Weiß gehaltenen Figurenfenster der späteren Gotik, z. B. in Xanten und das Westfenster zu Altenberg.

An die Grisaillen schließen sich die mosivisch-farbigen Glasteppiche, bei denen sich je nach der Verschiedenheit des Glasschnittes und dem Farbenreichtum herrliche Wirkungen erzielen lassen. Abbildungen in [3]. Eigenartig werden die Maßwerkbekrönungen behandelt; sie enthalten Blumen, Blätter, Sinnbilder, Wappen, Schriftbänder, häufig fliegende Engel, Brustbilder von Propheten, Evangelisten, Heiligen, Einzelfiguren, Gruppen kleinen und großen Maßstabes. Die Bilddarstellungen in den Langbahnen, seien es Brustbilder, Standfiguren oder Gruppen, sind entweder in passender Umrahmung in Teppich eingefügt oder in einem baukünstlerischen Aufbau, in Architektur mit Sockel und Baldachin angeordnet. Die Medaillonfenster, von pflanzlichen Einfassungen umgeben, auf Teppichgrund aufgelegte Bildchen in mosivischer Kleinarbeit, sind meist von vorzüglicher Farbenwirkung; sie verschwinden in der Spätgotik, die uns die überaus malerischen Jesse fenster bringt, wovon herrliche Beispiele in Nürnberg und Ulm zu sehen sind.

Die Zeichnung der Glasmalereien trägt natürlich das Gepräge ihrer Zeit. Die Technik bleibt, abgesehen von der größeren Fertigkeit einzelner Künstler, in den Hauptzügen dieselbe. Schon früh wurde unsre Kunst auch außerhalb der Klöster betrieben. Hatte schon im 14. Jahrhundert vereinzelt eine Trennung zwischen Zeichner und Glasmaler stattgefunden, so wurde diese für die Folgezeit fast zur Regel.

Mannigfaltig ist heutzutage der glasmalerische Schmuck weltlicher Bauten. Zur monumentalen Gruppenmalerei gesellen sich Ornamentfenster in Tuchton mit Goldverzierung, mit eingebleiten farbigen Fruchtgehängen und andern Zieraten. Als Bildeinlagen dienen die Werke der Kleinmalerei: Wappen, Landschaften, Jagdstücke, Köpfe. Bei vernünftigem Maßhalten sind die Opaleszentverglasungen von prächtiger Wirkung. Daß die Glasmalerei sich dem Stil des Gebäudes anpassen muß, ist selbstverständlich; vor allem ist bei der Ausstattung von Wohnzimmern Rücksicht auf den Raum selbst, auf dessen Bestimmung und auf seine Bewohner zu nehmen. Unter keinen Umständen darf der Glasmaler die durch das Material, die Technik und den Zweck der Glasmalerei gebotenen Stilgesetze außer acht lassen. Bedeutende Werkstätten bestehen zurzeit in Düsseldorf, Freiburg i. Br., Innsbruck, Köln, Linnich, München, Wien. — Geschichtliches und Abbildungen in [1]—[11].

Literatur: [1] Geffert, W. A., Geschichte der Glasmalerei, Stuttgart 1839. — [2] Wackernagel, W., Die deutsche Glasmalerei, Leipzig 1855. — [3] Schäfer und Roßteuscher, Ornamentale Glasmalerei des Mittelalters und der Renaissance, Berlin 1885—88. — [4] Oidtmann, H., Die Technik und die Geschichte der Glasmalerei, Köln 1892 und 1898. — [5] Derf., Die Schweizer Glasmalerei, Leipzig 1905. — [6] Derf., Die Glasmalerei im alten Frankenlande, Leipzig 1906. — [7] Bruck, Rob., Die elsässische Glasmalerei, 1901. — [8] Geiges, Fr., Der alte Fensterschmuck des Freiburger Münsters, 1901—05. — Für Belgien: [9] Levy, E., et Capronnier, Histoire de la peinture

sur verre, 1860. — Für Frankreich: [10] Ottin, L., Le vitrail, Paris 1896. — Für England: [11] Westlake, N. H. J., History of design in painted glass, Oxford 1881—94. *Heinrich Oidtmann.*

Buntglasimitationen dienen, wie die Diaphanien (Diaphanbilder), als billiger Erſatz für Glasmalereien; ſie zeigen den alten Butzenſcheiben ähnliche Zuſammenſtellungen, während Diaphanien figürliche, ornamentale oder landſchaftliche Darſtellungen ſind. Beide Arten ſind auf dünnes Papier mit fetten Farben gedruckt und mit einem durchſichtig machenden Lack (Diaphanlack) überzogen. Buntglasimitationen werden auch ohne Lacküberzug geliefert und dann mit Lack auf die Fenſterſcheiben aufgeklebt. Buntglasimitationen, lackiert, und Diaphanien werden nur mit Gelatine aufgeklebt und, wenn man ſie ſehr lange gut erhalten will, noch mit einem Glas bedeckt, ſo daß die Imitation ſich zwiſchen zwei Scheiben befindet. Diaphanien werden zurzeit auch als Fenſtervorſetzer und Hängebilder auf Drahtgewebe aufgeklebt, wodurch ſie unzerbrechlich ſind; das Drahtgewebe beeinträchtigt die Deutlichkeit der Bilder nicht. *Andés.*

Glasmikrometer, ſ. Fadenkreuz, Mikrometer.

Glasofenſteine. Bei der Glasfabrikation werden die im richtigen Verhältnis gemiſchten, vorher gemahlenen Rohmaterialien in mehr oder minder großen Gefäßen, den ſogenannten Glashäfen, geſchmolzen, um dann mittels des Blas- oder eines Gußverfahrens in die verſchiedenen Glaswaren geformt zu werden.

Das Material, aus dem dieſe Glashäfen ſowie diejenigen Steine, die den flachen Raum über den Glashäfen überdecken, hergeſtellt werden, muß möglichſt frei von Eiſen und ſolchen Beſtandteilen ſein, die eine Verunreinigung der Glasmaſſe herbeiführen können; es muß ferner eine ſolche Zuſammenſetzung haben, daß die fertigen Glasofenſteine gegen die Angriffe des geſchmolzenen Glaſes tunlichſt widerſtandsfähig ſind. Am beſten bewähren ſich für dieſen Zweck die plaſtiſchen hochtonerdereichen feuerfeſten Tone. Die Glashütten pflegen ſich die von ihnen gebrauchten Glasofenſteine, namentlich die Glashäfen, ſelbſt herzuſtellen und beziehen nur die Rohmaterialien von den Fabriken feuerfeſter Produkte; ſ. a. Glas und Tonwaren.

Literatur: „Sprechſaal", Koburg 1866 u. f. *Dämmler.*

Glaspapier, Bogen feſten, widerſtandsfähigen Papiers, auf welchen mittels einer Leimlöſung pulveriſiertes Glas in verſchiedenen Feinheiten befeſtigt iſt.

Es wirkt in der Weiſe wie eine außerordentlich feine Feile, indem das aufgeſiebte, befeſtigte Glas eine rauhe Oberfläche bildet, und ſind die ſehr ſcharfen, ſchneidenden Kanten des Glaſes geeignet, weichere Materialien als Glas ſelbſt zu ſchleifen. Je nachdem das Papier zum feinen oder groben Schleifen benutzt werden ſoll, erzeugt man dasſelbe auch in verſchiedenen Feinheiten, und zwar gewöhnlich in zehn Abſtufungen, vom feinſten Mehl bis zu Körnchen des Glaſes mit etwa $^1/_2$ mm Durchmeſſer. Hauptwert iſt auf feſtes, zähes Papier, auf guten Leim und gleichmäßige Körnung zu legen. *Andés.*

Glasperlen, entweder durch Schneiden von Glasröhren zu kleinen Zylinderchen hergeſtellt oder aus Glaskügelchen beſtehend (ſ. Fiſchperlen und Glaskorallen).

Glasplanimeter, eine mit einer feinen Quadratnetzteilung verſehene Glastafel, welche zur Flächeninhaltsberechnung aus Plänen dient. S. Planimeter.

Glasporzellan (Réaumurſches Porzellan), ſ. Entglaſung.

Glasprismen, zum Abſtecken von Winkeln, ſ. Winkelinſtrumente.

Glasprobe, Weberſche, ſ. Glas, S. 548.

Glasſchleiferei, ſ. Glas, S. 544, und Schleifen.

Glasſchneidewerkzeuge. Das Mittel zum Schneiden des Glaſes iſt faſt regelmäßig der Diamant, Schneiddiamant, ein roher (ungeſchliffener) Diamantkriſtall, welcher in ſeiner Faſſung mittels Zinnlots ſo befeſtigt wird, daß eine ſeiner Kanten in der zum Schnitte geeigneten Lage ſich befindet.

Bei richtiger Wirkung verurſacht der Diamant im Schneiden nur ein leiſes Kniſtern, kein helles Kreiſchen, und macht einen feinen, nicht weiß ausſehenden ($^1/_8$—$^1/_6$ mm tiefen) Spalt, nach deſſen Richtung ſodann das Glas durch einen leichten Druck oder Schlag rein abbricht. Um gerade Schnitte zu machen, führt man den Diamant längs eines Lineals; in krummen Linien wird er aus freier Hand bewegt, indem man als Richtſchnur eine auf Papier gemachte Vorzeichnung unter das Glas legt oder bei Spiegeln die Linie vorläufig in die Belegung einkratzt. Kreisförmige Scheiben können bequem und ſehr genau geſchnitten werden, wenn man den Diamant in einen Stangenzirkel einſetzt. Beſondere Schneidvorrichtung vgl. [1].

Statt des Diamants wird zuweilen ein gehärtetes Stahlrädchen zum Ritzen des Glaſes verwendet [2]; das Abbrechen findet dann ebenſo ſtatt wie nach Benutzen des Diamants. Auch ſprengt man das Glas mittels glühenden Eiſens oder der ſogenannten Sprengkohle. Letztere beſteht aus Holzkohlenpulver mit Gummiauflöſung, Tragantſchleim und Benzoetinktur — oder mit $^1/_{16}$ Bleizucker und der nötigen Menge Tragantſchleim — zu einem Teige geknetet und in runde, federkieldicke Stäbchen geformt.

Das Kröfeln, Abkröfeln beſteht in dem Wegbrechen kleiner Teile von den Rändern der Glasſcheiben u. ſ. w., wozu man ſich eines einfachen hakenartigen Werkzeuges (Kröfeleiſen, Fügeeiſen) bedient. Um an Glastafeln (von der Dicke des gewöhnlichen Fenſterglaſes) Ecken und andre kleine Teile abzurunden, runde und ovale Scheiben zuzuſchneiden u. ſ. w., bedient man ſich der Glasſchere; ſie gleicht im allgemeinen Ausſehen einer Handblechſchere, iſt aber mit großen ovalen Ringen zum Einſtecken der Hände verſehen.

Das Glasbohren findet ſtatt mittels einer Rennſpindel oder eines Rollenbohrers, woran man einen Diamantſplitter als Bohrſpitze gebraucht oder gewöhnliche ſtählerne Bohrſpitzen anwendet, die man aber mit Terpentinöl benetzt. Größere Löcher bohrt man mittels einer kupfernen Röhre und Schmirgel dergeſtalt, daß ein Scheibchen herausfällt; dieſes Verfahren wird auch auf der Drehbank ausgeübt.

Das Feilen des Glaſes geht leicht und ſchnell mit einer gewöhnlichen Feile vonſtatten, wenn man die Feile mit Terpentinöl feucht erhält. Die aus Schmirgel und Schellack u. ſ. w. zuſammengeſetzten Schmirgelfeilen, welche nur mit Waſſer genetzt werden, eignen ſich gleichfalls hierzu gut.

Das Schleifen (ſ. d.), Schneiden und Gravieren (ſ. Glasgravieren) der gläſernen Gefäße und ähnlicher Gegenſtände [3] geſchieht auf einer kleinen Drehbank (Schleifbank), an deren Spindel die geeigneten Werkzeuge eingeſpannt werden. Letztere ſind teils zirkelrunde Schleifſteine (feiner Sandſtein oder eine andre harte Steinart, auch künſtliche, aus Schmirgel- oder Korborundumpulver und einem Bindemittel, Schellack, Zement u. ſ. w., zuſammengeſetzte Steine), teils Scheiben (Schneidſcheiben) von Eiſen, Kupfer, Zinn, Holz (Linden-, Pappel-, Weidenholz) oder Kork, teils endlich Stifte von Eiſen, Kupfer, Meſſing, welche am Ende bald zugeſpitzt oder zugerundet ſind, bald die Geſtalt eines kleinen Scheibchens (Rädchens) oder Knöpfchens haben. Dieſe weichen Werkzeuge werden mit entſprechenden Schleifmitteln geſchmiert [4].

Literatur: Prechtl, Technolog. Encykl., Stuttgart 1836, Bd. 7, S. 18; Karmarſch-Fiſcher, Handb. d. Technologie, Leipzig 1890, Bd. 2, S. 873. — [1] Dinglers Polyt. Journ. 1849, Bd. 113, S. 191; 1859, Bd. 153, S. 186. — [2] Ebend. 1874, Bd. 211, S. 344. — [3] Prechtl, a. a. O., 1836, Bd. 7, S. 60; 1850, Bd. 16, S. 357. — [4] Karmarſch-Fiſcher, a. a. O., Bd. 2, S. 861. *E. Müller-Dresden.*

Glasſpinnen. Aeußerſt dünn ausgezogene Glasfäden (Glaswatte, Glaswolle) beſitzen einen hohen Grad von Biegſamkeit und Elaſtizität.

Die Herſtellung ſolcher Fäden erfolgt vor einer Gebläſelampe, indem man ein Stängelchen leicht ſchmelzbaren Glaſes bis zum Erweichen erhitzt. Mittels einer Pinzette wird das erweichte Ende gefaßt und mit einer raſchen Armbewegung zu einem haardünnen Faden ausgezogen. Dieſen befeſtigt man durch Siegellack oder mit einem kleinen Häkchen — manchmal auch durch bloße Reibung — auf dem Umfang eines raſch gedrehten großen breiten Holzhaſpels. Wenn nun die Stichflamme das Ende des Stäbchens andauernd erweicht, ſo wird durch die Bewegung des Haſpels die halbgeſchmolzene Glasmaſſe zu einem ſehr dünnen Faden ausgezogen, der auf dem Haſpel ſeidenglänzende Strähne bildet. Iſt hiervon genugſam aufgewickelt, ſo wird der Strahn durchſchnitten und von dem Haſpel abgenommen.

Trotz der ſchätzenswerten Eigenſchaften dieſes Materials hat es ſich nicht ſo recht in die Praxis einführen wollen. Sein ſchimmernder Glanz, geringes Wärmeleitungsvermögen, große Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und chemiſche Agenzien werden durch die Gefahr aufgewogen, daß kurze Endchen des geſponnenen Glaſes abbrechen und in die Haut eindringen. Sie verurſachen dann ein läſtiges Jucken oder bisweilen ſogar eiternde kleine Puſteln. — Die aus geſponnenem Glaſe hergeſtellten Toilettegegenſtände ſpielen denn auch kaum eine andre Rolle als jene von Kurioſitäten. Sie ſehen allerliebſt aus, ſind aber ungeeignet für den praktiſchen Gebrauch. — Die Verarbeitung geſchieht meiſt in der Weiſe, daß die Kette des Gewebes aus Pflanzenfaſern, der Einſchlag aber aus Strähnchen geſponnenen Glaſes beſteht. Dieſe werden in Nutzlängen abgeſchnitten, die der Breite des herzuſtellenden Gewebes entſprechen. Ein eigenartiges, dem Weberſchiffchen entſprechendes Gerät nimmt dann abwechſelnd rechts und links aus einer Lade ein Büſchel Glasfäden und zieht dieſes zwiſchen den Fäden der Kette hindurch.

Neuerdings ſind überſponnene Hohlglaswaren ſehr beliebt geworden. Eine neben dem Glasofen aufgeſtellte horizontale Spindel kann durch eine Zahnradüberſetzung in raſche Umdrehung verſetzt werden. Eines von ihren beiden Lagern iſt als Schraubenmutter ausgebildet, während die Spindel ſelbſt ein entſprechendes ſehr feines Gewinde trägt. Die Spindel erlangt alſo bei der Umdrehung eine fortſchreitende Bewegung. An ihr freies Ende wird nun ein ordentlich vorgewärmtes Hohlglas befeſtigt. Der Glasmacher nimmt ſodann mit einem Bindeeiſen einen kleinen Poſten Glas auf, wärmt ihn im Arbeitsloche des Ofens gehörig ein und zieht einen Faden aus, den er am Glaſe befeſtigt, während ſein Gehilfe die Spindel in raſche Umdrehung verſetzt. Selbſttätig zieht ſich nun der Glaspoſten nach und nach zu einem ca. 0,3—0,8 mm dicken, langen Faden aus, der ſich in engen, dicht geſchloſſenen Windungen um den Glaskörper legt. Iſt das Glas ganz überſponnen, ſo wird es nochmals eingewärmt, um etwaige Spannungen zu beſeitigen, und dann von dem Einträger in den Kühlofen gebracht. *Brenner.*

Glastränen. Läßt man geſchmolzenes Glas in kaltes Waſſer eintropfen, ſo erſtarren die Tropfen zu Tränen, die in einem dünnen Faden auslaufen. Infolge der raſchen Abkühlung und der beim Abkühlen beſtehenden großen Temperaturdifferenz zwiſchen der Oberfläche und dem Innern bildet ſich in der erſtarrenden Träne ein Spannungszuſtand der Moleküle aus, der bei der kleinſten Störung des Zuſammenhangs, etwa durch Abbrechen der Spitze oder durch Ritzen mit Feuerſtein, einen exploſionsartigen Zerfall des Glaſes zu Staub zur Folge hat. Näheres über die Struktur der Glastränen ſ. [1], S. 444, vgl. a. [2].

Literatur: [1] Violle, Lehrbuch der Phyſik, Bd. 1; deutſche Ausg., Berlin 1892. — [2] Frick-Lehmann, Phyſik. Technik, 7. Aufl., I, 2, S. 773 und 1149, Braunſchweig 1905. *Aug. Schmidt.*

Glastüre, dient nicht nur als Verſchluß eines Raumes, ſondern auch zur Erhellung desſelben.

Sie erhält zu dieſem Zwecke in ihrem oberen Teil Verglaſung, im unteren Teil in Höhe von 0,70—1,0 m geſtemmte Füllungen (ſ. d.). Die Verglaſung beſteht entweder aus einer einzigen Scheibe aus ſtarkem Spiegelglas, das durch Holzleiſten und Gummiſtreifen befeſtigt wird, oder aus mehreren Scheiben mit Sproſſenwerk, das in einen beſonderen Flügel oder Rahmen eingeſetzt ſein kann. *Weinbrenner.*

Glaſuren, im Feuer erzeugte, glasartige Ueberzüge auf Tonwaren, Metallen u. dergl., die einesteils den Zweck der Verzierung haben, anderenteils die Oberfläche dichten bezw. gegen die Einwirkung andrer Stoffe ſchützen ſollen.

Zur Herſtellung der Glaſuren verwendet man Kieſelſäure und Silikate, wie Quarz, Feuerſtein, Infuſorienerde, Feldſpat, Pegmatit, Ton u. a., die mit baſiſchen Stoffen, wie Bleiglätte, Mennige, Eiſenoxyd, Zinkoxyd, Kalk, Magneſia, Alkalien, zur Glasmaſſe zuſammengeſchmolzen werden. Die Kieſelſäure kann teilweiſe durch Borſäure erſetzt werden, welche die Glaſur leichtflüſſiger macht. Sind die verwendeten Stoffe in Waſſer löslich, ſo iſt es geboten, dieſelben durch Zuſammenſchmelzen mit Kieſelſäure oder Silikaten in unlösliche Verbindungen überzuführen. Man nennt eine ſolche Schmelze die Glaſurfritte. Oft können ſolche Fritten in feingemahlenem Zuſtande direkt als Glaſur Verwendung finden; manchmal iſt es jedoch nötig, daß man dieſelben noch mit andern Stoffen, wie Ton, Feldſpat, Kieſelſäure, verſetzt, die daher Glaſurverſatz genannt werden. Sind die betreffenden Subſtanzen in Waſſer unlöslich, ſo können dieſelben, in feinſtgemahlenem Zuſtande und in zweckdienlichen Mengen zuſammengemiſcht, ohne zuſammengefrittet zu werden, als Glaſur Verwendung finden, wodurch ein billigeres Fabrikat erzielt wird.

Die chemiſche Zuſammenſetzung der Glaſuren iſt eine ſehr ſchwankende und beginnt mit etwa anderthalbfachem Silikat. Die zur Glasbildung erforderlichen Baſen bezeichnet man als Flußmittel, und machen dieſelben eine Glaſur um ſo leichtflüſſiger, je höher ihr Molekulargewicht iſt. Die vorzüglichſten Flußmittel ſind: Bleioxyd, Kali, Natron, Kalk und Baryt. Ein geringer Zuſatz von Tonerde macht die Glaſuren härter und beſtändiger, beeinflußt aber den Glanz derſelben; hoher Tonerdezuſatz erhöht den Schmelzpunkt der Glaſuren und ruft Trübung derſelben hervor.

Bei Verwendung nicht gefärbter Materialien zur Herſtellung der Glaſur erhält man farbloſe Gläſer; durch Zuſatz von Metalloxyden kann dieſelbe beliebig gefärbt werden. So gibt beiſpielsweiſe Kobaltoxyd blaue, Manganoxyd violette, Chromoxyd grüne, Eiſenoxyd rote bis braune Farbentöne, Zinnoxyd macht die Glaſur weiß und undurchſichtig; gewöhnlich nennt man letztere Email. Soll irgend ein Stoff zum Färben in die Glaſur eingeführt werden, ſo läßt man denſelben in äquivalenter Menge Verbindungen ähnlicher Art vertreten. So werden äquivalente Mengen SiO_2 durch Zinnoxyd, Tonerde durch Eiſen- oder Chromoxyd, Kalk durch Manganoxyd erſetzt. Zinnoxyd findet meiſt nur für bleihaltige Glaſuren Verwendung. Zur Herſtellung der Emaillen verſetzt man metalliſches Bleioxyd und Zinn in erforderlichen Mengen durch Erhitzen, wobei man den ſogenannten Aetzer gewinnt, der zur Herſtellung der Glaſur verwendet wird. Durchſichtige Bleiglaſuren werden mit Hilfe der Oxyde wie Glätte und Mennige ſowie unter Verwendung der in der Natur vorkommenden Schwefelverbindung Bleiglanz erzeugt. Zur Einführung der Alkalien verwendet man Feldſpat oder andre Alkali enthaltende Mineralien neben den im Handel vorkommenden alkaliſchen Salzen, die jedoch ihrer Leichtlöslichkeit wegen zu ſchwerlöslichen Doppelſilikaten eingefrittet werden müſſen. Kalk und Baryt kommen als natürliche kohlenſaure Salze, wie Marmor, Kreide, Witherit, oder ſchwefelſaure Verbindungen, wie Gips und Schwerſpat, zur Verwendung. Magneſia wird meiſt als Magneſit oder Magnesia usta in die Glaſur eingeführt. Zinkoxyd wird als ſolches verwendet; Tonerde findet ſich in den Tonen und Feldſpaten vor. Zur Herſtellung der Farben werden die rein dargeſtellten Oxyde der bezüglichen Elemente bevorzugt, inſofern ſolche nicht in hinreichender Reinheit in der Natur bereits vorkommen.

Vor der Verwendung der Glaſur iſt es nötig, daß die Maſſe in eine feine, milchige Trübe (Glaſurſchlempe) verwandelt wird, was man durch Feinmahlen mit Waſſer erreicht. Hierzu dienen die ſogenannten Glaſurmühlen mit Bodenſtein und Läufer oder auch aus Porzellanmaſſe hergeſtellte Kugelmühlen. Das Auftragen geſchieht entweder mit dem Pinſel oder durch Begießen der Ware mit der Glaſurſchlempe bezw. Eintauchen in dieſelbe oder auch mittels eines Zerſtäubers. Für feinere Waren wird die Glaſur auf den gebrannten (geſchrühten) Scherben, für billigere Fabrikate auch auf den lufttrockenen oder lederharten Scherben aufgetragen. Das Aufbrennen der Glaſur auf beſſere Fabrikate geſchieht in Muffelöfen, auf gewöhnliche Töpferwaren und Ziegel auch im offenen Feuer, was für Steinzeug unbedingt erforderlich iſt. — Eine jede dauerhafte Glaſur muß ihrem Träger, dem Scherben oder Metall, angepaßt ſein, d. h. beide müſſen in ihren Ausdehnungskoeffizienten übereinſtimmen. Iſt dies nicht der Fall, ſo machen ſich Glaſurfehler bemerkbar, welche die Brauchbarkeit und den Wert der Ware beeinträchtigen.

Derartige Glaſurfehler ſind: Zerreißen der Glaſur oder Abſpringen derſelben von der Unterlage. Iſt beim Erkalten die Zuſammenziehung der Glaſur eine größere als die der Unterlage, ſo muß ein Zerreißen der Glaſur eintreten, und es entſtehen in derſelben ſogenannte Haarriſſe, deren Menge um ſo zahlreicher iſt, je größer der Unterſchied in den Ausdehnungskoeffizienten von Glaſur und Unterlage. Iſt die Ausdehnung der letzteren die größere, ſo findet ein Abſpringen der Glaſur ſtatt, was ſich beſonders an den Rändern und Anſätzen der Waren bemerkbar macht. Treten derartige Fehler bei glaſierten Metallen auf, ſo kann denſelben nur durch Abänderung der Glaſur vorgebeugt werden. Bei Tonwaren iſt ſowohl eine Abänderung der Glaſur als auch des Scherbens möglich, um gut glaſierte Waren zu erzielen. Der Ausdehnungskoeffizient einer Glaſur iſt durch die chemiſche Zuſammenſetzung derſelben bedingt. Der Ausdehnungskoeffizient des Scherbens iſt ſowohl von der chemiſchen Zuſammenſetzung als auch von der Beſchaffenheit der Beſtandteile und dem Brenngrade desſelben abhängig. Sollen

glaſierte Tonwaren in demſelben Feuer gebrannt werden, ſo muß der Schmelzpunkt der Glaſur mit der Garbrandtemperatur des Scherbens übereinſtimmen.

Man unterſcheidet Bleiglaſuren, Emaillen und Erdglaſuren. **Bleiglaſuren** zeichnen ſich durch leichte Schmelzbarkeit und hohen Glanz aus. Ihre Zuſammenſetzung ſchwankt zwiſchen $PbO \cdot 1{,}5\,SiO_2$ und $\left.\begin{matrix}0{,}1\,K_2O\\0{,}2\,CaO\\0{,}7\,PbO\end{matrix}\right\}0{,}3\,Al_2O_3 \cdot 3\,SiO_2$. Je nach ihrer Zuſammenſetzung liegt der Schmelzpunkt zwiſchen dunkler Rotglut und etwa 1150° C. Durch Einführung von färbenden Metalloxyden können die Bleiglaſuren beliebig gefärbt werden. Dieſelben finden Verwendung für Fayence, Majolika, irdenes Geſchirr, Ziegelfabrikate und Terrakotten. **Emaillen** ſind milchig getrübte, undurchſichtige Glaſuren. Sie können ſowohl bleihaltig als auch bleifrei ſein. In erſterem Falle ſind ſie durch Zinnoxyd weiß gefärbt und entſprechen etwa folgender Zuſammenſetzung: $\left.\begin{matrix}0{,}1\,K_2O\\0{,}1\,CaO\\0{,}8\,PbO\end{matrix}\right\}2\,SiO_2 \cdot 0{,}5\,SnO_2$. Die bleifreien, leicht ſchmelzbaren Emaillen ſind Silikate, deren Baſen aus Baryt, Kalk, Magneſia und Alkalien beſtehen, deren Kieſelſäure durch äquivalente Mengen Borſäure vertreten iſt und die Zinnoxyd oder Tonerde ihre weiße Farbe verdanken. Auch die Emaillen laſſen ſich durch Metalloxyde färben. Sie finden vielfach Verwendung für Steingut, Ziegelwaren und Terrakotten, ebenſo zur Verzierung von Metallen. Die **Erdglaſuren** ſind die widerſtandsfähigſten, zugleich aber ſchwerſt ſchmelzbaren Glaſuren. Zu ihnen gehören die Porzellan- oder Feldſpatglaſuren. Sie werden zuſammengeſetzt aus weißem Ton bezw. Kaolin, Feldſpat, Quarz, Marmor und Magneſit und bilden Tonerde-, Kalk-, Alkaliſilikate, die in ihrer Zuſammenſetzung vielfach variieren. Sie finden Verwendung für Porzellan, beſſeres Steingut ſowie Ziegelwaren. — Um den Gefahren vorzubeugen, die durch Bleiglaſuren von ſchlechter Beſchaffenheit verurſacht werden, hat man für irdene Waren (Bunzlauer Geſchirr) Glaſuren aus Ton unter Zuſatz von Alkalien, ſogenannte **Lehmglaſuren**, hergeſtellt. Dieſelben finden Anwendung für Steinzeug, Töpfergeſchirre und Ziegelwaren. — **Eiſenglaſuren** ſind Eiſenoxydulſilikate, die zum Glaſieren von Ziegeln, namentlich Dachziegeln, vielfach Verwendung finden. Eine Glaſur von der Zuſammenſetzung $FeO \cdot 2\,SiO_2$ ſchmilzt etwa bei Kegel 3 und zeigt eine ſchieferblaue Farbe mit mattem Glanz. — **Salzglaſur** wird durch Einſtreuen von Kochſalz in die Glut nach erlangter Gare der Fabrikate erzeugt; hierbei verdampft das Kochſalz und zerſetzt ſich an den glühenden Waren unter Abſcheidung von Natron, das mit der Oberfläche des Scherbens eine dünne, aber ſehr dauerhafte Glaſur bildet. Dieſe Glaſur erfordert einen im Feuer gut ſtehenden Ton und findet namentlich für Steinzeug Verwendung, z. B. für die ſalzglaſierten Krüge des Kannebäckerlandes ſowie für Waſſerleitungsröhren.

Literatur: Tenax, B. P., Die Steingut- und Porzellanfabriken, Leipzig 1879; Schumacher, W., Die keramiſchen Tonfabrikate, Weimar 1884; Segers geſammelte Schriften, Berlin 1895; Anſell, H., The Manufacture of Glazed Bricks and Sanitary Ware, London 1898. *Dümmler.*

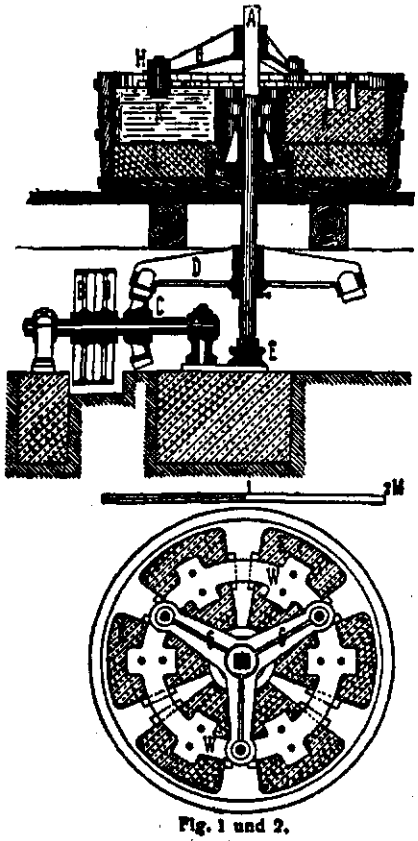


Fig. 1 und 2.

Glaſuren für Holzgefäße, ſ. **Brauerlacke**.

Glaſurmühlen dienen zum Feinmahlen der Glaſurmaſſen, ſeien dieſelben vorher gefrittet oder nur im richtigen Verhältnis der einzelnen Beſtandteile zuſammengemiſcht. Die Zuſammenmahlung findet ſtets unter reichlicher Waſſerzugabe ſtatt.

Es können alle Zerkleinerungsmaſchinen benutzt werden, die eine Naßmahlung geſtatten; in erſter Linie Mahlgänge, Kugel- und Schleppmühlen. Die Glaſurmaſſen dürfen durch Abreibung metallener Teile nicht verunreinigt werden. Man verwendet daher zur Ausfütterung der Glaſurmühlen hauptſächlich Holz und Porzellan; auch diejenigen arbeitenden Teile, welche die Zerkleinerung herbeiführen, als Mahlſteine bei den Mahlgängen und Schleppmühlen ſowie Kugeln in den Kugelmühlen, ſind aus entſprechendem Material herzuſtellen, z. B. aus Sandſtein, reinem Quarz, auch wohl Porzellan. Mit Vorliebe werden Schleppmühlen benutzt; dieſelben beſtehen aus zwei oder mehreren ſchweren Quarzſteinen, die auf einem Bodenſtein herumgeſchoben oder gezogen werden. Fig. 1 und 2 zeigen eine derartige Schleppmühle in Grundriß und Schnitt. Die Läuferſteine *K* ſind durch den Kranz *W* miteinander und durch den Mitnehmer *O* mit der oben vierkantigen Welle *A* verbunden. Durch die Drehung der Welle werden auch die Mahlſteine in Bewegung geſetzt und ſo das aufgegebene Material zerkleinert. Da der Mitnehmer *O* ſich an der Welle *A* frei auf und ab bewegen kann, ſo können ſowohl Läufer als Bodenſtein ſehr lange verwendet werden, ohne daß eine Abnutzung erfolgt. *Dümmler.*

Glaſuröfen werden benutzt, um die auf die zu glaſierenden Waren aufgebrachte Glaſurmaſſe auf- und feſtzubrennen.

Da nur wenige Glaſuren im freien Feuer die gewünſchte Farbe und den erforderlichen Glanz erhalten, ſo ſind die Glaſuröfen ſo eingerichtet, daß die zu brennenden Waren vor der direkten Berührung der Feuergaſe geſchützt ſind. Man erreicht dies dadurch, daß man entweder die Waren in Kapſeln einſetzt oder daß man den ganzen Ofenraum als eine einzige Muffel konſtruiert; letzteres iſt namentlich dann der Fall, wenn mit Steinkohlen gebrannt wird, während bei Holzfeuerung oft, ſelbſt bei beſſeren Waren, ſo z. B. Ofenkacheln, mit freier Flamme gebrannt werden kann, wobei die Waren nur vor Flugaſche zu ſchützen ſind. Seltener kann das Aufbrennen der Glaſur in demſelben Feuer geſchehen, in dem die rohe Ware gargebrannt wird; meiſtens werden die Waren vor dem Glaſurbrand geſchrüht oder auch vollkommen gargebrannt. In dem erſteren Falle benutzt man zum Glaſurbrand dieſelben Oefen wie zum Brand der keramiſchen Waren überhaupt, im andern Falle die eigentlichen Glaſuröfen. — Weiteres ſ. Oefen zum Brennen von Ziegeln, Tonwaren, Kalk und Zement. *Dümmler.*

Glaſurriſſe, ſ. v. w. Haarriſſe (ſ. Glaſuren).

Glaswacke, ſ. Sandſtein.

Glaswand, aus Holz erſtellter Abſchluß eines Raumes, der ohne eignes äußeres Fenſter von einem Nebenraume aus ſein Licht erhalten ſoll. Die Wand iſt in ihrem oberen Teil mit Sproſſen und Glasſcheiben, im unteren mit geſtemmter Brüſtung erſtellt. *Weinbrenner.*

Glaswatte, Glaswolle, ſ. Glasſpinnen.

Glasziegel, ſ. Glasbauſteine, Dach, Bd. 2, S. 490.

Glattbrand, auch Scharffeuerbrand genannt, derjenige zweite Brand des Porzellans und andrer feinen Tonwaren, durch den die Maſſe gar und gleichzeitig die Glaſur aufgebrannt wird; ſ. Tonwaren. *Dümmler.*

Glattdeckskorvette im Gegenſatz zur gedeckten Korvette, älteres Segel- oder Dampfkriegsſchiff mit Geſchützen auf dem Oberdeck allein.

Glatthobel, Hobel der Böttcher zur vorläufigen Zurichtung der Faßſtäbe auf den breiten Flächen ſowie zur Vollendung der Fügen (d. h. ſchmalen Seiten, mit denen die Dauben im Faſſe einander berühren).

Der Glatthobel dient zur Ausgleichung der vom Rauhhobel gebildeten Rinnen; er hat eine geradlinige Schneide und eine ebene Sohle. Zuweilen wird der Glatthobel mit einem Doppeleiſen gebraucht. Große Glatthobel haben querſtehende Griffe und werden von zwei Perſonen bewegt (zweimänniger Glatthobel). *Dalchow.*

Glattſtuhl, ſ. Walzenſtuhl.

Glauberſalz, Mirabilit, natürliches, waſſerhaltiges, ſchwefelſaures Natron ($SO_4Na_2 + 10H_2O$ (55,9 % H_2O, 19,2 % Na_2O, 24,8 % SO_3), kriſtalliſiert monoklin.

Farblos, weiß bis hellgelb, glasglänzend, durchſichtig bis durchſcheinend, zeigt muſchligen Bruch, iſt ſpröde; Härte 1,5—2,0, ſpez. Gew. 1,4—1,5. Leicht löslich in Waſſer, unlöslich in abſolutem Alkohol; bitter und ſalzig ſchmeckend; ſchmilzt leicht. Verwittert leicht an der Luft. Das Glauberſalz wird häufig mit Steinſalz zuſammen gefunden und auch aus Solen gewonnen. Es wird zur Darſtellung verſchiedener Verbindungen verwendet, z. B. von Soda, Ultramarin, Waſſerglas, auch von wirklichem Glas. In der Medizin bildet es ein Abführmittel. *Leppla.*

Glauberſalzgrün, ſ. v. w. Ultramaringrün, ſ. Ultramarinblau.

Glaukonit, ein Mineral, waſſerhaltiges Kalieiſenoxydſilikat (40—50 % SiO_2, 20—32 % Fe_2O_3, 1,5—7 % Al_2O_3, 3—7 % FeO, 4—8 % K_2O und 7—14 % H_2O).

Er bildet kleine runde, ſchießpulverähnliche Körner von dunkelgrüner Farbe in Ton, Mergeln und Sandſteinen der Kreideformation. Spez. Gew. 2,29—2,35. Schmilzt ſchwer, wird von heißer konzentrierter Salzſäure vollſtändig zerſetzt. Des hohen Kaligehaltes wegen wird der aus Glaukonit beſtehende Grünſand mitunter als Düngemittel verwendet; auch als Anſtreicherfarbe und in Oel- und Aquarellmalerei, der Wetterbeſtändigkeit wegen wird er auch im Freien (Fresken) benutzt. *Leppla.*

Glaukophan, ſ. Hornblende.

Glazialzeit, ſ. Diluvium.

Gleiche (Mauergleiche, Abgleichung), die wagerechte Ebene im Mauerwerk, die bei der Ausführung da erſtellt wird, wo ein Stockwerk aufhört oder eine Aenderung in der Stärke der Mauer eintreten ſoll.

Es iſt hier ein genaues Abwägen der Mauerſchicht mittels der Waſſerwage vorzunehmen, um die Balkenlage genau legen zu können. Jede Gleiche wird mit Kalkmörtel vergoſſen und mit der Kelle glattgeſtrichen. *Weinbrenner.*

Gleichgewicht eines Kräfteſyſtems, das an einem Syſtem von Maſſenpunkten angreift, iſt der Zuſtand desſelben, in dem es keine Wirkung auf den Bewegungszuſtand des Punktſyſtems ausübt. Ein im Gleichgewicht befindliches Syſtem von Kräften gibt keine Aenderung des Beſchleunigungszuſtands. Gleichgewicht iſt ein Zuſtand des Kräfteſyſtems, nicht des Punktſyſtems; letzteres hat Gleichgewichtslagen, in denen das betreffende Kräfteſyſtem im Gleichgewicht

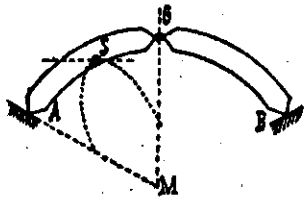
iſt. Gleichgewicht des Kräfteſyſtems und Ruhezuſtand des Punktſyſtems ſind ſorgfältig zu unterſcheiden; erſteres kann mit Bewegungszuſtand oder mit Ruhezuſtand des letzteren verbunden ſein. Das Gleichgewicht des Kräfteſyſtems iſt abhängig von der Beſchaffenheit des Punktſyſtems, und die Verhältniſſe, unter denen es eintritt, ſind andre, je nachdem dieſes unveränderlich oder veränderlich, frei oder an Bedingungen gebunden iſt.

Die allgemeinſte Methode zur Ermittlung der Gleichgewichtsbedingungen bietet das **Prinzip der virtuellen Geſchwindigkeiten** (ſ. d.). Hiernach befindet ſich ein Punktſyſtem im Gleichgewicht, wenn bei jeder unendlich kleinen mit den Bedingungen der Beweglichkeit des Syſtems verträglichen Verſchiebung die algebraiſche Summe der Arbeiten der wirkenden Kräfte Null (eigentlich unendlich klein von höherer Ordnung) wird.

Iſt dieſe unendlich kleine Summe der Arbeiten der wirkenden Kräfte für alle möglichen Verſchiebungen aus einer Lage negativ, ſo iſt das Gleichgewicht in dieſer Lage **ſtabil**, andernfalls **labil**. Haben die wirkenden Kräfte ein Potential, ſo erfüllt dieſes für eine Gleichgewichtslage des Syſtems die notwendigen Bedingungen eines Extremums; erfüllt es außerdem noch die hinreichenden Bedingungen eines Minimums, ſo iſt das Gleichgewicht ſtabil. Sind die wirkenden Kräfte ausſchließlich Schwerkräfte, ſo iſt das Potential proportional der Höhe des Geſamtſchwerpunktes; dieſe muß alſo im Falle des ſtabilen Gleichgewichtes ein Minimum ſein. Aehnlich liegt die Sache bei elaſtiſchen Kräften, wobei im Falle des Gleichgewichtes die Formänderungsarbeit ein Minimum wird.

Ein im Gleichgewicht befindliches Kräfteſyſtem kann den Bewegungszuſtand des Punktſyſtems, an dem es angreift, nicht ändern, welches derſelbe auch ſein mag. Daher kann dieſer geändert werden, ohne daß das Gleichgewicht der Kräfte geſtört wird, ſolange dadurch an der Intenſität, Richtung und Lage der Kräfte ſich nichts ändert. Findet daher Gleichgewicht von Kräften an einem veränderlichen Syſtem ſtatt, ſo beſteht dasſelbe fort, wenn das Syſtem im ganzen oder in einzelnen Teilen unveränderlich wird, z. B. erſtarrt. Denn dadurch wird bloß ſeine Beweglichkeit eingeſchränkt und es werden gewiſſe vorher mögliche Bewegungszuſtände ausgeſchloſſen. Daher beſtehen die Bedingungen des Gleichgewichts von Kräften am unveränderlichen Syſtem auch für das veränderliche Syſtem als notwendige, aber nicht als hinreichende Bedingungen. Ebenſo folgt, daß das Gleichgewicht an einem beliebigen veränderlichen Syſtem fortbeſteht, wenn Teile desſelben unbeweglich werden. Denn auch durch das Feſtwerden einzelner Teile wird bloß die Beweglichkeit eingeſchränkt.

Für das freie unveränderliche Punktſyſtem ſind ſechs Bedingungen des Gleichgewichts notwendig und hinreichend, nämlich, daß die Summe der Projektionen aller Kräfte auf drei nicht einer Ebene parallele Achſen und die Summe ihrer Momente in bezug auf dieſelben Null ſei. Sind X, Y, Z die Komponenten einer Kraft, parallel drei zueinander rechtwinkligen Koordinatenachſen, und x, y, z die Koordinaten ihres Angriffspunktes, ſo ſind dieſe ſechs Bedingungen des Gleichgewichts: $\Sigma X=0$, $\Sigma Y=0$, $\Sigma Z=0$, $\Sigma \begin{matrix} y & z \\ Y & Z \end{matrix}=0$, $\Sigma \left|\begin{matrix} z & x \\ Z & X \end{matrix}\right|=0$, $\Sigma \left|\begin{matrix} x & y \\ X & Y \end{matrix}\right|=0$ (vgl. Art. **Aequivalenz der Kräfte**, Bd. 1, S. 86). Dieſe Bedingungen ſprechen den Satz aus, daß die Reduktionsreſultante und das reſultierende Achſenmoment des Kräfteſyſtems verſchwinden muß. Dieſelben ſind verſchiedener andrer Einkleidungen fähig, z. B. in dem Satze, daß die Summe der Tetraeder, gebildet mit einer beliebigen Strecke des Raumes und den einzelnen Strecken, welche die Kräfte darſtellen als Gegenkanten, verſchwinden müſſe. Als Beiſpiel für die Unterſuchung der Stabilität eines beweglichen Syſtems betrachten wir (ſ. die Figur) zwei ſymmetriſche ſtarre Körper, die im Punkte G gelenkig verbunden ſind und in den Punkten A und B auf glatten ebenen Gleitflächen ruhen. Die Körper ſeien der Schwere unterworfen; S ſei der Schwerpunkt des einen von ihnen. Zu den möglichen Verſchiebungen des Syſtems gehören auch jene, bei denen die Symmetrie aufrechterhalten bleibt, der Punkt G ſich in einer Lotlinie hebt oder ſenkt und die Punkte A und B um gleiche Stücke auf ihren Gleitflächen ab- oder aufwärts gleiten. Bei einer ſolchen Bewegung beſchreibt der Schwerpunkt S eine Ellipſe, deren Mittelpunkt M im Schnittpunkt des Lotes durch G und der Gleitfläche durch A iſt (vgl. **Bewegung von Cardano**, Bd. 1, S. 767). Im Falle des Gleichgewichts iſt die Tangente im Punkte S an die Ellipſe horizontal; bei einer kleinen Verſchiebung verändert alſo S ſeine Höhe nur um ein Unendlichkleines zweiter Ordnung. Dieſes iſt aber negativ, da die Ellipſe nach unten zu hohl iſt. Der Schwerpunkt ſinkt alſo bei jeder ſolchen Bewegung, alſo kann das Gleichgewicht nicht ſtabil ſein. Eine nach obigem Syſtem konſtruierte Gelenkbrücke kann nur durch die Reibung im Gleichgewicht ſein und muß nach Aufhebung derſelben bei der geringſten Störung einſtürzen. *(Schell) Finſterwalder.*



Gleichgewichtsbedingungen, in der graphiſchen Statik. Setzt man beliebige, in einer Ebene liegende Kräfte, die unter ſich im Gleichgewicht ſtehen, auf graphiſchem Wege zuſammen, ſo erhält man ſowohl ein geſchloſſenes Krafteck (ſ. **Kräftepolygon**) als auch ein geſchloſſenes Seileck (ſ. **Seilpolygon**). Umgekehrt: Beliebige Kräfte in der Ebene ſind im Gleichgewichte, wenn ſowohl ihr Krafteck als auch ihr Seileck geſchloſſen iſt. Kräfte, die alle durch ein und denſelben Punkt gehen, ſind im Gleichgewicht, wenn ihr Krafteck geſchloſſen iſt. *(W. Ritter) Mörſch.*

Gleichgewichtsfiguren. Tritt zwiſchen Kräften, die an einem veränder-

lichen Syſtem angreifen, Gleichgewicht ein, ſo nimmt das Syſtem dabei eine beſtimmte geometriſche Form an, die eine Gleichgewichtsfigur desſelben heißt.

So ſind die Fadenkurven (ſ. d.) Gleichgewichtsfiguren einer vollkommen biegſamen, aber unausdehnſamen Linie, z. B. die Kettenlinie für eine homogene ſchwere ſolche Linie; iſt der Faden zugleich dehnbar, ſo weicht die Gleichgewichtsfigur desſelben von der Kettenlinie ab, wenn ſie auch im allgemeinen ähnliche Geſtalt hat. So kann eine gleichförmig elaſtiſche gerade Strecke, auf deren Enden zwei Kräfte wirken, verſchiedene Gleichgewichtsfiguren haben, die ebene oder auch doppelt gekrümmte Kurven ſind. Sie wurden ſchon von Euler in ſeinem Werke: Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes; Lausannae et Genevae 1774 (Additamentum I, de curvis elasticis, S. 245—310), unterſucht und in neuerer Zeit von Greenhill mit Hilfe der elliptiſchen Funktionen dargeſtellt. S. Greenhill, Graphical representation of elliptic functions by means of a bent elastic beam (Messenger of Mathem. 1876, Bd. 5, S. 180).

Es gibt Gleichgewichtsfiguren des ruhenden wie des bewegten Syſtems. So kann eine inkompreſſible Flüſſigkeit als ein unveränderliches Syſtem um eine feſte Achſe mit konſtanter Winkelgeſchwindigkeit unter Einwirkung gegebener Kräfte rotieren und die freie Oberfläche eine Gleichgewichtsfigur annehmen. Iſt die Flüſſigkeit ſchwer und in einem vertikalen Zylinder enthalten, deſſen Achſe zugleich die Rotationsachſe iſt, ſo nimmt ihre Oberfläche die Geſtalt eines Rotationsparaboloides an. Ebenſo kann die Oberfläche einer flüſſigen Maſſe, deren Punkte ſich nach dem Newtonſchen Geſetz des umgekehrten Quadrates der Entfernung anziehen, wenn ſie um eine Achſe rotiert, die Gleichgewichtsfigur eines Rotationsellipſoides um dieſe Achſe annehmen. Jacobi bewies (Poggendorffs Annalen 1834, Bd. 33, S. 229), daß auch das dreiachſige Ellipſoid Gleichgewichtsfigur einer ſolchen rotierenden Maſſe ſein kann (vgl. Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Leipzig 1879, Bd. 2, S. 609—618). Neuerdings hat Poincaré (Acta mathematica, Bd. 7, S. 259) ringförmige und birnförmige Gleichgewichtsfiguren dieſer Art gefunden und die Stabilität dieſer und der andern unterſucht.

Von beſonderem Intereſſe ſind die Unterſuchungen von Plateau über die Gleichgewichtsfiguren einer der Schwere entzogenen flüſſigen Maſſe, für welche die Kapillarkräfte ausſchlaggebend ſind: Mémoire sur les phénomènes, que présente une masse liquide, libre et soustraite à l'action de la pesanteur, 1re partie (Mémoires de l'Académie de Belgique, 1843, Bd. 16) und Recherches expérimentales et théoriques sur les figures d'équilibre d'une masse liquide sans pesanteur, 2me série (Mém. de l'Acad. de Belgique, 1849, Bd. 23). *(Schell) Finſterwalder.*

Gleichgewichtszuſtand, chemiſcher, allgemein der Zuſtand eines Gemiſches reaktionsfähiger Subſtanzen nach vollſtändigem Verlauf der möglichen Reaktion oder Reaktionen.

Während viele Reaktionen bis zum praktiſch völligen Verſchwinden mindeſtens eines der reagierenden Beſtandteile verlaufen, gibt es andre, bei denen die Umwandlung der Stoffe bei Erreichung eines Stadiums ſtehen bleibt, in welchem außer den Produkten der Reaktion noch meßbare Quantitäten der reagierenden Stoffe übrigbleiben. Dieſes Endſtadium ſolcher „unvollſtändigen“ oder „umkehrbaren“ Reaktionen wird als chemiſches Gleichgewicht im engeren Sinne bezeichnet. Die Mengenverhältniſſe der im Gleichgewicht ſtehenden Stoffe werden durch das Maſſenwirkungsgeſetz (ſ. Maſſenwirkung, chemiſche) geregelt und hängen danach von den Quantitäten der reagierenden Stoffe und der Reaktionsprodukte ab (vgl. a. Reaktionen, chemiſche). Beiſpiele ſolcher chemiſchen Gleichgewichte repräſentieren die Diſſoziationen (ſ. d.), Hydrolyſe u. ſ. w. *Abegg.*

Gleichlaſtig, Schiff, das ſo ſchwimmt, daß der Kiel parallel zur Schwimmebene gerichtet iſt, im Gegenſatz zu ſteuerlaſtig.

Gleichlegemaſchine, ſ. Zündwaren.

Gleichrichter für Wechſelſtrom, ſ. Umformer.

Gleichſchicht, diejenige Mauerſchicht, mittels welcher die Ausgleichung bewirkt wird, gewöhnlich die letzte Schicht des betreffenden Mauerteils.

Bei Backſteinmauern iſt es vorteilhaft, ſie in die vorletzte Schicht zu verlegen, weil es ſich treffen kann, daß mehrere Steine ſehr ſchwach zuzuhauen ſind; bei dieſer Anordnung beſteht dann die daraufzulegende Schicht (Drauf- oder Deckſchicht) aus ganzen Steinen. *Weinbrenner.*

Gleichſchlag, diejenige Art des Zuſammenſchlagens von Seilen (ſ. Förderſeile), bei der die Drähte in den Litzen und dieſe in dem Seile in demſelben Sinne zuſammengedreht werden. *Treptow.*

Gleichſpannungsmaſchine, ſ. Dynamomaſchine, Bd. 3, S. 180.

Gleichſtrom, ein elektriſcher Strom, welcher einen Leiter (ſ. Galvanismus) immer in derſelben Richtung und Stärke durchfließt, im Gegenſatz zum Wechſelſtrom, der fortwährend ſeine Richtung und Stärke ändert. Solchen Strom liefern z. B. die galvaniſchen Elemente, die Akkumulatoren und die mit einem Kommutator verſehenen Dynamomaſchinen (Gleichſtrommaſchinen). Näheres ſ. Dynamomaſchine und Strom, elektriſcher.

Gleichſtrommaſchine, ſ. Dynamomaſchine, Bd. 3, S. 180.

Gleichſtromtransformator, ſ. Umformer.

Gleichſtromzähler, ſ. Elektrizitätszähler, Bd. 3, S. 409.

Gleichungen. Es handelt ſich hier nicht um identiſche Gleichungen, die (wie z. B. $(a+b)(a-b)=a^2-b^2$) für alle beliebigen Werte der darin vorkommenden Größen richtig ſind (ſ. Identitäten), ſondern um Gleichungen im engeren Sinne, die zur Beſtimmung unbekannter Größen dienen ſollen. Eine Gleichung mit einer Unbekannten oder ein Syſtem von Gleichungen mit mehreren Unbekannten auflöſen heißt, die Werte bezw. Wertſyſteme der Unbekannten beſtimmen, die der Gleichung bezw. dem Syſtem von Gleichungen genügen (ſie befriedigen, identiſch machen). Eine Gleichung wird algebraiſch genannt, wenn ſie in bezug auf jede darin enthaltene Unbekannte algebraiſch iſt; tranſzendent, wenn ſie in bezug auf mindeſtens eine Unbekannte tranſzendent iſt. Man unterſcheidet numeriſche Gleichungen, in denen außer den Unbekannten alle vorkommenden Größen beſtimmte Zahlenwerte haben, und litterale oder Buchſtabengleichungen.

I. Gleichungen mit einer Unbekannten.

Eine Gleichung mit einer Unbekannten x läßt ſich immer auf die Form $f(x)=0$ bringen, wo die linke Seite eine Funktion von x bezeichnet. Jeder ihr genügende Wert von x heißt eine Wurzel der Gleichung.

a) Algebraiſche Gleichungen im allgemeinen. Irrationale Gleichungen laſſen ſich rational machen. Iſt (durch Wegſchaffen etwaiger Nenner und Ordnen nach Potenzen von x) die Form

$$f(x)=a_0x^n+a_1x^{n-1}+a_2x^{n-2}+\ldots+a_{n-1}x+a_n=0$$

hergeſtellt, ſo nennt man n den Grad der Gleichung, $a_0, a_1, a_2, \ldots a_{n-1}, a_n$ die Koeffizienten, a_n das Abſolutglied derſelben.

Die Anzahl der Wurzeln iſt genau gleich dem Grade n, wobei etwaige imaginäre Wurzeln mitgezählt und unter Umſtänden einzelne Wurzeln mehrfach gerechnet werden müſſen (ſ. unten). Heißen die Wurzeln $x_1, x_2, x_3 \ldots x_n$, ſo iſt

$$f(x)=a_0(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)\ldots(x-x_n).$$

Bedeutet s_k die Summe aller möglichen Produkte von je k Wurzeln (ſo daß insbeſondere s_1 die Summe aller Wurzeln, s_n ihr Produkt bezeichnet), ſo iſt

$$s_1=-\frac{a_1}{a_0},\ s_2=\frac{a_2}{a_0},\ s_3=-\frac{a_3}{a_0},\ \ldots s_n=(-1)^n\frac{a_n}{a_0}.$$

Zur Prüfung, ob $x=r$ eine Wurzel iſt, wird zweckmäßig der Satz benutzt: Der Wert $f(r)$, den $f(x)$ für $x=r$ annimmt, iſt gleich dem bei der algebraiſchen Diviſion von $f(x)$ durch $(x-r)$ übrigbleibenden Reſt R. Bezeichnet $g(x)=b_0x^{n-1}+b_1x^{n-2}+\ldots+b_{n-2}x+b_{n-1}$ den bei der Diviſion ſich ergebenden Quotienten, ſo berechnet man die Koeffizienten b und den Reſt R nach dem Schema:

$b_0=a_0,\ b_1=rb_0+a_1,\ b_2=rb_1+a_2,\ldots b_{n-1}=rb_{n-2}+a_{n-1};\ R=rb_{n-1}+a_n.$

(Horners Diviſionsmethode.) Beiſpiel:

$$f(x)=3x^5-7x^4+x^3+8x-4=0,\ r=2;$$

	3	−7	0	1	8	−4
2	3	−1	−2	−3	2	0

also $g(x)=3x^4-x^3-2x^2-3x+2,\ R=f(2)=0,$

daher $x=2$ eine Wurzel der Gleichung.

Um die Gleichung zu erhalten, deren Wurzeln alle um r kleiner ſind als die der gegebenen, hat man die Subſtitution $y=x-r$ zu machen; heißt dann die neue Gleichung $c_0y^n+c_1y^{n-1}+\ldots+c_{n-1}y+c_n=0$, ſo ſind $c_n, c_{n-1}, \ldots c_2, c_1, c_0$ die Reſte, die ſich bei wiederholter Diviſion von $f(x)$ mit $(x-r)$ ergeben. Durch Wurzelverkleinerung mit $-\frac{a_{n-1}}{na_n}$ läßt ſich das zweite Glied aus der Gleichung fortſchaffen.

Beiſpiel:

$$x^3-12x^2+7x+8=0,\ r=-\frac{12}{3}=4,$$

	1	−12	7	8
4	1	−8	−25	−92
4	1	−4	−41	
4	1	0		

alſo transformierte Gleichung: $y^3-41y-92=0.$

Iſt r eine Wurzel von $f(x)=0$, ſo läßt ſich nach Obigem $f(x)$ durch den „Wurzelfaktor“ $(x-r)$ ohne Reſt teilen; r heißt eine k-fache Wurzel, wenn $f(x)$ durch $(x-r)^k$ und keine höhere Potenz von $(x-r)$ teilbar iſt. Eine ſolche Wurzel genügt auch den Gleichungen $f'(x)=0, f''(x)=0, \ldots f^{(k-1)}(x)=0$, deren linke Seiten die Differentialquotienten verſchiedener Ordnung bis zum $(k-1)$ten von $f(x)$ ſind. Der Quotient $\frac{f(x)}{f'(x)}$ gibt, gleich Null geſetzt, eine Gleichung mit denſelben Wurzeln wie die gegebene, die aber ſämtlich einfach ſind. Fehlen in einer Gleichung das Abſolutglied und noch $(k-1)$ vorhergehende Glieder, d. h. iſt die linke Seite durch x^k teilbar, ſo hat ſie die k-fache Wurzel 0.

Für Gleichungen mit reellen Koeffizienten, wie ſie im folgenden vorausgeſetzt werden, gilt: Iſt $(\alpha+i\beta)$ eine Wurzel, ſo iſt es auch $(\alpha-i\beta)$, d. h. imaginäre Wurzeln kommen bloß paarweiſe und zwar konjugiert komplex vor; eine Gleichung ungeraden Grades hat daher mindeſtens eine reelle Wurzel.

b) Gleichungen zweiten Grades (quadratiſche Gleichungen).

α. Algebraiſche Auflöſung. $x^2+bx+c=0$ gibt die Wurzeln

$$x_1=-\frac{b}{2}+\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2-c},\quad x_2=-\frac{b}{2}-\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2-c};$$

$ax^2+bx+c=0$, dagegen

$$x_1=\frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a},\quad x_2=\frac{-b-\sqrt{b^2-4ac}}{2a}.$$

Dieſelben ſind $\left\{\begin{matrix}\text{reell und verſchieden}\\ \text{reell und einander gleich}\\ \text{imaginär}\end{matrix}\right\}$, je nachdem die „Diskriminante“ $b^2-4ac\gtrless 0$ iſt.

β. Goniometriſche Auflöſung (für logarithmiſche Rechnung geeignet).

Erſter Fall. Die Gleichung habe die Form $x^2\pm 2px-q=0$, wo p und q poſitiv ſeien. Man berechnet den Winkel φ aus der Gleichung $\operatorname{tg} 2\varphi=\frac{\sqrt{q}}{p}$, dann iſt $x_1=\pm\sqrt{q}\operatorname{tg}\varphi$, $x_2=\mp\frac{\sqrt{q}}{\operatorname{tg}\varphi}$, wobei man das obere oder untere Vorzeichen zu nehmen hat, je nachdem im zweiten Glied der gegebenen Gleichung das obere oder untere Zeichen gilt.

Zweiter Fall. $x^2\pm 2px+q=0$; p und q poſitiv. Der Hilfswinkel φ iſt in dieſem Falle aus $\sin 2\varphi=\frac{\sqrt{q}}{p}$ zu berechnen und es wird $x_1=\mp\sqrt{q}\operatorname{tg}\varphi$, $x_2=\mp\frac{\sqrt{q}}{\operatorname{tg}\varphi}$. Ergibt ſich für $\log\sin 2\varphi$ ein poſitiver Wert, ſo ſind die Wurzeln imaginär, nämlich $x_1=\sqrt{q}(\cos\varphi+i\sin\varphi)$, $x_2=\sqrt{q}(\cos\varphi-i\sin\psi)$, wo $\cos\psi=\mp\frac{p}{\sqrt{q}}$ (ψ kann im erſten oder zweiten Quadranten liegen). Betreffs der Vorzeichen gilt das beim erſten Fall Bemerkte.

γ. Auflöſung durch beſondere Hilfsmittel.

Sind, bei der Form $ax^2+bx+c=0$, $\log a$, $\log b$, $\log c$ gegeben und $\log x$ geſucht, ſo führt am bequemſten eine Hilfstafel zum Ziele, die ſich mit drei Stellen in [15] findet. Mechaniſche Löſung mittels der gewöhnlichen Rechenmaſchinen (ſ. d.) nach [16].

c) Gleichungen dritten Grades (kubiſche Gleichungen). Hat die Gleichung die Form $ay^3+by^2+cy+d=0$, ſo gibt man ihr durch Wurzelverkleinerung um $\frac{b}{3a}$, d. h. durch Subſtitution von $y=x-\frac{b}{3a}$ (ſ. unter a) und nachherige Diviſion mit a die Form $x^3+3px+2q=0$ (reduzierte kubiſche Gleichung).

α. Algebraiſche Auflöſung. Setzt man

$$u=\sqrt[3]{-q+\sqrt{q^2+p^3}},\quad v=\sqrt[3]{-q-\sqrt{q^2+p^3}},$$

ſo ſind die Wurzeln vorſtehender Gleichung $x_1=u+v$ (ſogenannte Cardaniſche Formel),

$$x_2=-\frac{u+v}{2}+i\frac{u-v}{2}\sqrt{3},\quad x_3=-\frac{u+v}{2}-i\frac{u-v}{2}\sqrt{3}.$$

Iſt $q^2+p^3<0$, ſo werden alle drei Wurzeln ſcheinbar imaginär, während ſie tatſächlich reell ſind (casus irreducibilis). Man wendet dann die Auflöſung unter *β*, 3. Fall, an.

β. Goniometriſche Auflöſung. (In den Fällen 1 und 2 iſt die Auflöſung unter *γ* einfacher.)

Erſter Fall. $x^3+3px\pm 2q=0$, wo p und q jetzt poſitiv ſein ſollen. Man berechnet den Winkel φ aus $\operatorname{tg} 2\varphi=\frac{p\sqrt{p}}{q}$ und hierauf den Winkel ψ aus $\operatorname{tg}\psi=\sqrt[3]{\operatorname{tg}\varphi}$; dann iſt

$$x_1=\mp 2\sqrt{p}\operatorname{ctg} 2\psi,\quad x_2=\pm\sqrt{p}\operatorname{ctg} 2\psi+i\frac{\sqrt{3p}}{\sin 2\psi},\quad x_3=\pm\sqrt{p}\operatorname{ctg} 2\psi-i\frac{\sqrt{3p}}{\sin 2\psi}.$$

Die oberen oder unteren Zeichen ſind zu nehmen, je nachdem im Abſolutglied der gegebenen Gleichung das obere oder untere Zeichen vorhanden iſt, welche Bemerkung auch für alle folgenden Fälle gilt.

Zweiter Fall. $x^3-3px\pm 2q=0$; p und q poſitiv; $p^3<q^2$. Die Hilfswinkel φ und ψ ſind zu beſtimmen aus $\sin 2\varphi=\frac{p\sqrt{p}}{q}$, $\operatorname{tg}\psi=\sqrt{\operatorname{tg}\varphi}$. Man erhält

$$x_1=\mp\frac{2\sqrt{p}}{\sin 2\psi},\quad x_2=\pm\frac{\sqrt{p}}{\sin 2\psi}+i\sqrt{3p}\operatorname{ctg} 2\psi,\quad x_3=\pm\frac{\sqrt{p}}{\sin 2\psi}-i\sqrt{3p}\operatorname{ctg} 2\psi.$$

Dritter Fall. $x^3-3px\pm 2q=0$; p und q poſitiv; $p^3>q^2$. Man beſtimmt den Winkel φ aus $\cos 3\varphi=\frac{q}{p\sqrt{p}}$; dann wird

$$x_1=\mp 2\sqrt{p}\cos\varphi,\quad x_2=\mp 2\sqrt{p}\cos(\varphi+120^\circ),\quad x_3=\mp 2\sqrt{p}\cos(\varphi+240^\circ).$$

Vierter Fall. $x^3-3px\pm 2q=0$; p und q poſitiv; $p^3=q^2$.

$$x_1=x_2=\pm\sqrt{p},\quad x_3=\mp 2\sqrt{p}.$$

γ. Auflöſung mit Hyperbelfunktionen (ſ. d.). (Zu benutzen, wenn bloß eine reelle Wurzel vorhanden iſt.)

Erſter Fall. $x^3+3px\pm 2q=0$; p und q poſitiv. Man muß die Hilfsgröße φ aus $\operatorname{Sin} 3\varphi=\frac{q}{p\sqrt{p}}$ berechnen. Die Wurzeln ſind dann

$$x_1=\mp 2\sqrt{p}\operatorname{Sin}\varphi,\quad x_2=\pm\sqrt{p}\operatorname{Sin}\varphi+i\sqrt{3p}\operatorname{Cof}\varphi,\quad x_3=\pm\sqrt{p}\operatorname{Sin}\varphi-i\sqrt{3p}\operatorname{Cof}\varphi.$$

Zweiter Fall. $x^3-3px\pm 2q=0$; p und q poſitiv; $p^3<q^2$. Nach Beſtimmung der Hilfsgröße φ aus $\mathfrak{Cof}\,3\varphi=\frac{q}{p\sqrt{p}}$ ergibt ſich

$$x_1=\mp 2\sqrt{p}\;\mathfrak{Cof}\,\varphi,\quad x_2=\pm\sqrt{p}\;\mathfrak{Cof}\,\varphi+i\sqrt{3p}\;\mathfrak{Sin}\,\varphi,\quad x_3=\pm\sqrt{p}\;\mathfrak{Cof}\,\varphi-i\sqrt{3p}\;\mathfrak{Sin}\,\varphi.$$

δ. Mechaniſche Auflöſung. Iſt die Anfangsziffer einer reellen Wurzel bekannt, ſo laſſen ſich weitere Ziffern durch gleichzeitige Anwendung zweier gewöhnlicher Rechenmaſchinen nach [16] beſtimmen.

d) Gleichungen vierten Grades (biquadratiſche Gleichungen). Die algebraiſche Auflöſung findet man in den Lehrbüchern, z. B. [1]–[5]. Bei numeriſchen Gleichungen wird beſſer eine der Methoden unter f) benutzt.

e) Binomiſche (reine) Gleichungen. $x^n=a$ bezw. $x^n=-a$ (a poſitiv reell) gibt, wenn $(\sqrt[n]{a})$ die poſitive reelle Wurzel aus a bezeichnet, $x=(\sqrt[n]{a})\cdot\sqrt[n]{1}$ bezw. $x=(\sqrt[n]{a})\cdot\sqrt[n]{-1}$. Die n Werte von $\sqrt[n]{1}$ bezw. $\sqrt[n]{-1}$ gehen aus der Formel:

$$\cos\frac{2k\pi}{n}+i\sin\frac{2k\pi}{n}\quad\text{bezw.}\quad\cos\frac{2k+1}{n}\pi+i\sin\frac{2k+1}{n}\pi$$

hervor, indem man darin für k der Reihe nach 0, 1, ... $n-1$ ſetzt.

Beiſpiel: $n=3$:

$x^3=1$ hat die Wurzeln $x_1=1$, $x_2=\cos 120^0+i\sin 120^0=\frac{-1+i\sqrt{3}}{2}$, $x_3=\frac{-1-i\sqrt{3}}{2}$;

$x^3=-1$ die Wurzeln $x_1=-1$, $x_2=\cos 60^0+i\sin 60^0=\frac{1+i\sqrt{3}}{2}$, $x_3=\frac{1-i\sqrt{3}}{2}$.

f) Algebraiſche Gleichungen beliebigen Grades und tranſzendente Gleichungen. Gleichungen von höherem als dem vierten Grade laſſen ſich im allgemeinen nicht algebraiſch (d. h. mit Hilfe von Wurzelausdrücken) auflöſen, wohl aber mittels tranſzendenter Funktionen (z. B. diejenigen fünften Grades mittels elliptiſcher Funktionen und mittels hypergeometriſcher Reihen); jedoch ſind die betreffenden Methoden ſehr verwickelt. Gräffes Methode (ſ. unten) verlangt keine Vorbereitung und iſt zu empfehlen, wenn man ſämtliche (auch etwaige komplexe) Wurzeln einer Gleichung nötig hat. Andernfalls löſt man die Gleichung am beſten zuerſt graphiſch auf (ſ. Graphiſches Rechnen) und erhöht, wenn nötig, die Genauigkeit der gefundenen Wurzeln mittels einer der unten folgenden Annäherungsmethoden, von welchen die unter 2. und in gewiſſem Umfang auch 1. auch für tranſzendente Gleichungen brauchbar ſind. Zur Auflöſung trinomiſcher (dreigliedriger) algebraiſcher Gleichungen gibt es beſondere Tafeln von Gundelfinger [14]. — Nützlich ſind oft folgende Sätze:

Die (algebraiſche) Gleichung $f(x)=0$ hat höchſtens ſo viel poſitive Wurzeln als (die Aufeinanderfolge ihrer Glieder) Zeichenwechſel, und höchſtens ſo viel negative Wurzeln als die Funktion $f(-x)$ Zeichenwechſel (Descarteſſche Regel).

Beiſpiel: $f(x)=x^5+6x^3-8x+1=0$, zwei Zeichenwechſel (vom 2. zum 3. und vom 3. zum 4. Glied); $f(-x)=-x^5+6x^3+8x+1$, ein Zeichenwechſel (vom 1. zum 2. Glied); alſo höchſtens zwei poſitive und eine negative reelle Wurzel.

Die Gleichung $f(x)=0$ hat zwiſchen a und b eine ungerade Zahl von Wurzeln und zwar mindeſtens eine, wenn $f(a)$ und $f(b)$ verſchiedene Vorzeichen haben, dagegen keine oder eine gerade Anzahl, wenn die Vorzeichen von $f(a)$ und $f(b)$ gleich ſind.

Des theoretiſchen Intereſſes wegen ſeien noch erwähnt der Satz von Budan-Fourier: Hat die Funktion $f(x+a)$ m Zeichenwechſel mehr als die Funktion $f(x+b)$, ſo hat die Gleichung $f(x)=0$ zwiſchen a und b höchſtens m reelle Wurzeln; ſowie der Satz von Sturm: Sind $f_2(x)$, $f_3(x)$, ... $f_m(x)$ die mit umgekehrten Zeichen genommenen Reſte, die ſich bei der Aufſuchung des größten gemeinſchaftlichen Teilers der Funktion $f(x)$ und ihres Differentialquotienten $f'(x)$ ergeben, und ſetzt man in der Reihe der Funktionen f, f', f_2, f_3, ... f_m für x einmal a, das andremal b, ſo hat die erſte Wertreihe genau ſo viel Zeichenwechſel mehr als die zweite, wie die Gleichung $f(x)=0$ Wurzeln zwiſchen a und b.

1. Gräffes Methode, von Carvallo [7] ſehr vervollkommnet und auf komplexe Wurzeln ſowie nicht reelle und tranſcendente Gleichungen ausgedehnt, beſteht in der Hauptſache darin, daß man nacheinander die Gleichungen bildet, deren Wurzeln die negative 2., 4., 8. ... Potenz von den Wurzeln der gegebenen Gleichung ſind. Beim Fortſchreiten zu immer neuen Gleichungen entfernen ſich deren Wurzeln ſchnell voneinander, ſo daß bald gegen irgend eine von ihnen alle kleineren vernachläſſigt werden können, was zu einer bequemen Beſtimmung jeder einzelnen führt. Wegen der Einzelheiten ſei auf [7] verwieſen.

2. Regula falsi, Newtonſche Methode und Methode der Proportionalteile. Sie beruhen darauf, daß bei kleinen Aenderungen von x die Funktion $f(x)$ Aenderungen erfährt, die denen von x nahezu proportional ſind (geometriſch: daß ein hinreichend kleines Stück einer Kurve $y=f(x)$ als geradlinig angeſehen werden darf).

Sei a nahe bei einer Wurzel von $f(x)=0$ (alſo $f(a)$ wenig von 0 verſchieden), $a+\delta$ noch näher. Die Verbeſſerung δ wird nach der Regula falsi berechnet aus

$$\delta=-f(a)\,\frac{a_1-a}{f(a_1)-f(a)},$$

wo a_1 einen wenig von a verſchiedenen Wert bezeichnet; nach der Newtonſchen Methode aus $\delta=-\frac{f(a)}{f'(a)}$; nach der Methode der Proportionalteile aus $\delta=-\frac{f(a)}{P}$, wo P (Proportionalteil) die in Einheiten irgend einer Dezimale ausgedrückte Aenderung von $f(a)$ bei der Zunahme von a um eine Einheit jener Dezimale bedeutet (P ergibt ſich bei der Berechnung von $f(a)$ mittels

gewöhnlicher oder Additionslogarithmen nebenher, f. [8]). Iſt die gewünſchte Genauigkeit noch nicht erreicht, ſo ſetzt man den verbeſſerten Wert von a an des letzteren Stelle, berechnet eine neue Verbeſſerung u. ſ. w.

3. Horners Methode. Sie ſetzt voraus, daß die Anfangsziffer α des dekadiſch geſchriebenen Zahlenwertes einer Wurzel x ſchon gefunden ſei, und dient dazu, der Reihe nach die 2., 3. u. ſ. w. Ziffer zu beſtimmen. Man bildet die Gleichung, deren Wurzeln um α kleiner ſind als die der gegebenen (ſ. unter a), ſucht einen Näherungswert der x entſprechenden Wurzel dieſer Gleichung, erhält damit die 2. Ziffer von x u. ſ. w. Geeignetſte Methode, um Quadrat- und höhere Wurzeln ohne Logarithmen auszuziehen (man löſt bei $\sqrt[n]{a}$ die Gleichung $x^n - a = 0$ auf). Eingehend beſchrieben in [9].

II. Syſteme von Gleichungen mit mehreren Unbekannten.

Es werde hier angenommen, die Zahl der Gleichungen ſei ſo groß wie die Zahl der Unbekannten. Wäre erſtere Zahl kleiner, ſo handelte es ſich um unbeſtimmte oder diophantiſche Gleichungen (ſ. d.). Ueber graphiſche Auflöſung ſ. Graphiſches Rechnen.

a) Gleichungen erſten Grades (lineare Gleichungen). Das gegebene, aus n Gleichungen beſtehende Syſtem ſei:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \ldots + a_{1n}x_n + c_1 &= 0,\\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \ldots + a_{2n}x_n + c_2 &= 0,\\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \ldots + a_{nn}x_n + c_n &= 0. \end{aligned}$$

Dann bieten ſich folgende Auflöſungsmethoden dar:

1. Gewöhnliche Eliminationsmethode. Man eliminiert eine und dieſelbe Unbekannte aus ſämtlichen Gleichungen, indem man n-mal je zwei von ihnen zuſammenfaßt, und erhält ſo $(n-1)$ neue Gleichungen, aus denen man auf dieſelbe Art eine zweite Unbekannte eliminiert u. ſ. w., bis eine Gleichung mit einer Unbekannten übrigbleibt, aus der ſich letztere beſtimmen läßt. Durch Einſetzen des gefundenen Wertes in die vorhergehenden Gleichungen ergeben ſich der Reihe nach auch die übrigen Unbekannten. Um z. B. aus der $i$ten und $k$ten Gleichung x_n zu eliminieren, hat man erſtere mit a_{kn}, letztere mit a_{in} zu multiplizieren und die eine von der andern zu ſubtrahieren.

2. Claſens Methode [10] bezweckt eine rationellere Ausführung der Elimination. Man ſtellt allmählich lauter Gleichungen her, in denen je nur eine Unbekannte vorkommt, indem man aus den erſten beiden Gleichungen einmal x_1 und dann x_2 eliminiert, mit Hilfe der beiden neuen Gleichungen — auf die alten kommt man nicht mehr zurück — aus der 3. gegebenen Gleichung gleichzeitig x_1 und x_2 entfernt und mit Hilfe der ſo entſtandenen Gleichung wiederum x_3 aus den beiden vorhergehenden eliminiert u. ſ. w.

3. Auflöſung mittels Determinanten. Sie liefert direkt

$$x_1 = -\frac{\Sigma \pm c_1 a_{22} a_{33} \ldots a_{nn}}{D},\quad x_2 = -\frac{\Sigma \pm a_{11} c_1 a_{33} \ldots a_{nn}}{D},\quad \ldots x_n = -\frac{\Sigma \pm a_{11} a_{22} a_{33} \ldots c_n}{D},$$

wo $D = \Sigma \pm a_{11} a_{22} a_{33} \ldots a_{nn}$ die Determinante aus den Größen a iſt und die Determinanten in den Zählern dadurch aus D hervorgehen, daß man der Reihe nach in der 1., 2., ... Kolonne die a durch die Größen c erſetzt. Bei numeriſchen Gleichungen iſt dieſe Methode höchſtens bis $n = 4$ brauchbar.

4. Seidels Methode [11] iſt bei ſehr großer Zahl der Gleichungen und Unbekannten anzuwenden. Kennt man ſchon angenähert richtige Werte der Unbekannten, ſo ſetzt man dieſe, andernfalls etwa Null als erſten Näherungswert für jede Unbekannte in ſämtliche Gleichungen ein. Die linken Seiten mögen dann die Werte $w_1, w_2, \ldots w_n$ (Widerſprüche) annehmen. Man beſtimmt eine Verbeſſerung ξ_1 für den Näherungswert der erſten Unbekannten aus $a_{11}\xi_1 + w_1 = 0$, die bezweckt, daß der Widerſpruch der 1. Gleichung verſchwindet. Durch Anbringung dieſer Verbeſſerung ändern ſich die Widerſprüche der übrigen Gleichungen, z. B. derjenige der $k$ten wird $w_k' = w_k + a_{k1}\xi_1$. Nun gibt man dem Näherungswert der 2. Unbekannten eine ſolche Verbeſſerung, daß der Widerſpruch der 2. Gleichung Null wird, wodurch die Widerſprüche aller übrigen Gleichungen ſich ändern u. ſ. w. Sind alle Unbekannten verbeſſert, ſo wiederholt man, wenn nötig, das Verfahren. Damit Konvergenz, d. h. fortwährende Annäherung an die wirklichen Werte der Unbekannten, ſtattfindet, genügt es, daß jeder in der „Diagonale" ſtehende Koeffizient $a_{11}, a_{22} \ldots a_{nn}$ abſolut genommen, mindeſtens ſo groß iſt wie die Summe der abſoluten Werte der in derſelben (ſenkrechten oder wagerechten) Reihe mit ihm ſtehenden Koeffizienten.

Man kommt bedeutend ſchneller zum Ziel, wenn man mit Mehmke [12] die gegebenen Gleichungen und ebenſo die Unbekannten in Gruppen von zwei oder mehr einteilt und die Unbekannten einer Gruppe gleichzeitig ſo verbeſſert, daß die Widerſprüche der zugehörigen Gleichungen miteinander verſchwinden.

Sind z. B. x_i und x_k zu einer Gruppe zuſammengenommen, ſo berechnet man ihre Verbeſſerungen ξ_i und ξ_k aus

$$\begin{aligned} a_{ii}\xi_i + a_{ik}\xi_k + w_i &= 0,\\ a_{ki}\xi_i + a_{kk}\xi_k + w_k &= 0. \end{aligned}$$

Nach Anbringung derſelben verwandeln ſich die Widerſprüche der Gleichungen in

$$\begin{aligned} w_1' &= w_1 + a_{1i}\xi_i + a_{1k}\xi_k,\\ w_2' &= w_2 + a_{2i}\xi_i + a_{2k}\xi_k, \text{ u. ſ. w.} \end{aligned}$$

Gleichungsſyſteme mit ſchwacher Konvergenz können nach einem Verfahren von Jürgens [13] in ſolche mit beliebig ſtarker Konvergenz verwandelt werden.

b) Gleichungen beliebigen Grades und tranſcendente Gleichungen. Sind bei einem Syſtem von beliebig vielen Gleichungen für die Unbekannten $x_1, x_2 \ldots$ auf irgend eine Weiſe Näherungswerte gefunden, ſo laſſen ſich Verbeſſerungen $\delta_1, \delta_2 \ldots$ nach der Methode der Proportionalteile auf folgende Weiſe beſtimmen: Durch Einſetzen der Näherungswerte für die Un-

bekannten mögen die linken Seiten der Gleichungen die Werte w_1, w_2 ... (Widerſprüche) erhalten. Benutzt man dabei Logarithmen- oder andre numeriſche Tafeln, ſo laſſen ſich leicht die Aenderungen angeben, die jene Widerſprüche erfahren würden, wenn die Näherungswerte der Unbekannten der Reihe nach um die unbeſtimmten, aber kleinen Beträge δ_1, δ_2 ... erhöht würden. Dieſe Aenderungen werden lineare Funktionen der δ ſein, ſo daß die geänderten Widerſprüche die Form haben werden:

$$w_1 + a_{11}\delta_1 + a_{12}\delta_2 + \ldots, \quad w_2 + a_{21}\delta_1 + a_{22}\delta_2 + \ldots$$

Setzt man dieſe gleich Null, ſo ergibt ſich ein Syſtem linearer Gleichungen, aus welchen die Verbeſſerungen δ_1, δ_2 ... berechnet werden können.

Literatur: Von den unter [1]—[5], [17], [18] genannten Lehrbüchern entſprechen [4] und [5] dem neueſten Stand der algebraiſchen Gleichungstheorie und ſtellen höhere Anforderungen an den Leſer; [9] iſt praktiſch immer noch ſehr brauchbar. — [1] Baltzer, R., Elemente der Mathematik, Bd. 1, Leipzig 1865. — [2] Peterſen, J., Theorie der algebraiſchen Gleichungen, Kopenhagen 1878. — [3] Serret, J. A., und Wertheim, G., Handbuch der höheren Algebra, 2. Aufl., Leipzig 1878/79. — [4] Weber, H., Lehrbuch der Algebra, Bd. 1, Braunſchweig 1895. — [5] Netto, E., Vorleſungen über Algebra, Bd. 1, Leipzig 1896. — [6] Hagen, J. G., Synopſis der höheren Mathemathik, Bd. 1, Berlin 1891. — [7] Carvallo, E., Méthode pratique pour la résolution numérique complète des équations, Paris 1896. — [8] Mehmke, R., Praktiſche Methode zur Berechnung der reellen Wurzeln ..., Zeitſchr. f. Math. u. Phyſ., Bd. 36, 1891, S. 158. — [9] Scheffler, H., Auflöſung der algebraiſchen und tranſzendenten Gleichungen, Braunſchweig 1859. — [10] Claſen, B. J., Nouvelle méthode de résolution des équations linéaires, Paris 1889. — [11] Seidel, L., Ueber ein Verfahren, ... lineare Gleichungen durch ſucceſſive Annäherung aufzulöſen, Abh. d. Math.-phyſ. Klaſſe d. K. bayr. Akad. d. Wiſſ., Bd. 11, 3. Abt., 1874, S. 81. — [12] Mehmke, R., Ueber das Seidelſche Verfahren ..., Math. Samml. d. Moskauer Math. Geſellſch., Bd. 16, 1892. — [13] Jürgens, E., Zur Auflöſung linearer Gleichungsſyſteme ..., Aachen 1886. — [14] Gundelfinger, S., Tafeln zur Berechnung der reellen Wurzeln ſämtlicher trinomiſcher Gleichungen, Leipzig 1897. — [15] Mehmke, R., Zeitſchr. f. Math. u. Phyſ., Bd. 43, 1898, S. 80. — [16] Derſ., Zur Berechnung der Wurzeln quadratiſcher und kubiſcher Gleichungen mittels der gewöhnlichen Rechenmaſchinen, ebend., Bd. 46, 1901, S. 479. — [17] Runge, C., Praxis der Gleichungen, Leipzig 1902. — [18] Biermann, O., Vorleſungen über mathematiſche Näherungsmethoden, 3. Abſchnitt, Braunſchweig 1905. *Mehmke.*

Gleichziehhammer (Spannhammer), eiſerner Hammer zum Biegen, Treiben und Glätten von Blech mit nur einer, ſehr wenig gewölbten, kreisrunden glatten Bahn. *Dalchow.*

Gleis, der die Fahrzeuge tragende und führende Hauptteil der Eiſenbahn. Er beſteht aus zwei Fahrſchienen, den Unterlagen (in der Regel Querſchwellen aus Holz oder Walzeiſen) nebſt Verbindungs- und Befeſtigungsteilen und der Bettung (Kies oder Steinſchlag) zur Druckverteilung, Entwäſſerung und zur Regelung der Gleislage (ſ. a. Oberbau). *Goering.*

Gleisanlagen, ſ. Bahnhöfe, Bd. 1, S. 476 ff.

Gleisbremſe, ſ. Bremſen, elektriſche, Bd. 2, S. 263.

Gleiſe für Straßenfuhrwerke wurden in neuerer Zeit in Deutſchland von Gravenhorſt [1], [3] angewendet, haben aber auch in Chicago [2], in New York-City [9] und andern Orten, alſo beſonders in ſtädtiſchen Straßen, in Form von kaſtenförmigen Stahlſchienen Verwendung gefunden.

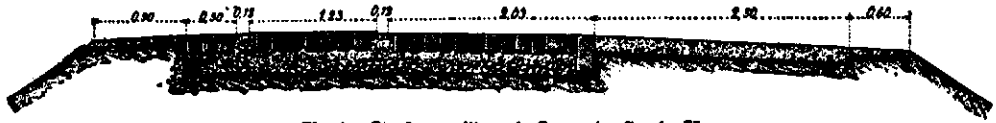


Fig. 1. Straßenprofil nach Gravenhorſt. 1 : 75.

Sie ſollen, ähnlich wie die bekannten Quaderſtreifen in den italieniſchen Stadtſtraßen, die Bewegungswiderſtände der Fuhrwerke vermindern und eine glatte, ſtoßfreie Fahrt ermöglichen. Aus erſterem Grunde ſind ſie in ſteigenden Straßen nicht verwendbar und haben ferner in Steinſchlagſtraßen den Nachteil, daß die Fahrbahn neben den Schienen ſich ſtark abnutzt und dadurch die Unterhaltung der Straße ſelbſt erſchwert wird. Deshalb empfiehlt Gravenhorſt das beiſtehende, zur Hälfte gepflaſterte Straßenprofil (ſ. Fig. 1). Die ſeither verwendeten Profile haben entweder die Zoreseiſenform (ſ. Fig. 2) oder ſind breitbaſige Stegſchienen (ſ. Fig. 3). An beiden befinden ſich ſeitliche Führungsrippen zur Führung der Wagenräder, deren geringe Höhe jedoch den Wagen das Verlaſſen des Gleiſes jederzeit ermöglicht. In den Straßenkörper werden dieſe Fuhrwerkſchienen in ähnlicher Weiſe eingebettet wie die Straßenbahnſchienen.

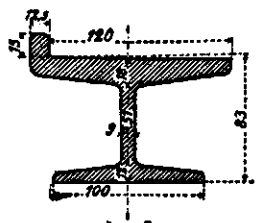


Fig. 3. Profil Rautenberg. 1 : 5.

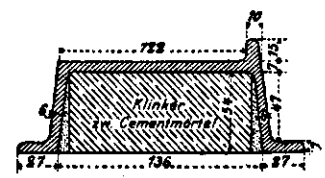


Fig. 2. Profil Gravenhorſt. 1 : 5.

Literatur: [1] Laißle, Straßenbau, Kap. 8, Abt. 4, Bd. 1 vom Handbuch der Ingenieurwiſſenſch., Leipzig 1903, S. 344. — [2] Stahlplatten als Straßengleiſe in Chicago (Univerſalgleiſe), Zeitſchr. f. Transportweſen und Straßenb. 1897, S. 45. — [3] Gravenhorſt, Eiſengleiſe mit

wenig vorſtehender Rippe in Landſtraßen, Zeitſchr. f. Transportweſen und Straßenb. 1897, S. 518; Deutſche Bauztg. 1897, S. 143, 151 und 160. — [4] Fuhrwerkſchienen in Landſtraßen, Zeitſchr. f. Transportweſen und Straßenb. 1898, S. 422, 519, 583; 1899, S. 113; Zeitg. des Vereins deutſcher Eiſenbahnverwaltungen 1898, S. 347; Engineering News 1898, II, S. 260; Engineer 1898, I, S. 537; Zentralblatt der Bauverwaltung 1898, S. 495, 508, 568; 1899, S. 470, 531, 598; Iron age 1899, Mai, S. 24. — [5] Steingleiſe in Landſtraßen, Zeitſchr. f. Transportweſen und Straßenb. 1899, S. 159. — [6] Gleiſe in Landſtraßen, Zentralblatt der Bauverwaltung 1900, S. 96, 113, 181, 196, 255; Schweiz. Bauztg. 1900, II, S. 20; Zeitſchr. f. Transportweſen und Straßenb. 1900, S. 66; 1902, S. 529. — [7] Neſſenius, Die Geſtaltung der eiſernen Gleiſe auf Landſtraßen in der Provinz Hannover, Deutſche Bauztg. 1902, S. 268; Zeitſchr. f. Transportweſen und Straßenb. 1902, S. 432. — [8] Derſ., Die Herſtellung eiſerner Straßengleiſe in Landſtraßen, Organ für den Fortſchritt des Eiſenbahnweſens 1902, S. 151 u. 172; Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingen. 1902, S. 1247; Zeitſchr. f. Transportweſen und Straßenb. 1902, S. 432; 1903, S. 3, 17, 35 u. 152. — [9] Eine Verſuchsſtrecke für Fuhrwerkſchienen aus Stahl in New York-City, Engineering News 1902, II, S. 477; Génie civil 1903, Bd. 42, S. 221. — [10] Die neuen Straßen mit Eiſenſpuren in den Vereinigten Staaten, Revue techn. 1903, S. 462; Fuhrwerkgleiſe und Fuhrwerkſchienen, Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 250; Bauing.-Ztg. 1904, S. 163; Zeitſchr. f. Kleinbahnen 1904, S. 178; Organ f. d. Fortſchr. d. Eiſenbahnw. 1904, S. 174; Gleisſtreifen aus Eiſen oder Beton, „Beton u. Eiſen" 1905, S. 217; Zeitſchr. f. Transportw. u. Straßenb. 1906, S. 231; Chauſſeen mit Schienengleiſen, ebend., S. 144; Engineering News 1906, I, S. 461. *L. v. Willmann.*

Gleisentfernung, Abſtand der Gleisachſen, bei Vollſpur auf freier Bahn mindeſtens 3,5 m, ſofern beide Gleiſe zuſammengehören und jedes nur einer Fahrrichtung dient; in jedem andern Falle mindeſtens 4,5 m, und wenn Bahnſteige dazwiſchen möglich ſein ſollen, mindeſtens 6 m, jetzt meiſt 9 m oder mehr. S. Bahnhöfe. *Goering.*

Gleishammer (Parallel-, Prismen- und Rahmenhammer), Maſchinenhammer, der in geraden, meiſt ſenkrechten Gleiſen geführt wird.

Um den Hammer für verſchiedene Zwecke benutzen bezw. ſeine Bahn ändern zu können, iſt die durch ihre lebendige Kraft wirkſame Maſſe (Hammerbär) nicht feſt mit der Hammerbahn verbunden, ſondern leicht auswechſelbar an dem Teil angebracht, der das Hauptgewicht enthält. Der Hammerbär wird durch ein biegſames Band (Fallwerk) oder durch eine ſteife Stange (Reibungshammer) gehoben und fällt aus einer beſtimmten Höhe auf das Arbeitsſtück hinab. Ausgedehnte Anwendung findet der Maſchinenhammer als Dampfhammer, bei dem der Hammerbär mit der Kolbenſtange eines Dampfzylinders feſt verbunden iſt. An Stelle des Dampfes findet ſich als Triebkraft zuweilen Preßluft und die Exploſionskraft von Pulver und Leuchtgas.

Literatur: Karmarſch-Fiſcher, H., Mechaniſche Technologie, Leipzig 1891. *Dalchow.*

Gleisheber, Vorrichtung zum Anheben des Gleiſes beim Stopfen. S. Oberbaugeräte.

Gleiskreuzung, die Durchſchneidung zweier Eiſenbahngleiſe in einer Ebene, wie ſie namentlich auf Bahnhöfen bei Herſtellung der notwendigen Gleisverbindungen häufig vorkommt, auf freier Strecke dagegen, wenigſtens bei Hauptbahnen mit größeren Geſchwindigkeiten, wegen der damit verbundenen Gefahr möglichſt vermieden und durch Ueberbrückung erſetzt werden ſollte.

Die Gleiskreuzung beſteht bei ſchrägem Winkel aus zwei Herzſtücken (ſ. d.) am ſpitzen und zwei Kreuzſtücken (oder Doppelherzſtücken) am ſtumpfen Winkel der Schienenleitkanten

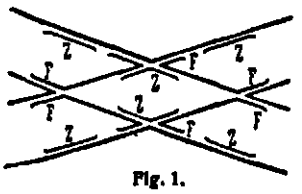


Fig. 1.

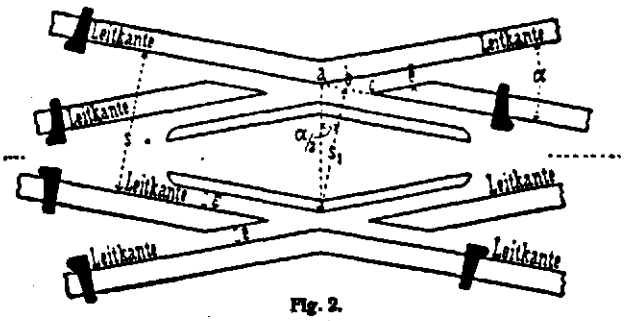


Fig. 2.

nebſt Zubehör an Flügelſchienen (Fig. 1, *F*) und Zwangſchienen (*Z*), welche die Unterſtützung (*F*) und Führung (*Z*) des Rades da zu erſetzen haben, wo die Fahrſchiene wegen des Durchganges der Spurkränze (Spurkranzrille oder Spurrille) unterbrochen werden muß (ſ. Herzſtück). Bei rechtem Winkel der Durchſchneidung werden Herz- und Kreuzſtück einander gleich und die Unterbrechungen am kürzeſten; jedoch kann alsdann die Unterſtützung (und Führung) des Rades nicht erſetzt werden; es muß deshalb bei ganz oder nahezu rechtem Winkel, ſofern kein Stoß erfolgen ſoll, für den Spurkranz am Grunde zwiſchen Fahr- und Flügelſchiene ein ſanfter Auf- und Ablauf hergeſtellt werden. In dem Kreuzſtück entſteht bei ſpitzem Winkel α eine längere führungsloſe Stelle, indem hier die gegenüberliegende Zwangſchiene (Radlenker) bis zu ihrer eignen Richtungsänderung die lange Unterbrechung der Schienenleitkante nur teilweiſe zu decken vermag. Aus der (der Deutlichkeit wegen verzerrten) Fig. 2 ergibt ſich nämlich

die Länge der führungslosen Stelle zu $bc = ac - ab = e : \sin\alpha - s_1 \operatorname{tg} \alpha/_2$, wobei α den Kreuzungswinkel, e die notwendige Breite der Spurkranzrille, s_1 die um die Zwangsrillenbreite s verminderte Spurweite bezeichnet. Diese Länge wird positiv, sobald $e : \sin\alpha > s_1 \operatorname{tg} \alpha/_2$ oder $\sin\alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha/_2 < \frac{e}{s_1}$, d. h. $\sin \alpha/_2 < \sqrt{\frac{e}{2 s_1}}$ wird. Bei den für Vollspurbahn üblichen Abmessungen ergibt das für den Grenzwert: $\sin \alpha/_2 = \sqrt{\frac{49}{2 \cdot 1394}} = 0{,}1326$ oder etwa $\alpha = 15^0\,16'$.

Bei den auf Bahnhöfen vorwiegend üblichen Kreuzungswinkeln von 1 : 9 bis 1 : 10 ergibt sich so die führungslose Stelle rechnungsmäßig bereits zu 300—400 mm; sie wird aber noch vergrößert durch den Umstand, daß die schlank zugespitzte Fahrschiene, von unten aufsteigend, erst allmählich die erforderliche Stärke gewinnt, um wirklich den Spurkranz führen zu können. Bis dahin muß also allein die lebendige Kraft der Bewegung die Führung durch den Spurkranz ersetzen. Wenn in diesem Augenblick die übergehende Achse aus irgend einem Grunde (z. B. bei Stauchung eines gedrückten Zuges) einen Seitenstoß erhält, so liegt die Gefahr der Entgleisung sehr nahe. Hierin liegt die Gefährlichkeit der Kreuzungen, und es geht daraus hervor, daß solche nur in gerader Linie ausgeführt werden, in Hauptgleisen aber nach Möglichkeit vermieden werden sollten. Wie das auch bei Trennungs- und Kreuzungsbahnhöfen recht wohl möglich ist, findet sich im Art. Bahnhöfe dargelegt. — Häufig findet man die Gleiskreuzungen mit zwei oder vier Weichen zu ein- oder beiderseitigen Kreuzungsweichen (s. d.) verbunden, wobei die vier Teile der Gleiskreuzung an sich nicht geändert werden. Die Notwendigkeit der Einfügung solcher Anordnungen in die sonstigen Gleisverbindungen ohne lästige Gegenkrümmungen hat dazu geführt, die Winkel der Gleiskreuzungen allgemein den bei derselben Verwaltung üblichen Weichenwinkeln gleich zu machen. Auf den preußischen Staatsbahnen wird daher auch für die Weichen gegenwärtig der steilere, jedoch die Ausführung der Kreuzungsweiche eben noch ermöglichende Winkel 1 : 9 (gegenüber dem früher mehr gebräuchlichen von 1 : 10) bevorzugt, um die führungslose Stelle bei den Kreuzungen zu beschränken, zugleich aber auch, um an Gleislänge zu sparen. Dabei wird aber das Durchfahren des scharf gekrümmten Weichenstranges durch schnelle Züge nach Möglichkeit vermieden. *Goering.*

Gleislegen, s. Oberbau.

Gleisplan, s. Bahnhofsplan.

Gleissperren, Vorkehrungen zum zeitweiligen Absperren von Gleisen, z. B. zur Verhinderung des Ablaufens von Wagen auf einem nahen Gefälle, entweder in Gestalt von wegnehmbaren Hindernissen, die auf die Schienen gelegt werden, oder Vorrichtungen mit verstellbaren Teilen, die sich zufolge einer Hebelbewegung über oder neben die Fahrschienen legen. *Goering.*

Gleisverbindungen, Mittel zum Ueberleiten von Fahrzeugen aus einem Gleise in ein andres, nämlich: Weichen, Drehscheiben und Schiebebühnen (s. d.). *Goering.*

Gleisverschlingung, Anordnung von zwei Eisenbahngleisen zur Umgehung von Hindernissen, namentlich für vorübergehende Zwecke, unter anderm bei Um- oder Neuausführungen von Bauwerken (Straßenunterführungen oder dergl.) unter bestehenden Gleisen, um zunächst für das eine, später nach Umkehrung der Anordnung für das andre Gleis das Bauwerk ohne Betriebsstörung herstellen zu können (vgl. die Figur). Die betreffende Strecke muß selbstverständlich durch beiderseitige Vorsignale gedeckt werden, damit gleichzeitige Benutzung für beide Gleise ausgeschlossen wird. *Goering.*

Gleitbacken, -blöcke, -schuhe, -stücke sind die auf den Führungsschienen (s. d.) laufenden Teile; sie werden mit Rücksicht auf den zulässigen Flächendruck in der Berührungsfläche bemessen, der an Kreuzköpfen nur 2—3 kg/qcm beträgt. Das Gleitstück an Kulissen u. a. nennt man auch Stein.

Gleitbahn für den Ablauf von Schiffen (s. Stapellauf).

Gleiteisenbahnen sind Bahnen, bei welchen die gleitende Reibung der Fahrzeuge auf den Schienen nicht durch Umsetzung in rollende Reibung, wie bei den Reibungsbahnen, sondern unmittelbar überwunden wird.

Beim System Girard-Barre, das durch eine auf der Pariser Weltausstellung 1889 in Betrieb gesetzte, 150 m lange Probebahn bekannt wurde, werden die Räder der Fahrzeuge durch Gleitschuhe s (Fig. 1) ersetzt, welche die ⊓-förmigen, durchlaufend unterstützten Schienen r beiderseits mit vorspringenden Rändern umfassen, Führung geben und bei der Fortbewegung sehr geringe Reibung haben, indem das in die Schuhe gedrückte Wasser diese ein wenig abhebt und ein beinahe reibungsloses Zwischenmittel schafft. Die Bauart der Schuhe ist aus Fig. 2—4 zu ersehen; das unter Preßluft stehende, vom Wagen W in besonderen Behältern mitgeführte Wasser wird durch Röhren und die Oeffnung s in den Schuh geleitet, wodurch die darin befindliche Luft zusammengedrückt und der Schuh gehoben wird. Zur Vermeidung größerer

Waſſerverluſte iſt am Umfange des Schuhes, wie Fig. 2 und 3 zeigen, Rillendichtung angebracht. Auf den Schuhen ſtehen die am Wagenkaſten geführten, mit Federung verſehenen Stempel *T*, welche den Wagen tragen. Um das Preßwaſſer gegen Einfrieren zu ſchützen, ſoll ihm $^1/_5$ Glyzerin oder $^1/_7$ Chlormagneſium beigemengt werden.

Die Fortbewegung geſchieht durch eine unter dem Wagen *W* befeſtigte zahnartige Stange *Z* (Fig. 1, 5 und 2), Schaufelkaſten genannt, deren Zähne Turbinenſchaufeln gleichen, in welche von feſtſtehenden Oeffnungen *O* Preßwaſſer hineingeſchleudert wird. Solche feſtſtehende Ausflußöffnungen oder Druckſtänder ſind unter dem Gleis in einer von der Länge der zahnartigen Stange *Z* abhängigen Entfernung angeordnet, da ſie ſtets mit einer Ausflußöffnung *O* in Verbindung ſtehen muß, und haben die aus Fig. 5 und 6 erſichtliche Anordnung. Das Preßwaſſer wird den Druckſtändern durch eine beſondere Röhrenleitung *D* zugeführt. Da nach beiden Richtungen gefahren werden muß, ſo ſind zwei Kaſten mit entgegengeſetzt gerichteten Schaufeln vorhanden. Das Einlaſſen des Preßwaſſers und das Abſchließen der Oeffnungen *O* erfolgt ſelbſttätig durch den erſten bezw. letzten Wagen des Zuges, mit welchen Hebel *h* von der in Fig. 1 und 7 angegebenen Form und Stellung verbunden ſind, welche die entſprechende Drehung der Ventilhähne *k* (Fig. 7) bewerkſtelligen.

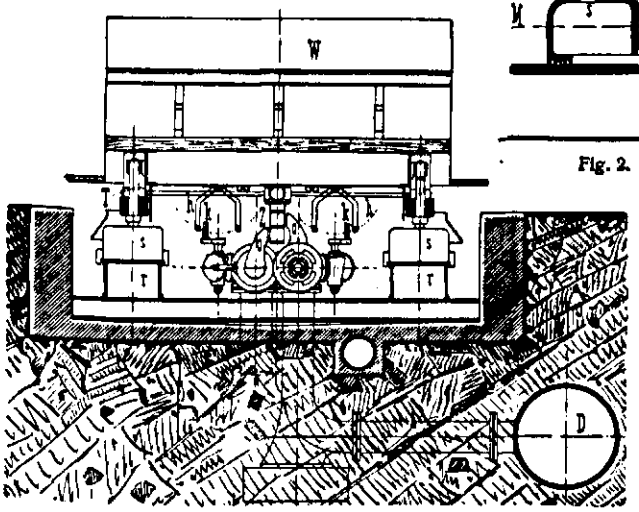


Fig. 1.

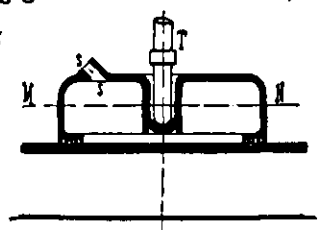


Fig. 2. Schnitt *AB*.

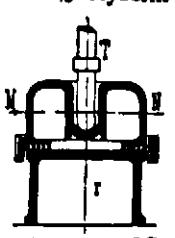


Fig. 3. Schnitt *CD*.

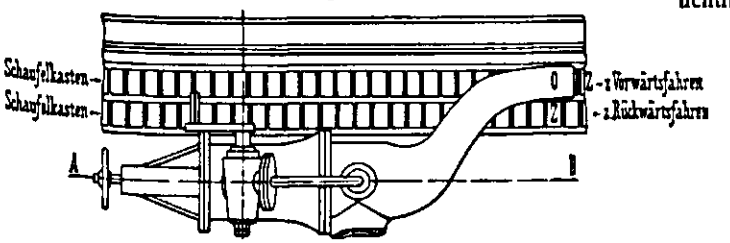


Fig. 5. Druckſtänder. Anſicht.

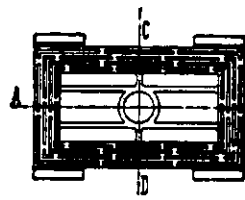


Fig. 4. Anſicht von unten.

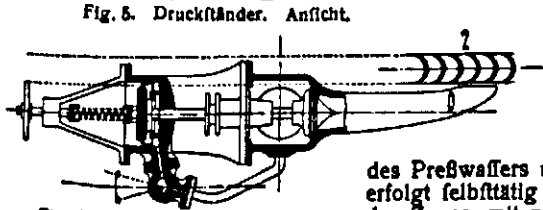


Fig. 6. Horizontalſchnitt *AB*.

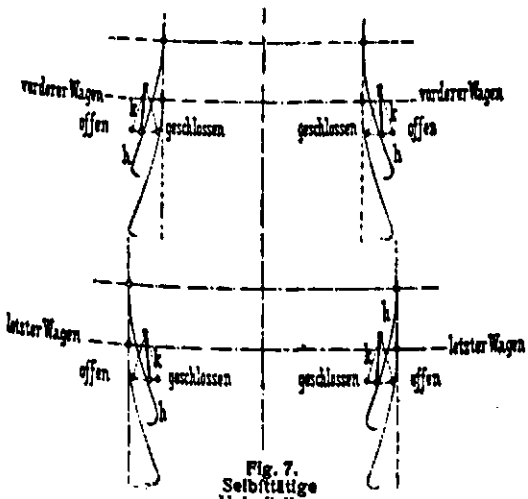


Fig. 7.
Selbſttätige Hahnſtellung.

Die Vorzüge dieſes Bahnſyſtems beſtehen in geringen Reibungswiderſtänden, in ruhiger ſtoßfreier Bewegung, in geringem Gewichte und in ſicherem und raſchem Bremſen der Fahrzeuge durch Abſperrung der Waſſerzuführung in die Schuhe. Als Nachteile können die hohen Baukoſten, die ſchwierige Bedienung und die nicht ganz zu vermeidenden ungünſtigen Einwirkungen des Froſtes bezeichnet werden; das Syſtem der Gleitbahnen könnte vielleicht für Stadt- oder Touriſtenbahnen im Gebirge in Frage kommen. Bisher iſt von der Verwendung der Gleitbahnen nichts bekannt; die für London und die Bahn Buenos-Aires—La Plata beabſichtigten Ausführungen ſind unterblieben.

Literatur: Barre, Notice sur le chemin de fer glissant à propulsion hydraulique système L. D. Girard, Paris; Dito, Génie civil 1889; Peſchek, Die Gleiteiſenbahn auf der Pariſer

Weltausſtellung, Zentralbl. d. Bauverwalt. 1889; Die Gleiteiſenbahn von Girard-Barre, Organ f. d. Fortſchr. d. Eiſenbahnw. 1890; Rindl, E., Girards Gleitbahn, Wochenſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890; Lang, Gleitbahnen, Rölls Encykl. des Eiſenbahnweſens, Wien 1892. *Doležalek.*

Gleitlager (Flächenlager, Gleitflächenlager), ſ. Auflager.

Gleitſtühle der Weichen, ſ. Weichen.

Gleittakelage für Boote, ſ. Befegelung.

Gleitungskoeffizient, ſ. Elaſtizitätsmodul (Schubelaſtizitätsmodul) und Elaſtizitätslehre, allgemeine.

Gletſcherbach, ein vorwiegend von einem Gletſcher geſpeiſter Bach. Seine Waſſermenge iſt demnach im Winter ſehr gering und im heißen Sommer, von der Eisſchmelze herrührend, am größten.

Gletſcherlehm, ſ. Geſchiebelehm.

Gletſcherſchliffe kommen dadurch zuſtande, daß das in Bewegung befindliche Gletſchereis, die an ſeinem Grund mitgeführten und in dasſelbe eingebackenen Steinblöcke über anſtehende Felſen oder Geſteine hinführt und dieſe abſchleift und ſogar poliert. *Leppla.*

Gletſcherſchutt, das durch das fließende Gletſchereis von den Höhen zu Tal beförderte, meiſt aus ſehr groben Geſteinsblöcken beſtehende Schuttmaterial.

Die Blöcke werden entweder am Grund des Gletſcherſtroms in dieſen eingebacken und weitergeführt, oder ſie fallen von ſteilen Gehängen auf den Gletſcher, der ſie alsdann talabwärts ſchleppt. Die Anhäufungen des Gletſcherſchutts ſind ungeſchichtete, wirr gelagerte Block- und Geröllmaſſen. Sie werden Moränen, Geſchiebemergel u. ſ. w. genannt. In ſteinarmen Gegenden bilden die Ablagerungen von Gletſcherſchutt die einzigen Quellen für natürliches Bau- und Straßenmaterial, ſo z. B. im norddeutſchen Tiefland, Polen, Eſthland und Livland, in der nordalpinen, bayriſchen Hochebene, oberitalieniſchen Tiefebene u. ſ. w. *Leppla.*

Glied, ſ. Mechanismen.

Gliederkeſſel. Bezeichnung für die aus einer größeren Anzahl gleichartiger Rohrſyſteme zuſammengeſetzten Dampfkeſſel.

Neben den vornehmlich für hohe Dampfdrucke beſtimmten Waſſerrohrkeſſeln (ſ. Dampfkeſſel) kommen für die Heizung großer Gebäude und Fabrikanlagen Gliederkeſſel für Warmwaſſer- und Niederdruckdampfheizung zur Anwendung. Einen Gegenſtromgliederkeſſel der Firma Strebelwerk, G. m. b. H., Mannheim (D.R.P. Nr. 76582), zeigt Fig. 1 im Längs- und Fig. 2 im Querſchnitt. Der Keſſel iſt aus einer Anzahl aufrechtſtehender O-förmiger Glieder zuſammengeſetzt, deren Hohlräume *W* zur Aufnahme des Waſſers oder Dampfes beſtimmt ſind. Der Brennſtoff gelangt in dem inneren Hohlraum des Keſſels zur Verbrennung, die aufſteigenden Feuergaſe ziehen durch die Rauchkanäle nach dem Sockel im Gegenſtrom zu dem nach oben ſteigenden Waſſer und geben hierbei ihre Wärme an dieſes ab. Die Glieder ſtehen oben und unten mittels eingepreßter Rohrſtutzen in durchgehender Verbindung miteinander; ſie ſind ſo ausgebildet, daß bei ihrer Zuſammenſetzung Rauchkanäle *K* entſtehen, zwiſchen denen jeweils ein Waſſer-

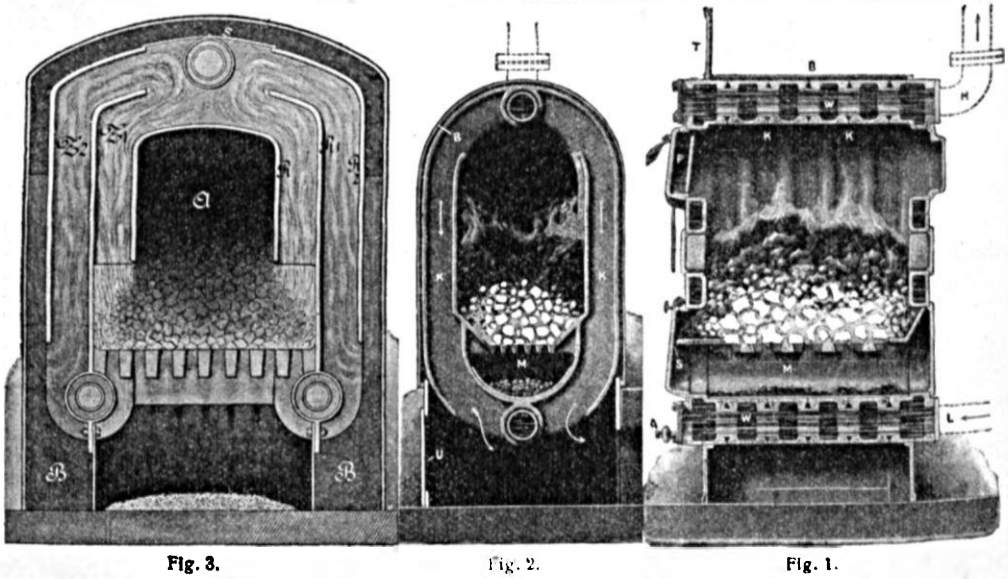


Fig. 3. Fig. 2. Fig. 1.

kanal *W* liegt. Die Vereinigung der Glieder zu Keſſeln geſchieht durch einfaches Zuſammenpreſſen der Verbindungsſtutzen, die Glieder ſind ſomit nur an je zwei Punkten miteinander verbunden, ſie können ſich daher unbehindert ausdehnen oder zuſammenziehen, außerdem geben

ſie bei ihrer ovalen Form leicht allen Einwirkungen des Feuers nach, wodurch ſchädliche Materialſpannungen und Brüche ferngehalten werden. Die Glieder beſitzen in ihrem unteren Teil einen angegoſſenen, vom Waſſer gekühlten Roſt, zum Zwecke, dieſen gegen Verbrennen zu ſchützen und die Schlackenbildung nach Möglichkeit zu verhindern.

Die Keſſel werden aus feuerbeſtändigem Spezialgußeiſen hergeſtellt; ſie ſind zum Schutze gegen Abkühlung mit Kieſelguraſbeſtplatten und Blech ummantelt.

Bei dem von den Metallwerken Bruno Schramm in Ilversgehofen-Erfurt hergeſtellten Warmwaſſergliederkeſſel geſchieht die Zuführung der Feuergaſe in der Weiſe (ſ. Fig. 3), daß die aus dem Verbrennungsraum A abgeſaugten Gaſe zuerſt in dem Zuge Z_1 nach oben ſteigen, ſich hierauf wenden und im Zuge Z_2 nach unten fallen, ſodann die Keſſelglieder außen nach oben hin nochmals beſtreichen und endlich erſt durch den Rauchrohrſtutzen an der hinteren Keſſelwand in den Schornſtein entweichen. Dieſer Keſſel ſteht wie der vorſtehend beſchriebene vollſtändig frei ohne Einmauerung; ſeine Bauhöhe iſt gering, ſo daß ſelbſt bei niedrigen Kellern keinerlei Vertiefung erforderlich iſt. *G. Schwarz.*

Gliederpaare, Beweglichkeit. Die Beweglichkeit zweier Glieder wird durch die Flächenteile beſtimmt, in denen ſich dieſe Glieder während ihrer gegenſeitigen Bewegung beſtändig berühren; und zwei ſolche zuſammengehörige Glieder bilden ein Gliederpaar.

Gleitet in Fig. 1 ein Glied S mit den Seitenflächen eines Hohlprismas auf den entſprechenden Seitenflächen eines Vollprismas Σ, ſo bewegen ſich die Punkte des Gliedes S in bezug auf das Glied Σ in Geraden, die zu den Prismakanten parallel ſind; und ebenſo bewegen ſich umgekehrt die Punkte des Gliedes Σ in bezug auf das Glied S. Bei dieſen beiden Gliedern, welche ſich in Prismaflächen berühren, entſteht eine geradlinige Parallelbewegung, und die gegenſeitige Bewegung iſt geradlinig. — Dreht ſich in Fig. 2 ein Vollzylinder des Gliedes S in dem entſprechenden Hohlzylinder des Gliedes Σ, dann beſchreiben die Punkte des Gliedes S, welche nicht in der gemeinſamen Achſe beider Zylinder liegen, in bezug auf das Glied Σ Kreiſe, deren Ebenen ſenkrecht zu dieſer Achſe ſind und deren Mittelpunkte in derſelben liegen. Dasſelbe gilt von der Bewegung der Punkte des Gliedes Σ in bezug auf das Glied S. Bei dieſen beiden Gliedern, die ſich in Zylinderflächen oder ſtatt deſſen auch in koaxialen Rotationsflächen berühren, entſteht eine kreislinige Bewegung. Die gegenſeitige Bewegung dieſer beiden Glieder, die ein Achſengelenk bilden, iſt kreislinig. — Bei einer Schraubenmutter S auf einer Schraube Σ in Fig. 3 beſchreiben alle Punkte des Gliedes S koaxiale Schraubenlinien von gleicher Ganghöhe in bezug auf das Glied Σ und umgekehrt. Nur die Punkte, die in der Schraubenachſe liegen, bewegen ſich in derſelben und beſchreiben alſo eine Gerade, die als eine Schraubenlinie vom Radius gleich Null betrachtet werden kann. Dieſe Glieder berühren ſich in Schraubenflächen, und ihre gegenſeitigen Bewegungen ſind ſchraubenlinig. — Die drei betrachteten Gliederpaare zeichnen ſich dadurch aus, daß ein Punkt des einen Gliedes und ein Punkt des andern Gliedes, die in einer Lage koinzidieren, dieſelbe Bahn beſchreiben. Die Bewegung von S in bezug auf Σ und umgekehrt von Σ in bezug auf S iſt dieſelbe. Bewegen ſich die Punkte eines Gliedes in bezug auf ein andres in beſtimmten Bahnen, dann iſt die Beweglichkeit linienläufig und wird auch zwangläufig genannt. — Gleiten in Fig. 4 die zylindriſchen Zapfen A B eines Gliedes S bezw. in den Nuten α, β eines plattenförmigen Gliedes Σ, dann beſchreiben alle Punkte des Gliedes S beſtimmte ebene Kurven gegen das Glied Σ; und ebenſo beſchreiben auch die Punkte des Gliedes Σ beſtimmte ebene Kurven gegen das Glied S. Dieſe Kurven ſind aber von jenen Kurven verſchieden. Die Zylinderflächen der Zapfen und die Zylinderflächen der Nuten berühren ſich während der Bewegung dieſer beiden Glieder S, Σ. Ihre gegenſeitige Beweglichkeit iſt kurvenläufig oder zwangläufig; aber die Beweglichkeit iſt verſchieden von S in bezug auf Σ und umgekehrt von Σ in bezug auf S. — Gleiten in Fig. 5 zwei parallele Seitenflächen des Gliedes S zwiſchen den parallelen Ebenen des Einſchnittes des Gliedes Σ, dann bewegen ſich die Punkte des Gliedes S in parallelen Ebenen in bezug auf das Glied Σ, und umgekehrt gilt dasſelbe. Die gegenſeitige Beweglichkeit bei dieſem Gliederpaar iſt ebenenläufig. — Bei einem Hohlzylinder S auf einem Vollzylinder Σ in Fig. 6 bewegen ſich die Punkte des einen Gliedes in bezug auf das andre in koaxialen Rotationszylinderflächen. Nur für die Punkte in der gemeinſamen Achſe der Zylinderflächen iſt die Bewegung geradlinig; und dieſe Achſe kann als eine Rotationszylinderfläche vom Radius gleich Null betrachtet werden. Die gegenſeitige Beweglichkeit dieſer beiden Glieder iſt zylinderflächenläufig, und iſt dieſelbe von einem Gliede in bezug auf das andre. — In Fig. 7 berührt die Kugel des Gliedes S in zwei entſprechenden kleinen konzentriſchen Kugelhauben das Glied Σ. Die Punkte des Gliedes S bewegen ſich, ſoweit es die Geſtaltung der Glieder zuläßt, auf konzentriſchen Kugelflächen. Dasſelbe gilt umgekehrt für die Bewegung der Punkte des Gliedes Σ in bezug auf das Glied S.

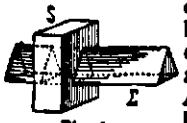


Fig. 1.

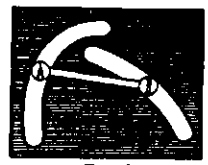


Fig. 4.

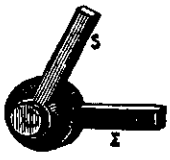


Fig. 2.

Fig. 3.

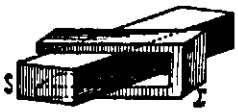


Fig. 5.

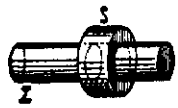


Fig. 6.

Fig. 7.

Nur der gemeinſame Kugelmittelpunkt M iſt unbeweglich gegen die Glieder. Bei dieſem Gliederpaar, das ein Kugelgelenk bildet, iſt die Beweglichkeit kugelflächenläufig und dieſelbe von einem Gliede in bezug auf das andre. — In Fig. 8 berührt die Kugel des Gliedes S eine Hohlzylinderfläche des Gliedes Σ, welches mit einem Längsſchnitt verſehen iſt. Die Punkte des Gliedes S können dann, ſoweit es die Geſtaltung der Glieder zuläßt, beliebig im Raum in bezug auf das Glied Σ bewegt werden. Dasſelbe gilt von der Bewegung der Punkte des Gliedes Σ gegen das Glied S, und die Beweglichkeit dieſer beiden Glieder iſt raumläufig. — Bei jeder Bewegung von S gegen Σ beſchränkt ſich aber die Bewegung des Kugelmittelpunktes M auf die geradlinige Bewegung in der Achſe der Zylinderfläche von Σ. Es gibt jedoch keinen Punkt des Gliedes Σ, der ſich bei jeder Bewegung von Σ gegen S geradlinig bewegt; dagegen geht aber bei jeder Bewegung von Σ die Achſe der Zylinderfläche beſtändig durch den Kugelmittelpunkt M. Die beiden raumläufigen Bewegungen von S gegen Σ und umgekehrt von Σ gegen S ſind demnach nicht als gleichartig zu betrachten. — Wird in Fig. 9 das Glied S mit den drei Spitzen A, B, C auf einer Fläche Φ des Gliedes Σ beliebig bewegt, ſo iſt die Beweglichkeit von S gegen Σ raumläufig und ebenſo umgekehrt, wenn Σ mit der Fläche Φ auf den drei Spitzen A, B, C des als feſt betrachteten Gliedes S bewegt wird. Bei der Bewegung von S gegen Σ zeichnen ſich aber die drei Spitzenpunkte A, B, C dadurch aus, daß ihre Bewegung auf die Fläche Φ beſchränkt iſt. Nehmen wir nun an, daß bei der Bewegung von S gegen Σ eine Spitze, z. B. A, ſich auf der Fläche Φ in einer beſtimmten Bahnkurve bewegt, dann iſt die Beweglichkeit von S gegen Σ flächenläufig. Bewegen ſich ferner zwei Spitzen A, B in beſtimmten Bahnen auf der Fläche Φ, dann iſt die Beweglichkeit von S kurvenläufig bezw. zwangläufig. Dieſelben Beziehungen ergeben ſich umgekehrt bei dieſen Beſchränkungen, wenn S als feſt angeſehen und Σ gegen S bewegt gedacht wird. — So mannigfaltig, wie die Flächenteile ſein können, in denen ſich die Glieder während der Bewegung berühren, ſo mannigfaltig iſt auch die Beweglichkeit der Gliederpaare. *Burmeſter.*

Fig. 9.

Fig. 8.

Gliederung, die Teilung einer großen baulichen Fläche in architektoniſche Unterabteilungen (ſ. Faſſade).

Die wichtigſten Bauformen, die eine Gliederung herbeiführen, ſind die Säule, der Pfeiler und der Pilaſter, die namentlich in Verbindung mit den Geſimſen eine wirkungsvolle Teilung der Wandfläche herbeizuführen vermögen. Innenflächen können außer den obenangeführten Bauformen auch durch plaſtiſches oder gemaltes Rahmen- und Geſimswerk in die üblichen drei Unterabteilungen gebracht werden (ſ. Bauglieder, Bd. 1, S. 578 ff.). *Weinbrenner.*

Glimmer, Minerale, Verbindungen von kieſelſaurer Tonerde mit kieſelſauren Alkalien und Magneſia, kriſtalliſieren monoklin, und zwar als ſechsſeitige Prismen mit einem Kantenwinkel von nahezu 120°.

Das Bezeichnende dieſer Minerale iſt ihre ausgezeichnete Spaltbarkeit quer zu den Flächen des Prismas. Die einzelnen Spaltblättchen ſind elaſtiſch biegſam. Die Härte liegt zwiſchen 2 und 3. In hoher Temperatur ſind ſie ſchmelzbar, beſonders die dunkeln Arten. Salzſäure greift ſie nicht oder nur wenig an. Die Glimmer ſind außerordentlich verbreitet in Geſteinen. Wegen ihrer vollkommenen Spaltbarkeit erhöhen ſie nicht die Feſtigkeit der Geſteine, ſondern beſchleunigen deren Zerfall, beſonders dann, wenn ſie lagenweiſe verteilt ſind in kriſtallinen Schiefern und Schichtgeſteinen. In Sandſteinen wird Glimmer daher nicht gern geſehen. Man unterſcheidet:

1. Muskovit (Kaliglimmer, Katzenſilber), waſſerhaltiges kieſelſaures Tonerdekali $Si_6O_{24}Al_6K_2H_4$ (ungefähr 45 % SiO_2, 25—35 % Al_2O_3, 8—12 % K_2O). Meiſt hell gefärbt, ſilberweiß, gelblich, grünlich, perlmutterglänzend. Als Sericit wird ein grünlicher, talkähnlicher Muskovit bezeichnet. In vielen Fällen vollſtändig durchſichtig; Härte 2, ſpez. Gew. 2,76—3,1. Wird von Säuren nicht angegriffen, verwittert ſehr ſchwer und hält ſich daher außerordentlich lange im Geſtein. Er tritt in allen älteren Geſteinen, beſonders in den kriſtallinen Schiefern (Gneis, Glimmerſchiefer), auch im Granit auf, fehlt aber nahezu ganz den jüngeren Eruptivgeſteinen und den meiſten Kalkſteinen. Er ſchließt vulkaniſche Entſtehung nahezu aus und kommt als Neubildung in Sedimenten viel vor (Tonſchiefer). Durch die Verwitterung der älteren Geſteine und ihre Auflöſung gelangte er in die Sedimente mechaniſcher Entſtehung, Sandſteine u. ſ. w. In allen Fällen, wo er hier lagenweiſe oder in Schichten angehäuft iſt, veranlaßt er ein Aufblättern und eine leichte Trennung des Geſteins nach dieſer Schicht. Eine Anhäufung von Glimmerſchüppchen in einer millimeterdicken Schicht genügt ſchon, daß ein Sandſtein nach derſelben leicht ſpaltet und bei der Verwitterung leicht ſich ablöſt. Nur bei zerſtreutem Vorkommen in Geſteinen beeinträchtigt er die Feſtigkeit weniger, z. B. in Granit. In großen Tafeln tritt er in Pegmatitgängen der Granite auf und wird auch hier zumeiſt für techniſche Zwecke gewonnen (Sibirien, Ural, Oſtindien [Bengalen], Nordamerika). Die Verwendung beruht auf der Spaltung in dünne Lamellen, ſeinem hohen Schmelzpunkt und der Durchſichtigkeit. Man verwendet den Muskovit ſtatt Glas zu Geräten, die bei großer Hitze durchſichtig bleiben müſſen und nicht zerſpringen, z. B. zum Verſchluß von Oeffnungen an Feuerungen, Lampenzylindern, Lichtroſetten, Ofenfenſtern, Schutzbrillen für Feuerarbeiter. Auch zu Fenſterſcheiben wird er benutzt; indes wird er leicht geritzt (geringe Härte), erhält Flecken und wird trüb. In der Optik wird Muskovit zur Prüfung auf den Charakter der Doppelbrechung im Mikroſkop benutzt. In feinen Schüppchen wird er dem Streuſand (ſogenannten Silberſand) beigemiſcht. Fein pulveriſiert, mit Salzſäure ausgekocht und gewaſchen, werden Glimmerabfälle zur Herſtellung von Glimmerbronze, Brokatfarben und andern glänzenden und ſchimmernden Ueberzügen,

Zieraten gebraucht. Von ſehr ſtarken elektriſchen Strömen wird reiner weißer Glimmer ſelbſt in dünnen Blättchen nicht durchſchlagen, daher Verwendung zu Iſolierungen bei hohen Temperaturen. Mikanit iſt ein aus Glimmerabfällen hergeſtelltes Iſoliermittel in der Elektrotechnik.

2. Biotit (Magneſiaglimmer, Katzengold), Marienglas, kieſelſaure Tonerde-Magneſia-Kali $Si_6O_{24}Al_2Mg_6K_2H$ oder ähnliche Miſchungen (39—44 % SiO_2), meiſt dunkel, grün, braun, gelb gefärbt und dadurch von Muskovit leicht zu unterſcheiden; in dünnen Blättchen durchſichtig, metall- bis perlmutterglänzend. Härte 2,5—3,0, ſpez. Gew. 2,8—3,0; leichter ſchmelzbar als Muskovit, beſonders wenn er eiſenhaltig iſt. Er wird von Salzſäure angegriffen, von konzentrierter Schwefelſäure dagegen vollſtändig zerſetzt; tritt in allen älteren und jüngeren Eruptivgeſteinen und in kriſtallinen Schiefern auf und entſteht zumeiſt auf vulkaniſchem Wege. Techniſch unbedeutend.

3. Lithionglimmer (Lithionit), als Lepidolith ein fluor- und lithionhaltiger Kalkglimmer $K_2Li_3Al_2Si_6O_{19}Fl_2$ (50,6 % SiO_2, 28,9 % Al_2O_3, 13,2 % K_2O, 4,2 % Li_2O, 5,4 % Fl) in weißen, roten oder grünen Blättchen, ähnlich wie Muskovit; leicht ſchmelzbar, von Säuren nur nach dem Schmelzen angreifbar.

4. Paragonit, Natronglimmer, enthält ſtatt Kali Natron, ſonſt ähnlich dem Muskovit; in allen kriſtallinen Schiefern verbreitet.

5. Anhangsweiſe ſind hier zu erwähnen die techniſch unwichtigen Sprödglimmer; ſie ſind ebenfalls ſpaltbar wie die Glimmer, aber nicht ſo vollkommen, meiſtens aber viel härter und nicht elaſtiſch biegſam, ſondern ſpröde. Margarit, ein kalkhaltiger Glimmer $H_2CaAl_2Si_2O_{12}$; weiß, perlmutterglänzend; Härte 4½, ſpez. Gew. 2,8—3,1.

6. Ottrelith, viel im Tonſchiefer vorkommend. *Leppla.*

Glimmerſchiefer, ein in der Regel mittelkörniger, in der Hauptſache aus Quarz und Glimmer zuſammengeſetzter kriſtalliner Schiefer.

Der Quarz beſitzt meiſt ein unregelmäßig geformtes Korn, ſeltener äußere Kriſtallbegrenzung. Als Glimmer tritt vorwiegend Muskovit auf, doch fehlt Biotit keineswegs. Die Blättchen desſelben ſind parallel angeordnet und erzeugen ſo eine Art Schichtung; ſie umſchließen die Quarzkörner meiſt vollſtändig. Neben dieſen Hauptgemengteilen ſind in den Glimmerſchiefern oft noch enthalten: Orthoklas (Uebergänge in Gneis), Chlorit, Granat (teils in unregelmäßigen Körnern, teils auch in wohlausgebildeten Kriſtallen), Eiſenglanz, Rutil, Turmalin, Zirkon, Apatit, Titaneiſen, Chryſoberyll, Smaragd, Korund, Cordierit, Zinnſtein, Graphit u. ſ. w. Die durch die parallele Lage der Glimmerblättchen erzeugte Parallelſtruktur iſt meiſt ſehr gut ausgebildet; ſelten ſind die Geſteine richtungslos körnig. Häufig ſind die Glimmerſchiefer ſtark gefaltet, die Schichtung oder Parallelſtruktur verſchwindet dabei nirgends, ſondern bleibt erhalten. Durch Aufnahme von Feldſpat gehen die Glimmer in Gneiſe, durch Aufnahme von Graphit in Graphitſchiefer und durch Zurücktreten des Glimmers in Quarzitſchiefer über. Mit allen dieſen Geſteinen wechſellagert der Glimmerſchiefer. Im allgemeinen jedoch überlagert er den Gneis und bildet ſomit die zweite Stufe in der Reihe der kriſtallinen Schiefer. Seine Entſtehung ſchließt ſich auch an diejenige des Gneiſes an. Man faßt ihn als eine Art Sediment auf, das ſich aus ſehr löſungskräftigem, vielleicht heißem Waſſer niederſchlug, während der Gneis meiſt die erſte Erſtarrungskruſte des erkalteten Erdkörpers bildet.

Die Verwitterung der Glimmerſchiefer im chemiſchen Sinne iſt eine ſehr langſame und geringe. Um ſo größer aber iſt die Neigung zum mechaniſchen Zerfall. Die parallele Lage der Glimmerblättchen und ihre vollkommene Spaltung bedingt eine leichte Trennung. Die Glimmerblättchen werden durch Wind und Regen fortgeführt und es bleibt ein lockerer Sandboden zurück, deſſen Körner der Quarz des Glimmerſchiefers bildet. Schwerer zerſtörbar ſind quarzreiche und glimmerarme Geſteine, in denen der Glimmer nicht geſchloſſene Lagen bildet. Der geringe Widerſtand der glimmerreichen Schiefer gegen mechaniſchen Zerfall ſetzt die Feſtigkeit dieſer Geſteine auf ein Minimum herab und macht ſie im allgemeinen zu Baumaterial untauglich. Die techniſche Verwendung iſt daher eine ſehr untergeordnete. Wichtiger ſind Glimmerſchiefergebiete wegen der Häufigkeit von fremden Einlagerungen, ſelteneren Mineralien, Erzen.

Literatur: Zirkel, F., Lehrb. d. Petrographie, Bd. 3, Leipzig 1894, S. 270—294. *Leppla.*

Glimmer-Syenitporphyr, ſ. Syenit.

Glimmertrapp, ſ. v. w. Minette (ſ. d.).

Glimmlicht, Glimmentladung. O. Lehmann [1] unterſcheidet vier Arten der elektriſchen Entladung: die Glimmentladung, die Büſchelentladung, die Streifenentladung und die Funkenentladung.

Mittels des elektriſchen Eies (ſ. Geißlerſche Röhren) und einer Influenzmaſchine laſſen ſich die vier Arten zeigen. Bei mäßiger Verdünnung entſteht Glimmentladung unter direkter Verbindung der Elektroden mit der Influenzmaſchine, bei Einſchalten einer kleinen Funkenſtrecke vor der Anode Büſchelentladung, bei Einſchalten der Funkenſtrecke vor der Kathode Streifenentladung, bei großen Funkenſtrecken beiderſeits und Anwendung eines Kondenſators Funkenentladung. — Ein Beiſpiel der Glimmentladung in der Natur bietet das Elmsfeuer (ſ. d.); in den Geißlerſchen Röhren zeigt das poſitive und das negative Glimmlicht charakteriſtiſche Unterſchiede der Ausdehnung und Färbung, das letztere bildet bei ſtärkerer Verdünnung die Kathodenſtrahlen. Ueber weiteres vgl. [2], ferner Lumineszenz, Kathodenſtrahlen, Röntgenſtrahlen.

Literatur: [1] Lehmann, O., Molekularphyſik, Leipzig 1888—89. — [2] Frick-Lehmann, Phyſik. Technik, II, S. 529, Braunſchweig 1895. *Aug. Schmidt.*

Glimmſpäne, ſ. Zündwaren.

Glindower Ton wird in der Geologie ein dem unteren Diluvium angehöriger

Tonmergel genannt, der im norddeutſchen Flachland (Glindow bei Berlin) auf dem unteren Geſchiebemergel lagert.

Er iſt ein völlig ſteinfreier, gelblichgrauer, blaugrauer oder brauner Ton mit 15—20% kohlenſaurem Kalk, alſo ein Tonmergel. Der Gehalt an Kaolin reicht bis zu 50%. Im feuchten Zuſtand iſt er ſehr zäh, im trockenen zeigt er muſcheligen Bruch. Durch wechſelnde Beimengung feinkörnigen Quarzſandes zeigt der Tonmergel eine Art Schichtung; durch Anreicherung mit demſelben werden Uebergänge in Mergelſand geſchaffen. In manchen Fällen ſind die Schichten gefaltet und geſtaucht. Das Material wird zur Ziegel- und Backſteinbrennerei benutzt. *Leppla.*

Globöl, ſ. Petroleum.

Glocke, ein unten offener, oben geſchloſſener aufgehängter Mantel aus Metall, der durch Anſchlagen zum Tönen gebracht wird.

Die Glocke wird zuerſt unter dem Namen „Signum" in den Schriften Gregors von Tours erwähnt. Die älteſten Glocken waren klein und aus Blech geſchmiedet. Erſt gegen Ende des 8. Jahrhunderts kommen gegoſſene Glocken vor. Die älteſten Glockengießer waren Mönche, doch wurde dieſe Arbeit bald von den Stück- und Rotgießern beſorgt, die große Glocken ſtets am Ort ihrer Beſtimmung anfertigten [1]. Die Glocken haben in ihrer formalen Ausbildung drei Hauptteile aufzuweiſen: 1. den Kranz, Ring oder Schlagring, d. i. der untere Rand, an den der Klöppel anſchlägt; 2. die Schweifung, d. i. der mittlere, eingebogene Teil, und 3. die Haube, die wieder aus der Haubenwölbung und der Platte beſteht. Auf der Platte ſitzt die Krone, auch Helm genannt; ſie beſteht aus dem Mittelbogen ſowie aus zumeiſt ſechs Henkeln und iſt mit dem Glockenjoch durch ſtarke eiſerne Bänder verbunden. Der Glockenſtuhl (ſ. Lagerſtuhl), der anfangs ſtets aus Holz gefertigt erſchien, wird in neuerer Zeit häufig aus Eiſen hergeſtellt und dabei werden zugleich Konſtruktionen angewendet, die es ermöglichen, auch große Glocken leichter ſchwingen zu können.

Literatur: [1] Otte, H., Handbuch der kirchlichen Kunſtarchäologie, 5. Aufl., Leipzig 1883, Bd. 1, S. 352. — [2] Derſ., Glockenkunde, Leipzig 1858. — [3] Klunzinger, K., Zur Glockenkunde in Württemberg, in den Württembergiſchen Jahrbüchern 1857. — [4] Derſ., Die Glockenkunde in Altbayern, in der Augsburger Poſtzeitung 1858. *Weinbrenner.*

Glockenbohrer, ſ. Tiefbohren.

Glockengut (Glockenbronze), ſ. Bronze.

Glockenhalter, ſ. Gaslampen, S. 298.

Glockenkapitäl, ſ. Kapitäl.

Glockenmagnet, ſ. Meßinſtrumente, elektriſche.

Glockenmetall (Glockenbronze), ſ. Bronze.

Glockenmühle, Zerkleinerungsvorrichtung für weiche Materialien, namentlich auch Wurzeln, Rinden und Hölzer, die ſich auf andern Vorrichtungen nicht behandeln laſſen.

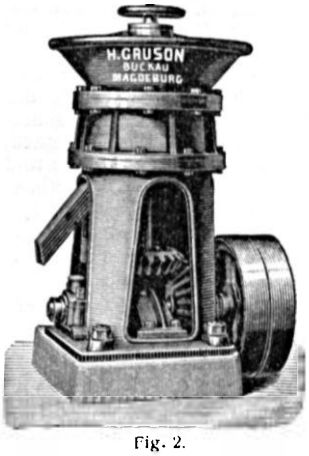


Fig. 2.

Die Mühle wirkt abſcherend und beſteht aus einem Mahlkonus und dem zugehörigen Rumpf (ſ. Fig. 1). Das Material kann je nach

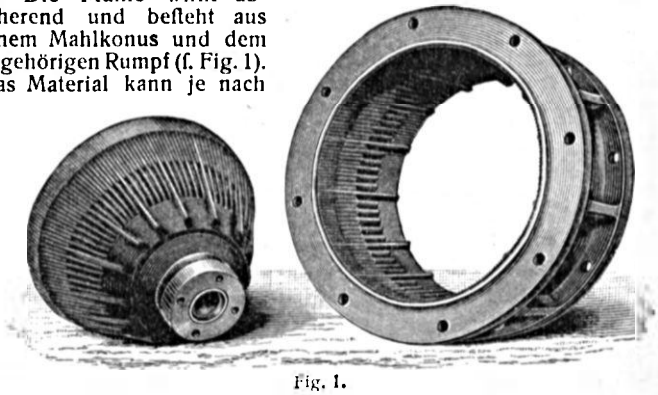


Fig. 1.

den Abmeſſungen der Mühle in Stücken von Fauſt- bis zu Kopfgröße aufgegeben werden. Die Feinheit des Produktes wird durch Verſchieben des Mahlkonus auf ſeiner ſenkrechten Achſe geregelt. Gewöhnlich wird bis zur Korngröße von einigen Millimetern gemahlen. Bezugsquelle: Gruſonwerk, Magdeburg. *Treptow.*

Glockenſäule, Säule, auf welcher bei gewiſſen Läutewerken für Eiſenbahnſignalzwecke das eigentliche Schlagwerk aufgeſtellt iſt. S. Läutewerke im Eiſenbahnweſen. *Köchy.*

Glockenſchlagwerk, Uhrwerk, mit welchem im Eiſenbahnſignalweſen die Glockenhämmer der Läutewerke in Bewegung geſetzt werden. S. Läutewerke im Eiſenbahnweſen. *Köchy.*

Glockenſignale, ſ. Linienſignale, durchlaufende.

Glockenſpeiſe (Glockenbronze), ſ. Bronze.

Glockenſtühle, Konſtruktionen in Holz oder Eiſen, die das Gewicht der Glocken und die durch das Schwingen der letzteren erzeugte Zentrifugalkraft aufnehmen. Sie finden ihren Platz in Türmen, zuweilen auch in überdachten Gerüſten. Näheres über die Anordnung und Berechnung der Glockenſtühle ſ. Lagerſtuhl. *Mörſch.*

Glockenturm, ein wichtiger Bauteil der chriſtlichen Kirchen, der den Zweck hat, eine oder mehrere Glocken aufzunehmen, deren Geläute das Zeichen für die Gemeinde iſt, ſich in dem Gotteshauſe zu verſammeln.

Ueber die Entſtehung dieſer Bauten iſt nichts Authentiſches bekannt; ſie mögen wohl anfangs kleine Aufſätze auf dem Kirchendach gebildet haben, die ebenfalls nur kleine Glocken aufzunehmen vermochten. Der Sage nach ſollen die Glockentürme in Campanien entſtanden und durch den Biſchof Paulinus von Nola dort eingeführt worden ſein (Campana, Nola). Vor dem 7. Jahrhundert ſind keine Nachrichten über Glockentürme gefunden worden. Die älteſten Beiſpiele dürften die altchriſtlichen Bauten in Ravenna bieten, ſo namentlich der Turm von S. Francesco ſowie der des Domes und der Kirche S. Apollinare in Classe. Die ravennatiſchen Beiſpiele zeigen in der Regel eine runde Geſtalt, während die meiſten altchriſtlichen Bauten Italiens einen viereckigen Glockenturm, der daſelbſt Campanile genannt wird, aufzuweiſen haben. Dieſe Turmbauten ſtanden nicht in direkter Verbindung mit der Kirche, ſondern ſeitlich. Sie wurden in mehreren Stockwerken aufgeführt und befaßen nach oben zu ſich vermehrende Schallöffnungen von verſchiedener Bildung. Außer den genannten Beiſpielen befinden ſich noch bemerkenswerte Glockentürme zu S. Maria in Cosmedin [3] in Rom (ſ. die Figur), S. Lorenzo außerhalb der Mauern Roms u. ſ. w. [1]. Während in den erſten Jahrhunderten nur die Biſchofskirchen Glockentürme hatten, erhielten im Mittelalter alle Gemeindekirchen und die Kirchen der reichen Klöſter einen oder mehrere Türme, meiſt als Zeichen der Macht, oft auch zur wehrhaften Verteidigung. Im unteren Teil den Eingang zur Kirche bildend oder ganz geſchloſſen mit wenigen engen Oeffnungen, nahm der Turm in dem über dem Kirchendach gelegenen Teil den Glockenſtuhl (ſ. Lagerſtuhl) auf und erhielt Schallöffnungen, als niedere oder hohe Fenſter ausgebildet. Bei einfachſter Bildung nimmt ein Obergeſchoß in Holzbau mit Bretterſchalung die Glocken auf. Den oberſten Abſchluß bildet der Helm, entweder ſteil und hoch anſtrebend (auch ſtumpf oder kugelförmig), aus Stein oder Holz und in letzterem Falle mit Metall, Ziegeln (farbigen) oder Schiefern eingedeckt und in eine Spitze mit Wetterhahn, Kreuz mit Blitzableitung auslaufend.

Literatur: [1] Unger, F. W., Zur Geſchichte der Kirchtürme, Jahrbuch des Vereins der Altertumsfreunde im Rheinland, 15. Jahrg., 1860. — [2] Weingärtner, W., Syſtem des chriſtlichen Turmbaues, Göttingen 1860. — [3] Lübke, W., Geſchichte der Architektur, Leipzig 1875, S. 236. — [4] Ungewitter, G., Lehrbuch der gotiſchen Konſtruktionen, 3. Aufl., bearbeitet von K. Mohrmann, Leipzig 1890. — [5] Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonnée de l'architecture, Bd. 3, Clocher, S. 286 ff. *Weinbrenner.*

Glockenventil, ſ. Doppelſitzventile.

Glonoin, ältere Bezeichnung für Nitroglyzerin.

Glorie (Heiligenſchein) nennt man einen den Schatten des Kopfes umgebenden Lichtſchimmer, wenn der Schatten des Beobachters vorwärts auf betaute Wieſe oder auf dichten Nebel fällt.

Jeder Beobachter ſieht denſelben nur um ſeinen eignen Kopf. Die einzelnen Waſſertropfen entwerfen teils durch Spiegelung ſcheinbare, teils durch Brechung reelle Sonnenbildchen (aufeinander oder auf die Grashalme), deren Licht am ſtärkſten in der Richtung nach der Sonne zurückgeht. In der Nähe des Kopfſchattens erſcheint daher dieſes Licht am hellſten. Bei genügend kleinen Tropfen treten noch Erſcheinungen der Lichtbeugung hinzu; ſ. Licht. *Aug. Schmidt.*

Gloriette, ein Lufthäuschen auf erhöhter, ausſichtsreicher Stelle in Gärten.

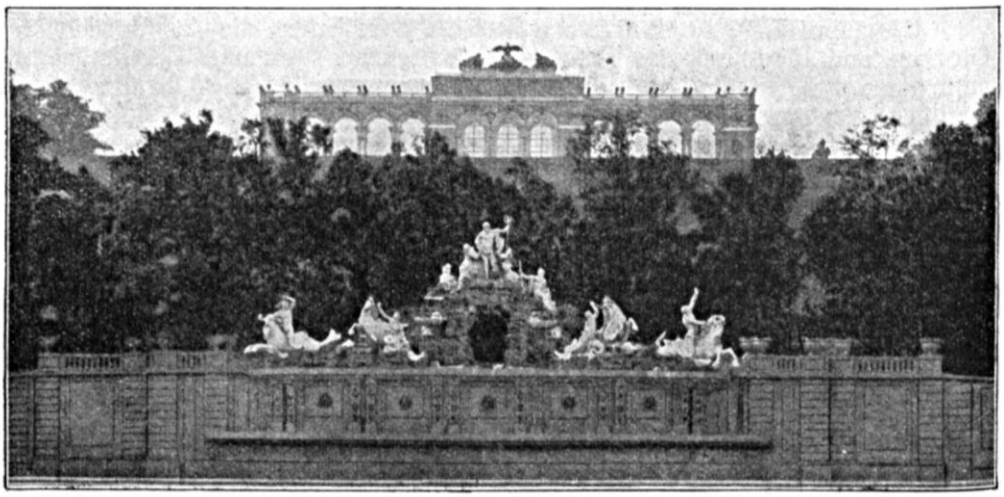
Eine der ſchönſten Ausführungen dieſer Art iſt das Gloriette mit der Neptungrotte im Schloßgarten von Schönbrunn bei Wien (ſ. die Figur S. 576). *Weinbrenner.*

Gloverturm, ſ. Schwefelſäure.

Glückshaken, ein Fangwerkzeug beim Tiefbohren (ſ. d.).

Glühen, Leuchten von feſten Körpern, Flüſſigkeiten und Gaſen infolge ſtarker Wärmeentwicklung bei einer Temperatur von 500—600° C.

Einige Calcium- und Magneſiumverbindungen, Zinkoxyd u. dergl. beginnen ſchon bei niedrigerer Temperatur zu glühen; Flußſpat, Borſtickſtoff u. ſ. w. glühen bereits bei 300° C. Die Stoffe glühen in verſchiedenen Farben, die von der Temperatur und von der natürlichen Beſchaffenheit der erhitzten Maſſe abhängen. Das Maß der Lichtentwicklung glühender feſter und flüſſiger Körper iſt von dem Grade ihrer Feuerbeſtändigkeit (Schwerflüchtigkeit) abhängig, das-



Gloriette mit Neptunsgrotte zu Schönbrunn bei Wien.

jenige der Dämpfe und Gafe von deren Dichtigkeit, fo daß dichtere Gafe ſtärkere Lichtentwicklung zeigen als weniger dichte. — Je nach dem Temperaturgrade zeigt das Glühen, beginnend mit Rotbraun bei zunehmender Erhitzung, die Farbenabſtufungen Kirſchrot, Hellrot, Gelbrot, Gelb und zum Schluß ein mehr oder weniger helles Weiß. Dementſprechend unterſcheidet man rotbraune, kirſchrote, hellrote u. ſ. w. Glühhitze. Andre Glühfarben finden ſich z. B. bei glühendem Zinkoxyd und glühendem Borſtickſtoff, die blaugrün und grün leuchten. In der Regel unterſcheidet man nur die beiden Hauptſtufen, das Rotglühen und Weißglühen; letzteres erfordert die größte Hitze und leuchtet am ſtärkſten. Die Temperatur zwiſchen Rot- und Gelbglühen liegt bei 1000° C., Weißglühen beginnt bei 1200—1300° C. und iſt am ſtärkſten bei 1500—1600° C.

Ferner verſteht man unter Glühen das ſtarke Erwärmen von meiſt metalliſchen Gegenſtänden, um ihre inneren Spannungen bezw. Härtegrade und ſonſtigen Eigenſchaften abzuändern. Glühen von weichem Eiſen in Kohle führt dem Eiſen Kohlenſtoff zu (Zementieren oder Zementſtahlbereitung). — Vgl. a. Emiſſion. *Dalchow.*

Glühlampe, elektriſche Lampe, bei der ein faden- oder ſtäbchenförmiger Leiter von hohem Widerſtande bei der Durchleitung des elektriſchen Stromes in lebhaftes Glühen verſetzt wird (ſ. a. Beleuchtung, elektriſche, Bd. 1, S. 668).

Bis vor kurzem beſtand der Leiter aus einem Kohlefaden, zu deſſen Herſtellung anfangs verſchiedene Pflanzenfaſern, wie Bambus, Piaſſava, Fiber, Baumwolle, Papier, Seide, ſpäter künſtliche Produkte aus Gelatine und Celluloſe, beſonders Kollodium, verwendet wurden. Neuerdings benutzt man hierzu mit beſtem Erfolge auch ſchwer ſchmelzbare Metalle (Osmium, Tantal u. ſ. w.) oder Stäbchen aus den feuerfeſten Oxyden der ſeltenen Erden (Nernſtlampe) (ſ. weiter unten).

Zur Herſtellung des Kohlefadens gießt man Kollodium in dünner Schicht auf Glasplatten und ſchneidet daraus die Fäden oder man ſtellt aus Celluloſe und Zinkchlorid eine dickflüſſige Maſſe her, die unter einem Druck von 2 Atmoſphären durch eine feine Oeffnung in Alkohol geſpritzt wird und hier in Fadenform erſtarrt. Die dem Querſchnitte nach ſorgfältig ſortierten und auf beſtimmte Länge geſchnittenen Fäden werden auf ein Graphitſtück gewickelt, das die Form des ſpäteren hufeiſenförmigen Kohlebügels beſitzt und mit demſelben in Kohlepulver, das ſich in feuerfeſten Tiegeln befindet, verpackt (Formeln zur Beſtimmung von Länge und Durchmeſſer des Fadens in bezug auf beſtimmte Spannungen und Stromſtärken findet man in [4]). In dem ſogenannten Karboniſierungsofen werden dann die Tiegel einer ca. 10ſtündigen Weißglut ausgeſetzt, wodurch ſich die Umwandlung des Fadens in harte Kohle vollzieht. Jetzt wird der Faden der ſogenannten Präparatur unterworfen, um ihn durch einen Niederſchlag von Kohlenſtoff auf beſtimmten Widerſtand zu bringen und gleichzeitig zu egaliſieren, d. h. ſeine Poren auszufüllen, damit er ſpäter an allen ſeinen Punkten gleichmäßig glüht. Zu dieſem Zwecke kommt er in einen mit gasförmigem Kohlenwaſſerſtoff, z. B. Leuchtgas, gefüllten Rezipienten, wobei er gleichzeitig durch einen elektriſchen Strom zum Glühen gebracht wird. Hierbei bildet ſich dann durch Zerlegung des Gaſes ein Niederſchlag von Kohlenſtoff auf der Fadenoberfläche. Da der Kohlefaden in freier Luft ſofort verbrennt, wird er in eine luftleer gepumpte Hohlkugel aus Glas (Birne) eingeſchloſſen. Zur Befeſtigung des fertigen Fadens in der Glasbirne verwendet man zwei Platindrähte, die in den Fuß der Birne eingeſchmolzen ſind und gleichzeitig zur Zuleitung des Stromes dienen. Da Platin ungefähr den gleichen Ausdehnungskoeffizienten wie Glas beſitzt, ſo iſt bei der ſpäteren Erwärmung kein Sprengen des Glaſes zu befürchten. (Ueber Verſuche, das teure Platin zum Teil oder ganz durch andre Metalle zu erſetzen, ſ. [1], [5].) Für geringere Spannungen erhält der Faden einfache Hufeiſenform; für höhere iſt zur Unterbringung der größeren Fadenlänge ein Aufwickeln in Schleifen- oder Spiralform erforderlich [3].

Fig. 1 zeigt einen Glühlampenfuß *a*, in den unteren Teil der Birne eingeſchmolzen. Die Platindrähte *b* ſind an ihren Enden (bei *c*) löffelförmig geſtaltet, um die Enden des Kohlefadens aufzunehmen. Letztere werden in dieſe Löffel eingeklemmt und durch Bildung eines ſogenannten

Kittknotens aus einer Miſchung von Graphit und Gummiarabikum oder durch einen Kohleniederſchlag befeſtigt. Gewöhnlich wird die Glasbirne in der Form der Fig. 2 aus der Glashütte fertig bezogen und der eben erwähnte Fuß nebſt Bügel bei *a* eingeſchmolzen, nachdem vorher die Birne bei *b* geöffnet und das Entleerungsrohr *c* (Fig. 3) angeſchmolzen iſt.

Die Glühlampe iſt nun zum Evakuieren fertig und gelangt in die Pumpſtation. Letztere war früher ausſchließlich mit automatiſch betriebenen Queckſilberluftpumpen [1] ausgerüſtet, weil man mit Maſchinenpumpen das hohe Vakuum nicht erreichen konnte. Jetzt verwendet man vielfach mit Oelabſperrung arbeitende Maſchinenpumpen und entfernt die letzten Luftreſte durch ein chemiſches Verfahren [6], das die komplizierte und zerbrechliche Queckſilberluftpumpe entbehrlich macht. Die Lampen werden bis auf 0,125 mm Queckſilberſäule ($\sim {}^1/_{6000}$ Atmoſphärendruck) ausgepumpt, worauf man in ihnen Phosphor zur Verdampfung bringt, während gleichzeitig der Kohlebügel glüht. Die Phosphordämpfe bilden mit den Gasreſten feſte Verbindungen, die ſich als unſichtbarer Belag an der Glaswand niederſchlagen.

Nach der Fertigſtellung werden die Lampen mittels eines Photometers auf die Spannung geprüft, die für eine beſtimmte Leuchtkraft (Kerzenſtärke) erforderlich iſt, und danach eine Sortierung vorgenommen. Als Maßeinheit für die Leuchtkraft benutzt man die ſogenannte Hefnerkerze (ſ. Amylacetatlampe, Bd. 1, S. 182) und ſtellt für die gewöhnlichen Beleuchtungszwecke Glühlampen von 5, 8, 10, 16, 20, 25, 32, 50 und 100 ſolcher Kerzenſtärken her. Für ſpezielle Zwecke kann man auch Lampen von 150, 300 und mehr Kerzen erhalten; die Ediſon-Swan-Co. in London hat ſogar Glühlampen von 1000 und 2000 Kerzen hergeſtellt [5].

Außer nach Lichtſtärke und Spannung unterſcheidet man die Glühlampen auch nach der Anzahl der Watt, die ſie pro Kerzenſtärke verbrauchen. Brennt z. B. eine Glühlampe von 16 Kerzen in einem Beleuchtungsnetze, das 65 Volt Spannung führt, und verbraucht dabei einen Strom von 0,8 Ampère, ſo kommen $65 \cdot 0{,}8 : 16 = 3{,}2$ Watt auf jede Kerzenſtärke. Die pro Kerzenſtärke aufgewendete Wattzahl nennt man die Oekonomie der Glühlampe. Man ſtellt gewöhnlich Kohlefadenlampen von $2^1/_2$—4 Watt her. Bei geringer Wattzahl brennen die Lampen ſehr ſparſam, d. h. ſie verbrauchen wenig Strom, jedoch iſt ihre Brenndauer gering, bis zu 400 Brennſtunden herunter; ſolche Lampen werden vorteilhaft bei ſehr hohen Stromerzeugungskoſten verwendet. Bei hoher Wattzahl iſt der Stromverbrauch groß, dafür brennen die Lampen aber bis zu 1000 und mehr Brennſtunden, ehe eine Zerſtörung des Fadens und eine erhebliche Schwärzung der Lampe eintritt. Gewöhnlich verwendet man Lampen von 3—$3^1/_2$ Watt. Die Lichtſtärke nimmt mit der Brenndauer erheblich ab, während der Wattverbrauch pro Kerze gleichzeitig zunimmt; ſo hat z. B. eine 3-Watt-Lampe von 16 Kerzen nach 500 Brennſtunden nur noch 14 Kerzen bei 3,4 Watt und nach 1000 Brennſtunden nur noch 9 Kerzen bei 4,5 Watt.

Fig. 1.

Fig. 2.

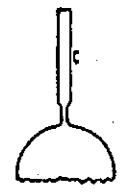


Fig. 3.

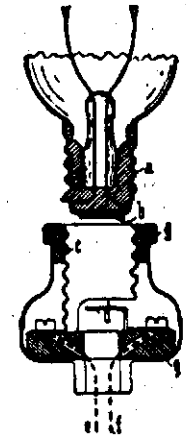


Fig. 4.

Die Zeitdauer, in der die Leuchtkraft einer Glühlampe um nicht mehr als 20% ſinkt, nennt man ihre Nutzbrenndauer; wenn dieſe erreicht iſt, ſoll die Lampe ausgewechſelt werden, da ſie von da ab zu unökonomiſch brennt. Ferner verurſacht das zunehmende Zerſtäuben des Kohlefadens einen ſchwarzen Belag der Glasfläche. Die Fabriken garantieren bei Kohlefadenlampen und bei mittlerer Spannung meiſtens für eine Nutzbrenndauer von 400 Stunden bei $2^1/_2$ Watt, von 600 bei 3 und von 800 bei $3^1/_2$ Watt.

Mit der Spannung geht man bei Kohlefadenlampen zurzeit bis zu 250 Volt, jedoch wird der Faden bei höheren Spannungen ſehr lang, dünn und zerbrechlich, weshalb man ihn vielfach durch an die Birne angeſchmolzene Glas- oder Platinſtäbchen unterſtützt. Auch iſt wegen des geringeren Durchmeſſers ſein Abkühlungsverhältnis und ſomit auch die Oekonomie ungünſtiger; man muß einen Energieverbrauch bis zu 4 Watt zulaſſen, wenn die Nutzbrenndauer die üblichen 800 Stunden erreichen ſoll. Spannungsſchwankungen erzeugen Schwankungen in der Lichtſtärke und führen ein vorzeitiges Ende des Fadens herbei, wenn ſie häufiger auftreten und 2—3% der Normalſpannung überſteigen.

Um die Glühlampen bequem mit den Beleuchtungskörpern verbinden zu können, erhalten ſie einen ſogenannten Sockel, während der Beleuchtungskörper die zugehörige Faſſung trägt. Die gebräuchlichſte Faſſung iſt die von Ediſon (Fig. 4). Der Lampenſockel beſteht hierbei aus einer äußeren mit Gewinde verſehenen Hülſe *a* und einem Kontaktplättchen *b*, die, mittels Gips voneinander iſoliert, an der Glasbirne befeſtigt ſind. Hülſe und Plättchen ſind mit je einem der aus der Lampe herausragenden Drahtenden verlötet. Die Faſſung enthält eine ganz ähnliche Anordnung, nämlich eine Gewindehülſe *c* und ein Kontaktplättchen *d*, ſo daß beim Einſchrauben der Lampe die Verbindung mit der an der Faſſung angeſchloſſenen äußeren Leitung *e* und *f* hergeſtellt iſt; *g* ſind iſolierende Porzellanſcheiben. Weiteres über Faſſungen ſ. [1], [9].

Die Glasbirnen werden aus gewöhnlichem, gut durchſichtigem Glaſe hergeſtellt, das mitunter durch Aetzung mattiert wird, um das für manche Zwecke zu grelle Licht des Kohlebügels etwas abzublenden. Für Illuminationszwecke ſtellt man durch Eintauchen der fertigen Lampen in Tauchlacke auch bunte Glühlampen her.

Ueber die hiſtoriſche Entwicklung der Kohlefadenglühlampe ſ. [1], [2].

Steigert man die Spannung einer Glühlampe über die ihr zukommende normale hinaus, so wächst wegen der steigenden Fadentemperatur auch die Lichtstärke; letztere ist abhängig von der fünften Potenz der Temperatur [7]. Es genügt also bei einer an sich hohen Temperatur eine verhältnismäßig kleine Temperaturerhöhung, d. h. eine geringe Vermehrung der elektrischen Arbeit, um wesentlich mehr Licht zu erzeugen und die Oekonomie günstiger zu gestalten. Mit dem Kohlefaden ließ sich diese Steigerung nicht erreichen, da er sehr empfindlich gegen übernormale Spannungen bezw. Temperaturen ist und beispielsweise bei einer Spannungssteigerung um die Hälfte schon in einer Stunde durchbrennt. Man versuchte deshalb zunächst die schwer schmelzbaren Metalle und die feuerfesten Oxyde der Erdmetalle nutzbar zu machen und hat hiermit seit einigen Jahren die besten Erfolge erzielt. Von Metallen kommt hierbei zurzeit besonders das zur Platingruppe gehörige Osmium in Betracht, ferner die Metalle Tantal, Zirkon, Wolfram und ähnliche, die alle weit höhere Temperaturen vertragen als Platin.

Den ersten Erfolg auf diesem Gebiete hatte der Erfinder des Gasglühlichts, Auer v. Welsbach, dem es Ende der neunziger Jahre gelang, das Osmium in eine für Glühlampen geeignete Form zu bringen [7], welche die günstige Oekonomie von ca. 1,5 Watt ergab, was gegenüber der Kohlefadenlampe eine Ersparnis von 56% bedeutete.

Zur Herstellung der Fäden der sogenannten Auer-Oslampe wird feinstverteiltes Osmium mit organischen Bindemitteln zu einer zähen Paste gemischt und durch Edelsteindüsen unter hohem Druck hindurchgepreßt. Die entstehenden und in die richtige Form gebogenen Fäden glüht man unter Luftabschluß, um das Bindemittel zu verkohlen, und unterwirft sie dann einem Formierungsprozesse, bei dem die Fäden in einem Gemisch von Wasserdampf und reduzierenden Gasen durch einen elektrischen Strom allmählich bis zur Weißglut erhitzt werden, so daß nach kurzer Zeit aus dem kohlenstoffreichen Rohosmiumfaden ein fast ganz kohlenstofffreier Reinosmiumfaden entsteht. Dieser wird in die Enden der Platinzuleitungsdrähte auf elektrischem Wege eingeschmolzen und in die Glasbirne eingesetzt.

Da das im kalten Zustande spröde Osmium in der Glühhitze sehr weich ist, können die Lampen bei der dem Kohlebügel mit oberer Verankerung nachgebildeten Form ihres Leuchtfadens nur in senkrechter Stellung brennen, da sich sonst die Drähte durchbiegen und berühren. Wegen der hohen Fadentemperatur müssen diese Stützen aus feuerfesten Oxyden hergestellt sein.

Die Osmiumfäden einer Lampe von 37 Volt und 25 Kerzen bei 1,5 Watt Oekonomie haben 0,087 mm Durchmesser und 280 mm Länge. Der Widerstandskoeffizient ist bei 20° C. = 0,095, in der Weißglut zirka achtmal so groß.

Infolge der Erhöhung des Widerstandes mit der Temperatur gibt eine Erhöhung der Spannung um 10% nur einen um 6% erhöhten Strom, während er bei der Kohlefadenlampe um 12% steigt. Spannungsschwankungen beeinflussen das Licht der Osmiumlampe daher weit weniger als das der Kohlelampe. Die Lebensdauer der Lampe ist sehr hoch, es sind vielfach Brennzeiten bis zu 5000 Stunden erreicht worden; demgemäß ist auch die Nutzbrenndauer hoch, sie geht mindestens bis zu 1000 Stunden.

Wegen des bei einem Metallfaden geringen spezifischen Widerstandes und der daraus resultierenden großen Länge machte es zunächst Schwierigkeiten, den Faden in der Birne unterzubringen. Die ersten Lampen konnten daher zunächst nur für Spannungen von 37 und 44 Volt hergestellt werden und mußten bei den üblichen Spannungen der Beleuchtungsnetze von 110 und 220 Volt zu je 3 bezw. 5 in Serie geschaltet brennen; neuerdings ist es jedoch gelungen, die Auer-Oslampe auch für höhere Spannungen (bis 77 Volt) benutzbar zu machen.

Das Vorkommen des Osmiummetalls ist zwar nicht häufig, soll aber doch auf längere Zeit für eine umfangreiche Fabrikation genügen.

Ungefähr zu gleicher Zeit wie Auer gelang es Professor Nernst in Göttingen, in seiner sogenannten elektrolytischen Glühlampe die große Feuerbeständigkeit der seltenen Erden, wie z. B. Zirkonerde, Thoroxyd, Magnesia, Porzellanerde, für die elektrische Beleuchtung nutzbar zu machen. Alle diese Stoffe (sogenannte Leiter zweiter Klasse) sind in kaltem Zustande Nichtleiter der Elektrizität, werden aber sofort zu guten Leitern, wenn man sie auf eine genügend hohe Temperatur (600—700°) bringt.

Die Glühkörper der Nernstlampen, deren Fabrikation die Allgem. Elektr.-Gesellschaft, Berlin, übernommen hat, werden aus einer teigigen Mischung der genannten Stoffe mittels Durchpressens durch feine Oeffnungen hergestellt, getrocknet und zu porzellanartiger Härte gebrannt. Ein solches Glühstäbchen hat bei 110 Volt ca. 12 mm Länge und 0,6 mm Durchmesser, bei 220 Volt ca. 20 mm Länge und 0,3 mm Durchmesser. Die Stromzuleitung erfolgt durch auf die beiden Enden aufgewickelte und mit einer feuerfesten Kittmasse bedeckte Platindrähte.

Nach Vorwärmung des Glühkörpers auf ca. 700°, wozu ein Streichholz oder eine Spiritusflamme genügt, fließt der Strom hindurch und erhitzt ihn sofort bis zu heller Weißglut. Der Glühkörper eignet sich ebensogut für Wechsel- wie für Gleichstrom, da die elektrolytische Wirkung des letzteren innerhalb der Nutzbrenndauer, die ca. 300 Stunden beträgt, nur eine minimale ist; er brennt frei ohne Luftabschluß. Die Oekonomie kommt der Auer-Oslampe nahe und beträgt 1,5—1,7 Watt.

Da die Anwärmung des Brenners mittels Streichholz oder dergleichen in den meisten Fällen zu Unbequemlichkeiten führen würde, ist (seit 1900) jede Lampe mit einer selbsttätigen Heizvorrichtung versehen. Der Heizkörper besteht aus einem in Form einer Spirale oder einer flachen Schlange gebogenen 1 mm starken Stäbchen von porzellanartiger Masse, das mit einem feinen Platindraht spiralig umwickelt und dann mit feuerfestem Zement überzogen ist. Das Stäbchen des Leuchtkörpers befindet sich in der Spirale bezw. unterhalb der Heizschlange. Beim Einschalten des Stromes erwärmt dieser zunächst den Heizkörper, der seine Wärme dann so lange an den Brenner abgibt, bis letzterer leitend geworden ist und selbst glüht; in diesem Augenblick wird der Vorwärmer durch einen im Lampensockel befindlichen und vom Leuchtkörperstrom

erregten kleinen Elektromagneten ausgeschaltet. Der Anzündevorgang nimmt ca. 20—30 Sekunden in Anspruch.

Für jeden Glühkörper gibt es eine bestimmte Spannung, bei der die Stromstärke ohne weitere Spannungserhöhung zuerst langsam, dann schneller so stark ansteigt, daß der Körper schmilzt [8]. Da diese kritische Spannung sehr nahe der normalen liegt, genügen schon unbedeutende Spannungssteigerungen zur Zerstörung des Körpers. Diese Gefahr wird durch den Einbau eines Vorschaltwiderstandes (s. Widerstand, elektrischer) beseitigt. Hierzu ist ein Material mit hohem Temperaturkoeffizienten zu wählen, das bei normalem Strom nur wenig, dagegen schon bei geringer Zunahme der Stromstärke viel Spannung verzehrt, dessen Widerstand sich also bei Schwankungen im umgekehrten Sinne ändert wie der des Leuchtkörpers. Ein solches Metall ist z. B. das Eisen; sein Widerstand steigt bei Rotglut sehr stark an. Bei der Nernstlampe besteht der im Lampenfuß befindliche Vorschaltwiderstand, der bis 160 Volt Betriebsspannung für die Vernichtung von 15 Volt, darüber von 25 Volt bemessen sein muß, aus mehreren Spiralen dünnen blanken Eisendrahtes, die in eine luftleere Glaskapsel eingeschlossen sind.

Infolge des hohen Widerstandes des Leuchtstäbchens ist die Nernstlampe für höhere Spannungen sehr geeignet; sie wird zurzeit für Spannungen von 85—300 Volt angefertigt, doch würden auch noch höhere Spannungen keine Schwierigkeiten bereiten.

Die untere Grenze der Stromstärke liegt bei 0,2 Ampère, die obere bei $1^1/_2$ Ampère. Die normalen Brenner werden zurzeit nur für die drei Stromstärken 0,25, 0,5 und 1 Ampère hergestellt. Gleichstromlampen sind bei der Einschaltung an ihre Polarität gebunden.

Um auch während der Anwärmeperiode bereits Licht zu haben, ist neuerdings die Heizvorrichtung bei dem Modell „Expreßlampe" mit einer gewöhnlichen Glühlampe kombiniert, so daß letztere beim Einschalten sofort brennt und sich zusammen mit dem Heizkörper automatisch ausschaltet, sobald das Leuchtstäbchen die erforderliche Temperatur erreicht hat. Eingehende Untersuchungen über Nernstlampen, insbesondere auch Vergleichsversuche mit Kohlefadenlampen hat Wedding in [9] veröffentlicht.

Im Jahre 1903 gelang es im Laboratorium der Firma Siemens & Halske nach längeren Vorarbeiten, das sehr schwer schmelzbare (bei 2300°) Metall Tantal rein darzustellen und zu Glühlampenfäden zu verarbeiten [10]. Da der Tantalfaden ebenso wie der Osmiumdraht bei der einer Belastung von 1,5 Watt pro Kerze entsprechenden Temperatur ziemlich weich wird, war die Verwendung der gewöhnlichen Bügel-(Hufeisen-)form für eine Lampe, die nicht nur in senkrechter Stellung, sondern in jeder Lage brennen sollte, ausgeschlossen. Es wurde deshalb eine eigenartige Befestigung des Drahtes mittels zweier Gruppen von Tragarmen gewählt, an deren Enden der Draht zickzackförmig aufgehängt wurde (Fig. 5). Bis vor kurzem wurde nur ein Typ für 110 Volt, 25 Hefnerkerzen und 1,5 Watt Oekonomie hergestellt, der einen Leuchtfaden von 650 mm Länge und 0,05 mm Durchmesser besitzt. Das Fadengewicht beträgt 0,022 g, so daß 1 kg Tantal für 45000 Lampen ausreicht. Seit 1906 werden jedoch bereits Lampen von 50—120 Volt Spannung und 12—50 Hefnerkerzen angefertigt mit einer Oekonomie von 1,5—1,7 Watt. Ihre Nutzbrenndauer beträgt 500 Stunden; die Lebensdauer erreicht das Doppelte. Die Lampen ersparen über 50% an Strom gegenüber den Kohlefadenlampen.

Fig. 5.

Als weiterer Vorteil der Tantallampe gegenüber der Kohlefadenlampe ist zu bezeichnen, daß das Tantal, wie alle Metalle, einen mit steigender Temperatur stark zunehmenden Widerstand (bis zum Fünffachen bei 1,5 Watt Belastung) besitzt, während der Widerstand der Kohle wie der eines Elektrolyten mit wachsender Erwärmung abnimmt (ca. bis zum halben Anfangswert bei 3,5 Watt Belastung). Es wird also bei zu- oder abnehmender Spannung die Stromstärke und damit auch die Lichtstärke bei den Kohlelampen rascher zu- und abnehmen als bei Tantallampen, was zur Folge hat, daß letztere gegen Spannungsschwankungen weniger empfindlich sind. Das Rohmaterial soll in hinreichender Menge vorhanden sein.

Von aussichtsreichen neueren Versuchen zur Verbesserung der Oekonomie der Glühlampe sind noch die Sanderschе Zirkonlampe, die Wolframlampe von Kuzel und die Osramlampe der Auer-Gesellschaft zu erwähnen.

Für erstere wird ein Faden verwendet, der nach einem besonderen Verfahren [11] aus einem Oxyde des Zirkons (Zirkondioxyd) hergestellt wird. Die Oekonomie soll 2 Watt betragen.

Kuzel fertigt den Leuchtfaden aus kolloidalen (s. Kolloide) Lösungen hochschmelzender Metalle, z. B. des Wolframs, an und erreicht dadurch die günstige Oekonomie von ca. 1 Watt [12].

Die Osramlampe ist ebenfalls eine Metallfadenlampe und wird von der Deutschen Gasglühlicht-Aktiengesellschaft seit dem Frühjahr 1906 fabrikmäßig zunächst für 32 und 50 Kerzen und für 100—130 Volt hergestellt. Der Effektverbrauch beträgt nach in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt [13] vorgenommenen Dauerversuchen nur ca. 1 Watt für die Kerzenstärke; ihre Nutzbrenndauer ergab sich zu mindestens 1000 Stunden und die Ersparnis gegenüber Kohlefadenlampen zu 70—75%.

Ueber die Quecksilberdampflampe s. Bogenlampen, Bd. 2, S. 173.

Literatur: [1] Krüger, Die Herstellung der Glühlampe, Leipzig 1894. — [2] Pope, L., Evolution of the electric Incandescent-Lamp, Elizabeth 1889. — [3] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1903. — [4] Grawinkel und Strecker, Hilfsbuch für die Elektrotechnik, Berlin 1900. — [5] Zeitschr. für Beleuchtungswesen, Berlin 1894/95. — [6] Elektrotechn. Zeitschr., Berlin 1904, S. 890. — [7] Ebend. 1905, S. 83 und 198. — [8] Ebend. 1903, S. 281. — [9] Ebend. 1901, S. 620. — [10] Ebend. 1905, S. 105. — [11] Journ. f. Gasbeleucht., München 1905, S. 203. — [12] Elektrotechn. Zeitschr., Berlin 1906, S. 367 u. 466. — [13] Ebend. 1906, S. 749.

Holst.

Glühlicht, ſ. Gas-, Petroleum-, Spiritusglühlicht.

Glühofen, ſ. Oefen für technologiſche Zwecke.

Glühſpan, Oxydſchicht, die ſich beim Glühen unedler Metalle an der Luft bildet und beim nachherigen Bearbeiten (Walzen oder Hämmern) in Geſtalt von Spänen oder Schuppen abſpringt.

Den beim Schmieden glühenden Eiſens ſich abblätternden Glühſpan (Eiſenoxyduloxyd) bezeichnet man auch mit Hammerſchlag, Zunder oder Schmiedeſinter. Er dient als Schleifpulver zum Putzen metalliſcher Gegenſtände und wird bei der Glühſtahlbereitung oxydierenden Pulvern beigemengt (ſ. a. Abbrand). *Dalchow.*

Glühſtahl, Stahl, der durch Glühen von reinem lichtgrauen und feinkörnigen Holzkohlenroheiſen in Form von gegoſſenen Schienen oder dünnen Stäben zwiſchen oxydierenden Einſatzpulvern wie z. B. Eiſenoxyden (Hammerſchlag, Roteiſenſtein, Spateiſenſtein) oder Zinkoxyden (Galmei) oder Braunſtein u. a. m. unter Zutritt von Luft hergeſtellt wird.

Die pulverigen Metalloxyde entziehen dem Roheiſen den Kohlenſtoff zunächſt an der Oberfläche; allmählich dringt die Stahlbildung in das Innere des Roheiſens vor (ſ. a. Schweißeiſen). *Dalchow.*

Glühſtoff, ein Präparat aus bei Weißglut verkokter Miſchung von Holzkohle, Teer und Natronlauge, das ohne Rauch und Geruch ſowie ohne Funkenſprühen verbrennt und vielfach, hauptſächlich in Bügeleiſen, Verwendung findet. Bezugsquelle: Deutſche Glühſtoffabrik, Dresden. *Bujard.*

Glühwachs (Vergolderwachs), Kompoſition, mittels der Goldwaren ein rötlicher Farbenton erteilt wird.

Die Kompoſition beſteht aus 0,75 kg Alaun, 1,2 kg gelbem Bienenwachs, 1,15 kg rotem Bolus und 0,716 kg Grünſpan, und ihre Wirkung beruht auf dem aus dem Grünſpan reduzierten Kupfer, das ſich zu einer kupferreichen Legierung mit dem Gold verbindet. Nach dem Eintauchen der Goldwaren in die Kompoſition läßt man die dünne Schichte, die haften bleibt, über Holzkohlenfeuer abrauchen, worauf man ablöſcht und poliert. *Andés.*

Glühzündung (Glührohrzündung), ſ. Verbrennungsmotoren, Bohr- und Sprengarbeit, Seeminen.

Glukoſide, ſ. Glykoſide.

Glycin, photographiſcher Entwickler, entſteht durch Einführung des Eſſigſäureeſters CH_2COOH in das Paramidophenol und hat die Formel $C_6H_4 \cdot (OH) \cdot NH \cdot CH_2 \cdot COOH$. *J. M. Eder.*

Glycium, ſ. v. w. Beryllium (vgl. Beryll).

Glykokoll (Amidoeſſigſäure, Glycin, Leimſüß), die niedrigſte der Amidofettſäuren, die ſich von der Eſſigſäure durch Erſatz eines Waſſerſtoffatoms der Methylgruppe durch den Ammoniakreſt „die Amidogruppe" ableitet und daher die nachſtehende Konſtitution beſitzt:

$CH_2 \cdot COOH$
NH_2

Eine Reihe von Abkömmlingen dieſer Amidofettſäuren findet ſich natürlich gebildet im tieriſchen Organismus und entſteht durch Spaltung der Eiweißſtoffe beim Erhitzen mit Säuren und Alkalien. Dahin gehören nächſt dem Glykokoll die Alanine und Leucine. Wegen dieſer nahen Beziehungen zu zahlreichen Ausſcheidungsprodukten des Tierkörpers beſitzt die Amidoeſſigſäure ein hervorragendes phyſiologiſches Intereſſe. Das Glykokoll entſteht bei der Zerſetzung der Hippurſäure, der Gallenſäuren und des Leims, woher ſein Name ſtammt. Es kriſtalliſiert aus Waſſer in großen rhombiſchen Säulen, die ſich gegen 232—236° zerſetzen. Techniſch iſt es von keiner Bedeutung. Von phyſiologiſchem Intereſſe ſind gleich ihm ſeine Methylderivate, das Sarkoſin, und namentlich das Trimethylderivat, das Betain, das auch in der Runkelrübe vorkommt und daher in der Melaſſe enthalten iſt. *Bujard.*

Glykole, ſ. Alkohole.

Glykoſide (Glukoſide), Pflanzenſtoffe, die durch Einwirkung von ungeformten Fermenten (Enzymen) oder durch Einwirkung von verdünnten Säuren oder verdünnten Alkalien in Zuckerarten (vornehmlich Traubenzucker) und andre Verbindungen (Alkohole, Aldehyde, Phenole u. ſ. w.) geſpalten werden und mithin als ätherartige Verbindungen der Zuckerarten aufzufaſſen ſind.

Dahin gehören namentlich das Salicin, das in den Rinden und Blättern von Weiden vorkommt und bei der Spaltung in Traubenzucker und Salizylalkohol zerfällt, das in den bitteren Mandeln ſich findende Amygdalin, das beim Kochen mit verdünnten Säuren oder beim Stehen mit Waſſer und Emulſin, einem gleichfalls in den bitteren Mandeln enthaltenen Enzym, in Traubenzucker, Bittermandelöl und Blauſäure zerlegt wird; ferner das in den Koniferen vorkommende Koniferin, das Glykoſid des Koniferylalkohols, das durch Oxydation in Glukovanillin übergeht und durch nachfolgende Spaltung Traubenzucker und Vanillin liefert; ferner das Aesculin in der Rinde und im Holz von Aesculus hippocastanum. Das Alizarin iſt in der Krappwurzel in Form ſeines Glykoſids, der Ruberythrinſäure, enthalten. Zu erwähnen iſt noch das Glycyrrhicin (Süßholzzucker), das, mit verdünnten Säuren behandelt, Glycyr-

rhetin und Parazuckerſäure liefert. Als Saponine faßt man eine große Zahl von glykoſidiſchen Subſtanzen zuſammen, die im Pflanzenreich ſehr verbreitet vorkommen. Ihre wäſſerigen Löſungen ſchäumen ſtark und ſchmecken kratzend. Neuerdings werden ſie behufs Erzielung von Schaum zu den mit zu wenig Sirup hergeſtellten Limonaden verwendet. Sie ſind nicht alle harmlos, ihre Verwendung iſt ungehörig und ſollte verboten werden bezw. gehört von der Nahrungsmittelkontrolle dagegen eingeſchritten. Bekanntere Saponine ſind das Saponin der Seifenwurzel, das Quillajaſaponin (Quillajin), das Saponin (Senegin) der Senegawurzel und das Saponin (Githagin) der Kornrade. *Bujard.*

Glyphe, ſ. v. w. Schlitz, findet namentlich bei den Triglyphen des doriſchen Stiles Anwendung.

Glyphographie, von Palmer (1843) erfundenes und von Ahner verbeſſertes Verfahren, durch das man den Holzſchnitt zu erſetzen verſucht hat.

Es beſteht darin, daß man eine polierte Kupferplatte mit Schwefelkalium ſchwärzt, in Waſſer abſpült, trocknet und ſodann mit einem weißen Deckgrunde, den man aus einer Miſchung von Wachs, Stearin und Bleiweiß herſtellt, gleichmäßig überzieht. In die Schicht wird die Zeichnung mit einer Nadel bis zur Tiefe der Platte eingeritzt, ſo daß deren ſchwarzer Ueberzug freigelegt, jedoch nicht verletzt iſt. Sind in der Zeichnung größere Stellen vorhanden, die im Druck weiß bleiben ſollen, ſo iſt hier der Deckgrund durch Auftragen von Wachs zu verſtärken; ſodann wird die ganze Platte mittels Graphit leitend und im galvaniſchen Bade ein Kupferniederſchlag von ihr gemacht, der ſchließlich z. B. mit einer Zinkplatte hinterlötet wird (vgl. Galvanoglyphie).

Literatur: C. W., Die Buchdruckzeichnung oder Glyphographie, Leipzig 1846; Martin, Repertorium der Galvanoplaſtik u. ſ. w., Wien 1856. *A. W. Unger.*

Glyptographie, fälſchlich Bezeichnung für den ſogenannten Bildhauerdruck, bei dem eine plaſtiſche Bildwirkung dadurch zu erreichen verſucht wurde, daß man eine Konturenzeichnung mit grauer Farbe in das Papier prägte. Ebenſo falſch iſt Glyptographie als Name für die Methode angewendet worden, durch Abklatſchen von Tiefdrucken und nachheriges Aetzen Hochdruckformen zu gewinnen. *A. W. Unger.*

Glyptothek, ein Gebäude, das Skulpturenſammlungen aufzunehmen hat.

Der Name ſtammt von Glyptik, d. i. die Kunſt, in Stein zu ſchneiden oder Steine mit dem Meißel zu bearbeiten. Die bekannteſte Glyptothek befindet ſich in München, erbaut von König Ludwig I. in den Jahren 1816—30 durch L. v. Klenze. *Weinbrenner.*

Glyzeride, ſ. Glyzerin,

Glyzerin $C_3H_8O_3$, rein eine farbloſe, ſüß ſchmeckende, ſchwer bewegliche Flüſſigkeit von neutraler Reaktion, die in der Winterkälte unter Umſtänden kryſtalliſiert.

Es fühlt ſich ſchlüpfrig wie Oel an und bringt auf der Haut, beſonders auf den Schleimhäuten, das Gefühl von Wärme hervor, indem es den Geweben Waſſer entzieht. Es nimmt beim Stehen an der Luft bis zu 50% Waſſer auf und läßt ſich mit Waſſer in allen Verhältniſſen miſchen; dabei tritt Volumenverminderung und Temperaturerhöhung ein. Glyzerin iſt ferner miſchbar mit Alkohol, leicht löslich in ätherhaltigem Alkohol, ſchwer löslich in Aether und beſitzt ein bedeutendes Löſungsvermögen für viele Salze. Die Angaben über das ſpez. Gew. des waſſerfreien Glyzerins ſchwanken zwiſchen 1,262 und 1,268; dies erklärt ſich daraus, daß das Glyzerin ſehr hygroſkopiſch iſt und nur ſchwer von den letzten Anteilen Waſſer befreit werden kann. Es ſiedet unter gewöhnlichem Luftdruck bei 275°; auf über 280° erhitzt, erleidet es Zerſetzung unter Bildung von Akrolein, Kohlenſäure, Eſſigſäure und Kohlenwaſſerſtoffen. Im Vakuum und mit überhitztem Waſſerdampf läßt es ſich ohne Zerſetzung deſtillieren.

Glyzerin iſt ein dreiwertiger Alkohol und deshalb imſtande, drei verſchiedene Reihen von zuſammengeſetzten Aethern, ſogenannten Glyzeriden, zu bilden. Von dieſen ſind in der Natur am weiteſten verbreitet die Triglyceride der Fettſäuren, aus denen die natürlichen Fette beſtehen (vgl. Fette). — Das Rohglyzerin wird hauptſächlich bei der Stearinfabrikation als Nebenprodukt gewonnen, und zwar als dünne, wäſſerige Löſung, die durch indirekten Dampf oder auch im Vakuum konzentriert wird. Das ſo eingedampfte Glyzerin iſt heller oder dunkler braun gefärbt und wird entweder durch Filtrieren über Knochenkohle (raffiniertes Glyzerin) oder durch Deſtillation mit überhitztem Waſſerdampf (deſtilliertes Glyzerin) gereinigt; nur auf letzterem Wege läßt ſich chemiſch reines Glyzerin darſtellen. Zur Wertbeſtimmung des Rohglyzerins für Zwecke der Deſtillation empfiehlt O. Heller eine Probedeſtillation in einem mit einer Luftpumpe verbundenen Glaskolben [1]. — Bei der Seifenfabrikation geht das Glyzerin bei Schmier- und Leimſeifen in die Seife mit über, bei Kernſeifen in die Unterlauge. Aus letzterer iſt es wegen ihres großen Gehaltes an Salzen ſchwer rein darzuſtellen; es ſind zu dieſem Zwecke verſchiedene Patente genommen worden [2]. — Chemiſch reines Glyzerin darf weder auf Zuſatz von Ammoniak und oxalſaurem Ammoniak noch von Salpeterſäure und ſalpeterſaurem Silber eine Trübung geben; auch darf es, auf der flachen Hand zerrieben, nicht riechen und bei Zuſatz von ſalpeterſaurem Silber ohne Salpeterſäure ſich nicht färben. Die in der neuen deutſchen Pharmakopöe empfohlene Prüfungsmethode von Ritfert: 1 ccm Glyzerin, mit 1 ccm Ammoniakflüſſigkeit zum Sieden erhitzt, darf bei Zutröpfeln von 3 Tropfen einer 5prozentigen Silbernitratlöſung ſich innerhalb 5 Minuten weder färben noch irgendwie verändern, iſt unbrauchbar [3].

Glyzerin findet sehr vielseitige Verwendungen. Sie beruhen zumeist darauf, daß es nicht gärungsfähig ist, daß es ein sehr großes Lösungsvermögen für sehr viele Substanzen besitzt, daß es nicht eintrocknet, daß seine wässerigen Lösungen, außer wenn sie sehr schwach sind, erst bei sehr hohen Kältegraden gefrieren. Wegen letzterer Eigenschaft ist es eine geeignete Sperrflüssigkeit für Gasuhren. Wegen seiner Eigenschaft, die Haut geschmeidig zu machen, findet es Verwendung bei der Darstellung von Toiletteseifen, Waschwassern und andern kosmetischen Mitteln. Ferner wird es in der Färberei, Gerberei, als Schmiermittel für Maschinenteile, zur Darstellung von Buchdruckwalzenmasse, Nitroglyzerin u. s. w. benutzt.

Literatur: [1] „Seifenfabrikant" 1893, S. 453. — [2] Ebend. 1881, S. 110. — [3] Chem.-Ztg. 1890, S. 1493; Seifenfabrikant 1890, S. 587; Apoth.-Ztg. 1890, S. 692; 1891, S. 263. *Deite.*

Glyzerinleim, zähe, plastische, nicht übermäßig klebende, in der Wärme erweichende und sich verflüssigende, mehr oder weniger gefärbte Masse aus wechselnden Mengen von Leim oder Gelatine (auch Agar-Agar, chinesische Pflanzengelatine wird benutzt), Glyzerin und auch, aber nur teilweise, aus Sirup.

Die Masse dient zu Stempeln, Druckplatten, Buchdruckwalzen, elastischen Formen für Gips- und Zementguß, auch als Masse für Vervielfältigungsapparate (Hektographen). Sie hält sich in nicht zu trockenen und nicht zu feuchten, auch nicht übermäßig warmen Räumen vollständig unverändert und kann auch mehrmals umgeschmolzen werden, ohne sich zu verändern; doppeltchromsaures Kali, Tannin und andre Chemikalien machen sie in Wasser unlöslich und unempfindlich. *Andés.*

Glyzerinnitrat, s. Sprengstoffe.

Glyzerinseifen waren ursprünglich Toiletteseifen mit Zusatz von Glyzerin. Auch heute kommen noch solche Seifen, und zwar sowohl pilierte wie auf kaltem Wege hergestellte (s. Seife), unter dieser Bezeichnung im Handel vor. Hauptsächlich bezeichnet man aber mit dem Namen Glyzerinseifen transparente Seifen, die teils mit, teils ohne Zusatz von Glyzerin oder Sprit hergestellt werden.

Ein Rezept ist z. B.: 12 kg Kokosöl und 12 kg Talg werden geschmolzen, dann 3,75 kg Rizinusöl und 9,75 kg Glyzerin von 28° Bé zugesetzt und diese Masse auf 80° C. erwärmt. Hierauf gießt man 12 kg Natronlauge von 38° Bé, vorher erwärmt auf 62° C. und dann gemischt mit 7,2 kg 96prozentigem Spiritus, unter tüchtigem Rühren zu der Fettmasse, worauf unter Aufkochen die vollständige Verseifung eintritt; eine erkaltete Probe wird sich fest und transparent zeigen. Nun gibt man der Seife 3,75 kg Zuckerlösung (2,25 kg Zucker gelöst in $1^1/_8$ kg Wasser) hinzu, parfümiert sie mit 165 g Geranium- und 35 g Bergamottöl und gießt sie dann in eine flache Zinkblechform. — Flüssige Glyzerinseife ist eine Auflösung von Kaliseife in Glyzerin.

Literatur: [1] Deite, Handb. der Seifenfabrikation, 2. Aufl., Bd. 2, Berlin 1903. *Deite.*

Gneis, in der Gesteinskunde unter den kristallinen Schiefern derjenige, der in seiner mineralischen Zusammensetzung dem Granit entspricht, also wesentlich aus Feldspat, Quarz und Glimmer oder Hornblende besteht.

Was den Gneis vom Granit unterscheidet, ist die parallele Anordnung seiner Gemengteile im Gegensatz zu der regellos körnigen Struktur der Granite. Der Feldspat, zumeist Kalifeldspat, nur untergeordnet Natronfeldspat, ist mit dem Quarz meist regellos verwachsen. Dagegen lagern sich die Glimmerblättchen alle einander parallel und erzeugen so eine Parallelstruktur und eine Art Schichtung oder Schieferung. Das Gestein spaltet gut in der Richtung der Parallelstruktur. Eine plattige, nicht schiefrige Ausbildung des Gneises wird dann hervorgebracht, wenn der Glimmer in einzelnen Lagen angehäuft und nicht gleichmäßig zerstreut in mittel- bis feinkörnigen Gneisen auftritt. Der Fall, daß alle drei Hauptgemengteile in parallelen Lagen auftreten, ist seltener, nach Glimmer neigt noch Quarz am meisten dazu. Bei den sogenannten gestreckten Gneisen erscheinen alle Gemengteile in einer Richtung mehr oder minder gestreckt. Man führt diese Struktur zum Teil auf mechanische Veränderungen, Druck und Quetschung, zurück. Die Gemengteile haben in manchen Fällen deutliche Kristallbegrenzung, besonders der Quarz. Dieser ist meist farblos oder weiß. Granophyrische oder pegmatitische Verwachsung mit Feldspat ist bei den rein körnigen Lagen im Gneis häufig. Der Feldspat sieht meist milchig trüb oder blaßgelb, blaßgrünlich oder -rötlich aus. Die verschiedenen Arten desselben kommen vielfach nebeneinander im nämlichen Gestein vor. Treten einzelne Feldspate in Linsenform und schuppig umlagert von Glimmer in außergewöhnlicher Größe hervor, so nennt man solche Feldspatlinsen „Augen" und die Gneise Augengneise. Als Glimmer tritt sowohl Muskovit als Biotit auf, oft beide nebeneinander. Ist im Gneis kein Glimmer, aber Hornblende vorhanden, so tritt die parallele Struktur oft kaum hervor und nur durch den Wechsel an hornblendereichen und -armen Lagen verrät sich die Schiefernatur. Neben diesen wesentlichen Mineralien enthalten die Gneise oft noch Granat, Zirkon, Titanit, Magneteisen u. s. w. Graphit stellt sich zuweilen an Stelle des Glimmers ein und erzeugt Graphitgneis. Was die Korngröße der Gemengteile angeht, so ist ein mittleres Korn die Regel. Erreichen die Gemengteile außergewöhnliche Größe, so spricht man von Riesengneis. Die Mengenverhältnisse der einzelnen Gemengteile schwanken in den verschiedenen Lagen, und dieser Wechsel durch Anreicherung bald des Quarzes, bald des Feldspates oder Glimmers läßt den Gneis auf dem Querbruch vielfach gestreift oder gebändert erscheinen. Insbesondere dunkler Glimmer erzeugt in den Farben des Gesteins großen Wechsel. Eine Art porphyrischen Gefüges wird dadurch hervorgebracht, daß einzelne Gemengteile, besonders der Feldspat, in größeren Kristallen gewissermaßen als Einsprenglinge erscheinen. Viele Gneise sind gefaltet, gebogen und gewunden, was sich besonders im Querbruch durch die Lage der glimmerreichen Schichten erkennen läßt.

Man teilt die Gneiſe nach den wichtigſten oder charakteriſtiſchſten Gemengteilen ein. Glimmergneis und hier wieder Muskovit- und Biotitgneis führen neben Feldſpat und Quarz noch Muskovit oder Biotit oder beide. Hornblendegneis, auch Dioritgneis, enthält neben Feldſpat und Quarz noch Hornblende, zuweilen auch noch Glimmer. Tritt Granat zahlreich auf, ſo ſpricht man von Granatgneis u. ſ. w. Als Kinzigit wird ein quarzarmer, an Granat reicher Gneis bezeichnet. Die Gneiſe bilden die älteſten Geſteine der Erde; ſie werden von keinerlei andern Geſteinen unterlagert. Die tiefſten Lagen haben meiſt eine richtungslos körnige, ſeltener eine ſchiefrige Struktur und werden als Fundamentalgneiſe bezeichnet. Man hat die Gneiſe vielfach und mit vielem Recht als das urſprüngliche und erſte Erſtarrungsprodukt der Erde angeſehen. Eine zweite Anſchauung geht dahin, gewiſſe Gneiſe als nachträglich mechaniſch veränderte, d. h. geſchieferte und geſchichtete Eruptivgeſteine ähnlicher mineraliſcher Zuſammenſetzung zu betrachten, alſo z. B. von Graniten (Dynamometamorphismus). Auch als chemiſche Abſätze aus dem Urmeer, unter hohem Druck und hoher Temperatur gebildet, werden Gneiſe von einigen Forſchern aufgefaßt. Endlich wurden ſie auch für urſprünglich klaſtiſche Geſteine gehalten, die ſpäter durch den Druck der auflagernden Schichten und hohe Temperatur in kriſtalline Geſteine umgewandelt und umgelagert wurden. Der Gneis bildet den Kern aller unſrer höchſten Gebirge und beſitzt eine außerordentliche Verbreitung in denſelben (Alpen, Karpathen, Sudeten, Erzgebirge, Böhmerwald, Thüringerwald, Odenwald, Schwarzwald u. ſ. w.).

Die Verwitterung und Zerſetzung der Gneiſe beginnt entweder von den Spalten und Klüften aus oder ſie hebt in den an Glimmer ſehr reichen Lagen an, die zuerſt einer Auflockerung unterliegen. Der weitere Verlauf liefert einen an Quarzſand reichen fruchtbaren, oft tiefgründigen Lehm, deſſen Ton aus der Umwandlung des Feldſpates hervorgeht. Der Kaliglimmer (Muskovit) widerſteht der Zerſetzung ſehr lange, der dunkle Biotit dagegen unterliegt in der Regel noch früher als der Feldſpat der Verwitterung. Aus ihm ſcheidet ſich das Eiſen als Hydroxyd aus; er wird gebleicht und geht in grüne chloritiſche Faseraggregate über, die wieder weggeführt werden. Natürlich widerſtehen glimmerarme Gneiſe, auch Hornblendegneiſe, länger der Verwitterung als glimmerreiche. — Die Verwendung des Gneiſes iſt eine ſehr mannigfaltige. Aber nur die nicht glimmerreichen Partien und Lagen ſind zu Bauzwecken brauchbar. Die weſentlich aus Quarz, Feldſpat und aus Hornblende beſtehenden Gneiſe können wie Granit zu allen Hoch- und Straßenbauzwecken (rauhe und behauene Werkſteine, Stufen, Sockel für Denkmäler, Damm- und Uferbauten, Pflaſterſteine, für Beſchotterung) verwendet werden. Die dünnſte Lage von Glimmer, beſonders von dunkelm Biotit, veranlaßt aber eine Spaltung und den Zerfall. Die Geſteine laſſen ſich auch wegen der nahe beieinander liegenden Härtegrade des Feldſpates (6) und Quarzes (7) leicht polieren. In bezug auf Feſtigkeit ſtehen die hornblendereichen Gneiſe nicht hinter den glimmerarmen zurück, ſondern überbieten dieſe noch. Die Feſtigkeit iſt natürlich in der Richtung der Schichtung und Glimmerlage geringer als ſenkrecht zu denſelben. Hornblendegneiſe von Bensheim im Odenwald beſitzen eine mittlere Druckfeſtigkeit von 2600 kg pro 1 qcm im 6 cm-Würfel. Spez. Gew. 2,5—2,7.

Literatur: Kalkowsky, E., Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886; Zirkel, F., Lehrbuch d. Petrographie, Bd. 3, Leipzig 1894; Grubenmann, Die kriſtallinen Schiefer, Berlin 1904. *Leppla.*

Gneiſt. Bei der Vorbereitung der tieriſchen Haut für den Gerbprozeß werden nach dem Haaren durch den vermittelſt der Werkzeuge ausgeübten Druck aus der Haut Unreinigkeiten herausgedrückt, die namentlich aus Schmutz, Kalk und Fett beſtehen und als Gneiſt bezeichnet werden. Vgl. Leder. *Pfaff.*

Gnomon, eine Einrichtung, die ſchon bei den älteſten Kulturvölkern dazu benutzt wurde, die Höhe der Sonne und damit die Tageszeit beſonders im Moment des Mittags (der Kulmination) zu beſtimmen.

Zunächſt beſtanden dieſe Inſtrumente aus hohen Stäben, Säulen oder ähnlichen Einrichtungen, die durch den Schatten, den ſie warfen, zur Beſtimmung der Tageszeit benutzt wurden. Man zog um den Fußpunkt des Lotes von der Spitze des Gnomons auf die Erdoberfläche einige konzentriſche Kreiſe und beobachtete dann, wann das Ende des Schattens dieſe Kreiſe erreichte. Entſprechend gelegene Schnittpunkte miteinander verbunden gaben dann durch die Orte der Sehnenmittelpunkte den Moment des wahren Mittags. Aus der Länge des Schattens zu dieſer Zeit und der Höhe des Gnomons ergibt ſich die anguläre Höhe der Sonne. Werden dieſe Längen zur Zeit ihres Maximums und ihres Minimums gemeſſen, ſo kann man einerſeits mit Hilfe des daraus gebildeten Mittels die geographiſche Breite des Beobachtungsortes $\frac{1}{2}(H_{max} + H_{min}) = 90 - \varphi$, anderſeits die Schiefe der Ekliptik $\frac{1}{2} H_{max} - H_{min} = \omega$, wenn ω dieſe Schiefe bedeutet, beſtimmen. Da das Ende des Schattens ſchlecht begrenzt erſcheint, hat man ſpäter an die Stelle der Spitze der Säule oder dergl. eine Scheibe mit kleiner runder Oeffnung geſetzt, durch die hindurch dann die Sonnenſtrahlen ſcheinen und ein kleines Sonnenbildchen erzeugt wird. Dergleichen Einrichtungen ſind, abgeſehen von den alten indiſchen und ägyptiſchen Gnomonen, auch in ſpäterer Zeit wieder hergeſtellt worden. Bekannt iſt der von Auguſtus in Rom aufgeſtellte Gnomon (ein alter ägyptiſcher Obelisk), dann der von Toscanelli im Dom von Florenz eingerichtete; auch im Dom zu Mailand iſt eine Einrichtung der letztbeſchriebenen Art angebracht. Die Genauigkeit der Angaben wächſt natürlich mit der Höhe des Gnomons über der Fläche, auf der das Schattenende beobachtet wird, ſo daß bei 20—30 m Höhe ſchon auf 1—2 Sekunden der Moment des wahren Mittags ſich angeben läßt. Im übrigen iſt hierzu das unter Sonnenuhren Beigebrachte zu vergleichen; ebenſo iſt dort auf die Literatur hingewieſen. *Ambronn.*

Gobelins, ſ. Teppiche.

Goedde, arabiſches Getreidemaß = 7,6 l.

Goëlette, franzöſiſche Bezeichnung für Schoner.

Göpel oder Roßwerke ſind Motore, welche die Muskelkraft von Tieren dadurch für den Antrieb von Arbeitsmaſchinen nutzbar machen, daß auf einem wagerechten Hauptrade (Stirn- oder Kegelrade) eine entſprechende Anzahl von Zugbäumen angebracht ſind, an denen die im Kreiſe gehenden Zugtiere angeſpannt werden. Von dieſem Hauptrade aus wird durch zwei bis drei Ueberſetzungen die Geſchwindigkeit vervielfältigt und ſchließlich die Bewegung unter Vermittlung einer leicht ausrückbaren Kupplung auf die Welle der Arbeitsmaſchine übertragen. Zur Unterſcheidung von den Tretgöpeln (ſ. d.) werden dieſe Motore auch Rundlaufgöpel genannt. Man unterſcheidet liegende und Säulengöpel.

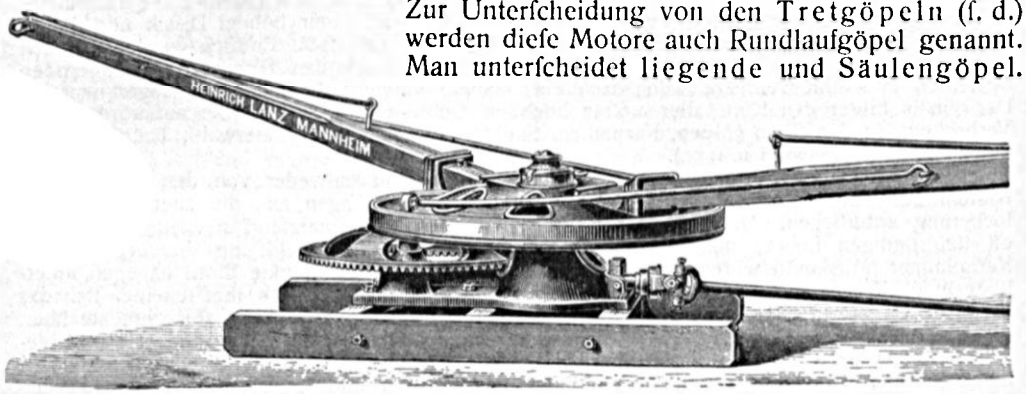


Fig. 1.

Dieſelben ſind für 1—4 Zugtiere gebaut; noch mehr Tiere vorzuſpannen iſt nicht ratſam, da die Geſamtleiſtung nicht im Verhältnis zur Zahl der Zugtiere zunimmt; vgl. das unter Arbeitskraft Geſagte.

An den liegenden Göpeln iſt das ganze Triebwerk auf einer Grundplatte oder einem Holzkreuz montiert und entſprechend im Boden befeſtigt. Die Lagerung hat ſo tief zu geſchehen, daß die Transmiſſionsſtange unter dem Hufſchlag der Zugtiere durchgeht und dieſe unter

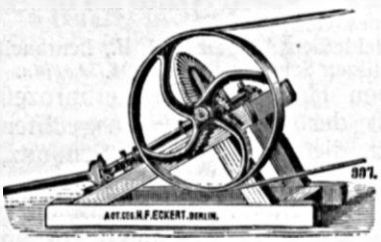


Fig. 4. Winkelvorgelege.

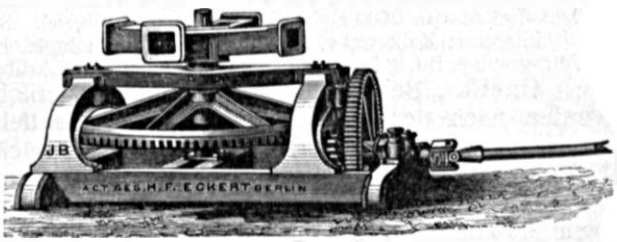


Fig. 2. Bügelgöpel.

günſtigem Winkel anziehen können. Sehr zweckmäßig iſt die vollſtändige Verdeckung des Triebwerkes bei den Glockengöpeln (ſ. Fig. 1). Bei ſtärkeren Göpeln iſt die Form des Bügelgöpels beliebt (ſ. Fig. 2). Die einfachſte Form iſt die des Stirnradgöpels (Fig. 3). Bei allen dieſen Formen kommt man mit zwei Ueberſetzungen aus. Erreicht man nicht die gewünſchte Tourenzahl, ſo wird am Ende der Transmiſſionsſtange eine Riemenſcheibe angebracht, oder man bedient ſich eines Zwiſchengeſtells (ſ. Fig. 4 und 5); im letzteren Fall findet der Antrieb der Arbeitsmaſchine in der Richtung der Transmiſſionsſtange ſtatt.

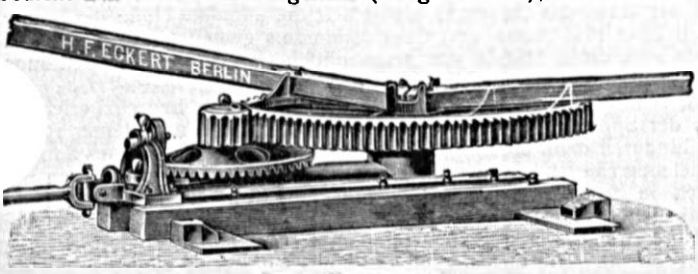


Fig. 3. Stirnradgöpel.

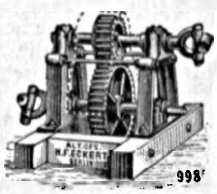


Fig. 5. Transmiſſionsbock.

Die Säulengöpel beſitzen zwei oder drei Zahnradüberſetzungen; dementſprechend ſteht dann die Riemenſcheibe wagerecht, oder ſenkrecht, wie in Fig 6 gezeigt. Zwei Räderpaare liegen unten, die Welle des vierten Zahnrades iſt innerhalb einer Gußſäule bis über das Ende derſelben verlängert und trägt dann entweder die wagerechte Riemenſcheibe oder es iſt eine

dritte Ueberſetzung vorhanden, um den Lagerblock und damit die Riemenſcheibe in beliebiger Richtung einzuſtellen. Wenn ein häufiger Wechſel des Aufſtellungsortes nötig iſt, können ſowohl die liegenden wie die Säulengöpel auf einem fahrbaren Geſtell montiert werden.

Beim Betrieb der Göpel iſt eine feſte und horizontale Aufſtellung wichtig; ferner ſollen die Zugbäume eine Länge von mindeſtens 3,5—4 m haben, weil ſich die Tiere bei der Arbeit in kleinerem Kreis zu ſehr durchbiegen müſſen und deshalb kleinere Schritte machen und weil die in Richtung des Zugbaumes fallende, für den Zug nicht nutzbare Komponente der Zugkraft um ſo größer wird, je kürzer die Zugbäume ſind. Die Bahn für die Zugtiere muß feſt und eben ſein. Der Anzug ſoll federnd geſchehen zur Schonung des Göpels und der Tiere.

Jeder Göpel ſoll eine Falle beſitzen, die ein Nachlaufen der Zugbäume verhindert, wenn die Tiere ſtillſtehen. Ferner ſind ausreichende Sicherheitsvorrichtungen anzubringen, die ein Verletzen des Bedienungsperſonals u. ſ. w. verhindern. Der Antrieb ſoll ruhig und gleichmäßig erfolgen. Die Geſchwindigkeit iſt bei Pferden 50—55, bei Ochſen 30—35 m pro Minute, die Leiſtung um ca. $^1/_4$ kleiner als beim Zug geradeaus und darf mit 0,7—0,55 PS. angenommen werden. Der Nutzeffekt iſt bei gut gebauten Göpeln mit zwei Räderpaaren 75—80 %, mit drei ſolchen 65—70 %. Die Koſten pro Pferdekraft und Stunde berechnen ſich bei mittleren Anſätzen mit 1 ℳ bis 1 ℳ 20 ₰.

Fig. 6.

Beim Bezuge von Göpeln muß angegeben werden, ob ſie für Pferde- oder Ochſenbetrieb und für wie viele Tiere ſie beſtimmt ſind, ferner die Abmeſſungen ſowie verlangte Tourenzahl der Arbeitsmaſchine. Die Preiſe ſind je nach Ausführung und Größe ſehr verſchieden. Am billigſten ſind die Stirnradgöpel, es folgen die Bügel- und ſodann die Säulen- und Glockengöpel. Näheres ergeben die Kataloge z. B. von H. Lanz, Mannheim; Eiſenwerk Bergedorf bei Hamburg; Hofherr & Schrantz, Wien; M. F. Eckert, Aktien-Geſellſchaft, Berlin-Friedrichsfelde; Maſchinenfabrik Badenia, Weinheim (Baden), u. a. *Wrobel.*

Göpeldreſchmaſchine, ſ. Dreſchmaſchine.

Göpelförderung, eine ältere Art der Schachtförderung (ſ. d.).

Göſch, eine Bugſprietflagge, die bei feſtlichen Gelegenheiten geſetzt wird.

Göſchſtock, Flaggenſtock für die Göſch.

Goethit (Pyrrhoſiderit, Nadeleiſenerz), ein Mineral, Eiſenhydroxyd $Fe_2O_4H_2$ (89,7 % Fe_2O_3 und 10,3 % H_2O).

Kriſtalliſiert rhombiſch, und zwar prismatiſch oder nadelförmig (Nadeleiſenerz); braun bis ſchwarz, in dünnen Blättchen rot durchſcheinend (Rubinglimmer), Strich gelblichbraun; metallglänzend oder auch matt. Schwach magnetiſch; ſpröde; Härte $5^1/_2$—6, ſpez. Gew. 3,8—4,2. Wird beim Glühen rot und verliert das Waſſer. Löslich in Salzſäure. Tritt vielfach in Erzgängen und in Eruptivgeſteinen auf, jedoch ſelten in größeren Maſſen. In letzterem Fall ſtellt es natürlich ein ſehr wertvolles Rohmaterial zur Eiſengewinnung dar. *Leppla.*

Götterbaum, ſ. Nutzhölzer.

Gold, gediegen, kriſtalliſiert regulär in Oktaedern und Würfeln, meiſt jedoch als dünne Blättchen oder in geſtrickten, moos-, draht- oder haarartigen Formen. Es zeigt einen hakigen Bruch, iſt geſchmeidig und ſehr dehnbar (Blättchen von 0,0001 mm Dicke). Es enthält meiſt Silber in geringerer oder größerer Menge (1—40 %), außerdem kleine Mengen von Kupfer, Platin, Eiſen, Rhodium, Queckſilber, Wismut. Die gold- bis meſſinggelbe Farbe iſt um ſo lichter, je höher der Silbergehalt iſt; der Glanz iſt lebhaft metalliſch. In ſehr dünnen Schichten wird es mit grüner oder blauer Farbe durchſichtig. Härte 2,5—3,0, das ſpez. Gew. ſchwankt zwiſchen 15,6 und 19,4; reinſtes Gold: 19,37. Es ſchmilzt verhältnismäßig leicht bei etwa 1240° zu einer hellgrünen Flüſſigkeit, zieht ſich beim Erkalten ſtark zuſammen und kann daher nicht in Formen gegoſſen werden. Seine Verbindungsfähigkeit mit andern Elementen iſt gering, daher meiſt gediegen. Nur in Salpeterſalzſäure (Königswaſſer) iſt Gold löslich; Silber geht dabei in Chlorſilber über.

Das gediegene Gold tritt faſt ausſchließlich in ſehr quarzreichen Geſteinen auf, z. B. in Quarzitſchichten oder in Gängen von Milchquarz, und zwar vorwiegend nur in den älteſten und älteren Eruptiv- und Schichtgeſteinen. Dieſes Quarz-, Gang- oder Berggold (ſpez. Gew. 17,0—19,4) reichert ſich bis zu 15 g pro 1 t Geſtein an (Auſtralien, Nordamerika). Häufig nimmt es nach

der Tiefe zu ab und macht hier Schwefelmetallen Platz. Zumeiſt wird es von Schwefelkies begleitet, dem es in der Farbe etwas ähnlich iſt. In Ungarn tritt es in jungen Eruptivgeſteinen (Trachyten) auf. Aus Quarziten und Quarz iſt es durch deren Zerſtörung in die ſogenannten Goldſeifen gelangt. Dies ſind meiſt lockere, zuweilen auch feſte Konglomerate und Sande. Faſt alle gröberen Ablagerungen der großen Gebirgsflüſſe führen Gold. Das meiſte Gold (80—90 %) wird aus ſogenannten Goldſeifen gewonnen (Seifengold). In manchen älteren ſchichtigen Quarzkonglomeraten tritt das Gold im Bindemittel der Quarzgerölle als ſogenanntes Konglomeratgold bis zu 16 g pro 1 t auf (Transvaal). Hinſichtlich der Produktion ſtehen jetzt Südafrika, Auſtralien und Nordamerika an der Spitze. Die jährliche Produktion betrug 1901 in Nordamerika 175000 kg, in Auſtralien 116000 kg, in Afrika 15000 kg (1900 vor dem Transvaalkrieg rund 113000 kg) und insgeſamt auf der Erde 1901 rund 400000 kg im Wert von rund 1060 Millionen Mark, 1903 im Wert von rund 1310 Millionen Mark. Seltenheit, Farbe, großer Widerſtand gegen Säuren, ſtarke Dehnbarkeit machen Gold zum wertvollſten Metall und deswegen geeignet zu Münzen und als Schmuck. *Lappla.*

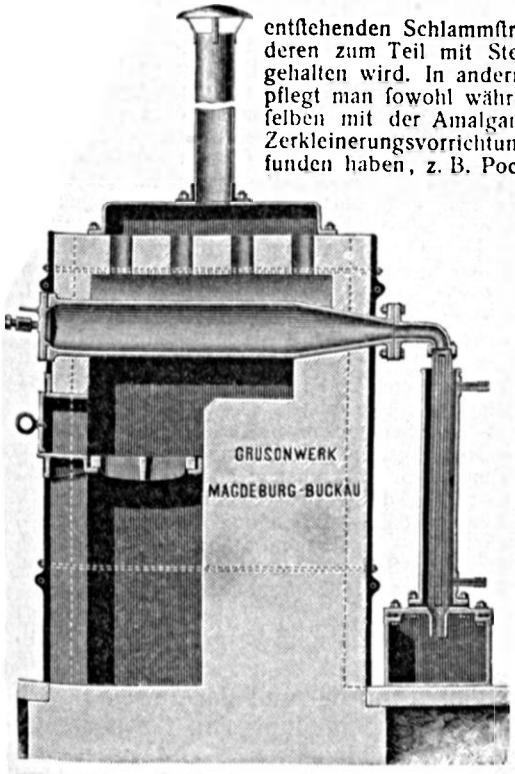
Gold *Au* (Atomgew. 197, ſpez. Gew. 19,3) iſt ein gelbes, ſtark glänzendes, ſehr zähes, höchſt dehnbares Metall (das dehnbarſte aller Metalle). Aeußerſt dünne Goldblättchen ſehen im durchfallenden Lichte blau bis grünlich aus. Wegen der geringen Härte und der eben genannten Eigenſchaften zeigt der Bruch kaum erkennbare kriſtalliniſche Struktur; er wird von den Metallurgen als hakig bezeichnet. Bei 1064° ſchmilzt es zu einer grünlichen Flüſſigkeit. Bei Temperaturen in der Nähe von oder über 2000° beginnt die Verflüchtigung. Sein Wärme- und Elektrizitätsleitungsvermögen iſt ein ſehr hohes (0,6 bezw. 0,7 auf Silber = 1 bezogen). Gegenüber dem Silber iſt die Fähigkeit des Goldes, im geſchmolzenen Zuſtande Gaſe zu abſorbieren, eine geringe. Im feſten Zuſtande dagegen verdichtet das feinverteilte Metall bis zu 0,7 % der elektropoſitiveren Gaſe (*H, CO* u. ſ. w.). Bezüglich der Löſungsfähigkeit für andre Metalle oder in ſolchen zeigt es große Uebereinſtimmung mit dem Silber. Von den Legierungen dieſer beiden Metalle verdienen beſonders die mit Blei, Queckſilber, Kupfer und Zink, natürlich auch die Gold-Silber-Legierungen ſelbſt, für den Hüttenmann beſondere Beachtung. Eine ſehr geringe Menge fremder Beſtandteile (0,05 % *Pb*, *Bi* oder *Sn*, 0,00003 % *Sb*) nehmen dem Golde ſeine Dehnbarkeit und machen es ſpröde und brüchig.

Chemiſch iſt das Gold eines der widerſtandsfähigſten Metalle. Seine Oxyde und Sulfide ſind nur auf Umwegen darſtellbar, zerſetzen ſich dagegen ſehr leicht. Halogene, beſonders Chlor und Brom, und Gemiſche, die dieſe Halogene entwickeln, alſo z. B. Königswaſſer, löſen Gold leicht, auch von Cyankaliumlöſung (bei Luftzutritt) wird es gelöſt. Einige Salze, wie Thioſulfate und Cyanide, letztere nur bei Gegenwart von Sauerſtoff, bilden mit metalliſchem Golde ebenfalls direkt im Waſſer lösliche Doppelſalze ($3\,Na_2S_2O_3 + AuS_2O_3 + 4\,H_2O$ und *AuCyKCy*). Benutzt man dieſe Salze als Elektrolyte, ſo löſt ſich Gold an der Anode, um an der Kathode wieder abgeſchieden zu werden. Außer in jenes Hypoſulfit tritt Gold als Baſis in Sauerſtoffſalze nicht ein, wohl aber ſind goldſaure Salze, Aurate dargeſtellt. Goldſulfid iſt in Löſung der Alkaliſulfide unter Bildung von Sulfoſalzen leicht löslich. — Durch die ſchwächſten Reduktionsmittel wird Gold aus ſeinen Löſungen abgeſchieden, ſo durch Waſſerſtoff, Phosphor, Arſen, Antimon, Kohlenſtoff, durch faſt ſämtliche Metalle (aus Cyanidlöſungen jedoch nur durch die elektropoſitiveren Metalle bis zum Zink), durch Metallſulfide, durch Oxydulſalze des Eiſens, Zinnes u. ſ. w., Hypophosphite, Sulfide, Schwefeldioxyd, niedrige Stickoxyde, Arſenik, Oxalſäure und andre organiſche Stoffe. Ueber das Vorkommen vgl. den vorhergehenden Artikel.

Das Gold kommt faſt ausſchließlich gediegen vor in Quarz und Alluvialſchichten, welch letztere durch Verwitterung des Quarzgeſteins entſtehen. Es findet ſich in Ungarn, Siebenbürgen, im Ural, in Sibirien, namentlich aber in Kalifornien, Auſtralien und Transvaal, ferner wurde in Alaska (am Klondike) Gold in großer Menge gefunden. Im Meerwaſſer ſind Spuren von Gold nachgewieſen worden. Die Goldmenge, die ein Kubikmeter Erz oder Geſtein enthält, iſt nur ſehr klein, und es iſt die Aufgabe der metallurgiſchen Technik, das Metall aus dieſen großen Geſteinsmaſſen herauszuziehen. Zur Gewinnung des Goldes aus Erzen, Hüttenprodukten und Abfällen hat man folgende Wege eingeſchlagen:

1. Mechaniſche Aufbereitung (Verwaſchen). Bezüglich der Grundzüge dieſer Arbeitsweiſe ſei auf den Art. Aufbereitung verwieſen. Die mechaniſche (ſtets naſſe) Aufbereitung der Golderze wird heute faſt ausſchließlich in Vereinigung mit der Amalgamation ausgeführt (ſ. unten).

2. Löſen des Goldes in Metallen. a) Verbleiung. Dieſe Art der Verarbeitung goldführender Erze beſteht entweder in einem gemeinſchaftlichen Verſchmelzen derſelben mit Bleierzen, wobei das Blei die Edelmetalle löſt, oder in einem Eintränken goldreicheren Materials in ein Bleibad, das wegen eines bereits vorhandenen Edelmetallgehaltes zum Abtreiben beſtimmt iſt. Bei dieſen Arbeiten ſteht aber die Silbergewinnung quantitativ ſo im Vordergrunde, daß es genügen wird, bezüglich weiterer Einzelheiten auf den Art. Silber zu verweiſen. — b) Amalgamation. Das Löſen des Goldes in Queckſilber wird mit der Aufbereitung vereinigt. Die roheſte Art der Ausführung beſteht darin, daß man das goldführende Alluvium, wo es die Bodenbeſchaffenheit geſtattet, mit Hilfe kräftiger Waſſerſtrahlen an Ort und Stelle fortſpült und den



entſtehenden Schlammſtrom durch Gerinne (Gefluder, sluices) führt, auf deren zum Teil mit Steinen und Kies ausgefetzten Böden Queckſilber gehalten wird. In andern Fällen, wo das Erz einer Zerkleinerung bedarf, pflegt man ſowohl während der Zerkleinerung wie unmittelbar nach derſelben mit der Amalgamation zu beginnen, ſo daß viele der bekannten Zerkleinerungsvorrichtungen auch als Amalgamatoren Verwendung gefunden haben, z. B. Pochwerke, Schlepp- oder Maſſemühlen (Arraſtras), Kollergänge, Kugelmühlen u. dergl. Wird die Amalgamation im Anſchluß an die Zerkleinerung ausgeführt, ſo pflegt man Vorrichtungen zu benutzen, denen ebenfalls bekannte Mahl- und Miſchmaſchinen als Vorbilder gedient haben (Chemnitzer Quickmühle, Laszlo-Amalgamator, Amalgamierpfannen, Amalgamierfäſſer). Außer flüſſigem Queckſilber nimmt man in Naßpochwerken, Schlammgerinnen und Schlammherden auch amalgamierte Kupferplatten zu Hilfe. Zuſätze chemiſcher Reagenzien gibt man vielfach bei der Amalgamation ſilberführender Erze, die das Silber gebunden enthalten. Das auf die eine oder andre Weiſe erhaltene Amalgam wird durch Lederbeutel von überſchüſſigem Queckſilber abfiltriert. Es bleibt als teigige, knetbare Maſſe zurück. Das von amalgamierten Kupferplatten abgekratzte Amalgam bedarf keiner Filtration, da es gleich dem Filtrationsrückſtande ſich direkt zu Kugeln zuſammendrücken läßt, die dann in Amalgamglühöfen von Queckſilber befreit werden. Dieſe Oefen enthalten entweder horizontal gelagerte Retorten (ſ. nebenſtehende Skizze eines vom Gruſonwerk gelieferten Ofens) oder vertikal aufgehängte Tiegel, aus denen die Queckſilberdämpfe in gekühlte Rohrſyſteme geführt werden. Das verdichtete Queckſilber wird unter Waſſer aufgefangen. Ueber neuere Amalgamationsprozeſſe und -apparate berichtet beſonders [5]. Der Glührückſtand wird, wenn ſilberfrei, durch ein Raffinationsſchmelzen mit Salpeter und Soda gefeint. — c) Legierung des Goldes mit Kupfer. Beim Verſchmelzen goldführender Kupfererze oder kupferhaltiger Bleierze iſt zu berückſichtigen, daß das Gold ganz oder zum Teil in kupferhaltige Hüttenprodukte (Kupferſtein, Kupferſchaum, Abzug, Schwarz- und Garkupfer) übergeht, deren Zugutemachung unter Kupfer beſchrieben iſt.

3. Rein chemiſche Prozeſſe der Goldgewinnung. a) Chlorieren. Läßt man auf zerkleinerte Erze, die frei von Sulfiden, Arſeniden und Antimoniden ſind, oder bei Gegenwart dieſer Stoffe, vielleicht auch nur zum Zwecke der Auflockerung zunächſt geröſtet wurden, Chlor einwirken, ſo entſteht in Waſſer leicht lösliches Goldchlorid. Zum Zwecke der Chloration pflegt man die Erze bezw. das Röſtgut anzufeuchten oder in Waſſer zu verteilen (Plattners Verfahren). An Stelle von freiem Chlor, das man außerhalb der Chloriergefäße erzeugt und in letztere einleitet, kann man dem zu chlorierenden Material auch Chlor abgebende Subſtanzen (Schwefelſäure mit Braunſtein und Kochſalz oder mit Chlorkalk) beimiſchen. Aus den mit Chlor behandelten Rückſtänden wird das Goldchlorid mit Waſſer gut ausgelaugt. Die erhaltene Löſung fällt man mit Ferroſalzen, löslichen Sulfiden (H_2S, Na_2S, $Ca(HS)_2$) oder durch Holzkohlenfilter, die das Gold auf der Oberfläche der Holzkohlen zurückhalten. Im erſteren Falle wird der erhaltene Goldniederſchlag, nötigenfalls nach nochmaliger Auflöſung und Wiederfällung unter Zuſatz von Verſchlackungsmitteln für geringe Verunreinigungen, eingeſchmolzen. Im letzteren Falle verbrennt man die getrocknete Holzkohle in kleinen Gebläſeſchachtöfen und erhält das Gold als zuſammengeſchmolzene Maſſe unter der ebenfalls zu einer Schlacke verſchmolzenen Holzkohlenaſche. Bei Anwendung der Chlorierung iſt zu beachten, daß Silber in dem unlöslichen Rückſtande als Chlorſilber verbleibt, in welcher Form es ſich durch konzentrierte Kochſalzlöſungen und durch Thioſulfatlöſungen auslaugen und ebenfalls verwerten läßt. An Stelle von Chlor iſt auch Brom vorgeſchlagen. — b) Cyanidlaugerei. Metalliſches und vererztes Gold ſind in wäſſerigen Kaliumcyanidlöſungen löslich. Zur Löſung metalliſchen Goldes iſt Sauerſtoff erforderlich: $2\,Au + 4\,KCy + 2\,H_2O + O_2 = 2\,KAuCy_2 + H_2O_2 + 2\,KOH$. Es entſteht hierbei Waſſerſtoffſuperoxyd, das dann noch weitere Mengen Gold in Löſung bringt: $2\,Au + 4\,KCy + H_2O_2 = 2\,KAuCy_2 + 2\,KOH$. Man laugt mehrere Male mit verdünnten Cyankaliumlöſungen (0,8—0,2 % KCy), dann mit Waſſer aus. Aus den erhaltenen Löſungen fällt man das Gold mit Zink (Zinkſpäne), auch mit Aluminium, oder es wird die Löſung zwiſchen Stahlanoden und Bleikathoden der Elektrolyſe unterworfen (Prozeß Siemens & Halske). An der Anode entſteht Berliner Blau, an der Kathode ſchlägt ſich das Gold nieder. Durch Kupellieren wird es dann vom Blei getrennt. — c) Verſchmelzen des Nichtgoldes. Dieſes Verſchmelzen (Oxydieren, Sulfieren, Chlorieren) des Nichtgoldes wird faſt nur auf Legierungen angewendet. Hierher gehört in erſter Linie der an das Verbleien ſich anſchließende Treibprozeß (ſ. Silber), dann die beſonders für kupfer- und ſilberhaltige Legierungen früher übliche Schwefelung des Kupfers und des Silbers (letzteres meiſt nur teilweiſe) durch Zuſammenſchmelzen mit Grauſpießglanz oder mit Schwefel ſelbſt (Roeßlers Verfahren), und ſchließlich die für Gold-

Silber-Legierungen in der Münze von Sidney noch übliche Chlorierung des Silbers durch Einleiten von Chlor in die unter einer Boraxdecke in einem Tontiegel eingeschmolzene Legierung (Millersche Scheidung). Außer dem Treibprozesse sind nur noch Roeßlers Verfahren für Gold-Silber-Kupfer-Legierungen und Millers Scheidung für Gold-Silber-Legierungen in Anwendung. — d) Lösung des Nichtgoldes in Säuren. Dieselbe kann auch nur für die Legierungen in Frage kommen. Die Scheidung durch die Quart oder Quartation, das älteste Gold-Silber-Scheideverfahren, bei dem man das Silber unter Zurücklassung des Goldes in Salpetersäure löst, wird außer in Probierlaboratorien (s. Goldproben) nur da ausgeführt, wo man für das dabei abfallende Silbernitrat Verwendung hat. Da, wo man nicht zur Elektrolyse übergegangen ist, arbeitet man nach der sogenannten Affination oder Schwefelsäurescheidung. Die granulierte Legierung wird mit konzentrierter Schwefelsäure erhitzt. Gold bleibt als brauner Rückstand, während sich Silber unter Zersetzung eines Teiles der Schwefelsäure in Sulfat verwandelt. Der ausgewaschene Rückstand wird dann in Königswasser gelöst, durch ein Ferrosalz wieder gefällt, abfiltriert, ausgewaschen, mit einem Flußmittel eingeschmolzen und schließlich in Barren gegossen. Das Silbersulfat dagegen wird mit Eisenabfällen zersetzt, das abgeschiedene Silber ausgewaschen, gepreßt, getrocknet und ebenfalls eingeschmolzen. — Die zur Scheidung edelmetallhaltigen Kupfers früher allgemein gebräuchliche Schwefelsäurelaugerei, deren Prinzip unter Silber kurz erörtert wird, ist in den meisten Werken durch die Elektrolyse ersetzt.

Das Gold wird als Münzmetall, zu Kunst- und Schmuckgegenständen verwendet und dient auch zur Herstellung zierender und schützender Ueberzüge auf andern Gegenständen; sein Preis liegt in der Nähe von 2800 ℳ pro Kilogramm. Den Goldgehalt der Legierungen drückt man im gewerblichen Verkehr meist nach „Karat“ aus; s. Goldlegierungen und Feingehalt.

Literatur: [1] Kerl, Hüttenkunde, 2. Aufl., Leipzig 1865. — [2] Balling, Metallhüttenkunde, Berlin 1885. — [3] Stölzel, Metallurgie, Braunschweig 1886. — [4] Kerl und Stohmann, Encyklopäd. Handb. der Chemie, 10. Aufl., Braunschweig 1886. — [5] Schnabel, Metallhüttenkunde, Berlin 1894/96. — [6] Beckert-Brandt, Metallhüttenkunde, Stuttgart 1895 (sonst wie unter Blei). — [7] Hollemann, Lehrb. der anorgan. Chemie, II, Leipzig 1903. *Bujard.*

Goldäther, -tinktur, ätherische Goldchloridlösung zum Vergolden von Stahl.

Goldamalgam, s. Amalgame.

Goldarbeiten, die Erzeugnisse der Goldschmiede- und der Juwelierkunst. Die Goldschmiedekunst umfaßt hauptsächlich die Herstellung von Gefäßen und Geräten, die Juwelierkunst die Herstellung von Schmuckwaren, oft unter Verwendung von Edelsteinen (s. d.). Besondere Arbeiten sind das Treiben, Niellieren, Emaillieren, die Filigranarbeit. Ein wesentlicher Unterschied zwischen Gold- und Silberarbeiten ist nicht vorhanden.

Die Herstellung von Gefäßen und Geräten in edelm Metall, von denen die zu kirchlichen Zwecken einen großen Raum einnehmen, gleicht im ganzen derjenigen in Kupfer, Messing, Neusilber, Nickel u. s. w. Das Gold- oder Silberblech von entsprechender Stärke wird von Hand oder mittels Maschinen zugeschnitten und durch Pressen, Treiben, Prägen (s. Edelmetallverarbeitung) oder auch bei glatten und runden Gegenständen durch Drücken (s. d.) in die gewünschte Form gebracht und durch Anbringung von Gravierungen (s. Gravieren) oder andern Verzierungen sowie durch Anbringung von Edelsteinen künstlerisch ausgestaltet. Auch andre Arbeitsmethoden finden vielfache Anwendung, so die Kügelchenarbeit, bei der durch nebeneinander aufgelötete kleine Goldkügelchen, besonders am Rande von Fassungen, eigenartige Wirkungen erzielt werden; ferner zur Belebung und Ausschmückung größerer Flächen das Färben (vgl. a. Galvanochromie) und Mattieren (vgl. a. Mattbrennen und Mattvergoldung), das Irisieren (s. Irisierende Metalloberflächen) und Inkrustieren (s. Inkrustationen) sowie das Guillochieren (s. d.), die Anbringung von Emaille und Niello (s. d.). Da zur Anfertigung der Goldarbeiten großes Geschick sowie hoher künstlerischer Geschmack notwendig ist, hat man in jüngster Zeit wertvolle Kunstwerke vielfach auf galvanoplastischem Wege (s. Galvanotechnik) nachgebildet, um durch diese billige und mechanische Vervielfältigung eine größere Verbreitung solcher ursprünglich sehr kostbaren Erzeugnisse zu erlangen; auch zur Herstellung von Gegenständen aus weniger edelm Metall bietet die Galvanotechnik durch das Vergolden und Versilbern ein geeignetes Verfahren.

Gefäße und Hohlkörper. Zur Anfertigung von Gefäßen und künstlerischen Gegenständen der verschiedensten, auch hohlen Formen, deren Erzeugung in einem Stück bisher äußerst schwierig war und an denen die Anbringung von erhabenen oder vertieften Figuren eine hohe Kunstfertigkeit forderte, wendet man in jüngster Zeit das Huber-Preßverfahren (s. d.) an, mit dessen Hilfe die gleichzeitige Ausarbeitung der verschiedensten Formen und Verzierungen auf maschinellem Wege ermöglicht wird. Auf diesem Arbeitswege (s. Edelmetallverarbeitung) wird das Material je nach der mehr oder weniger großen Formänderung verschiedenemal geglüht. Nach entsprechender Formgebung wird der Grat an der Kante durch Feilen oder Schleifen entfernt (abgezogen); die Böden und Unterteile werden auf das Fassonstück hart aufgelötet (s. Löten).

Ohrringe und Broschen werden in ähnlicher Weise hergestellt und erhalten durch Anlöten Oesen, Bügel bezw. Scharniere mit Nadeln u. s. w.

Reifen und Ringe. Einfache, nicht zu breite Reifen, glatte Fingerringe u. dergl. verfertigt man teils aus rundem, halbrundem oder geplättetem, entweder glattem oder kordiertem oder mit der Schneidzange verziertem Drahte, teils aus schmalen Blechstreifen, biegt diese mittels der Ringzange oder über einen Dorn und lötet sie an den Enden flumpf zusammen. Sind mehrere gleiche Ringe anzufertigen, so werden sie, ebenso wie die Kettenglieder, durch Winden über einem Dorne hergestellt. Verzierungen werden öfters erst nach dem Löten ein-

gewalzt, indem man den Ring auf eine Walze von kleinerem Durchmeſſer aufſteckt. **Breite Ringe** werden meiſt hohl hergeſtellt, indem ſie aus einem äußeren konvexen und einem inneren flachen Reifen zuſammengelötet werden. Iſt der Reif glatt, ſo erhält er ſeine rinnenartige Querkrümmung durch Aufbuckeln mit Walzen oder im Schlagwerke oder mit Hilfe der Hohlbiegezange. Iſt er verziert, ſo wird er aus dünnem Blech flach in einer Stanze gepreßt und hernach gebogen; beſſer wird er mit gravierten Walzen bearbeitet oder mittels Punzen getrieben. An **Siegelringen** wird auf dem inneren Reif zu jeder Seite eine Hälfte des äußeren Reifs aufgelötet und zwiſchen beiden Hälften die Zarge zur Faſſung des Steins eingelötet.

Ketten. Zur Herſtellung von **Ketten** wird meiſtens Draht angewendet, und zwar rund oder halbrund, vierkantig, geplättet, glatt oder kordiert oder anderweitig verziert. Die einzelnen Glieder werden gewöhnlich dadurch hergeſtellt, daß man den Draht in ſchraubenförmigen, dicht aneinander liegenden Windungen um einen Dorn wickelt, die ſo gebildete Drahtröhre abzieht und der Länge nach aufſchneidet, nachdem ſie mitſamt dem Dorne zur Beibehaltung der Krümmung ausgeglüht iſt. Die einzelnen Ringe werden ineinander gehängt, zuſammengebogen und meiſtens mittels Schlaglot zuſammengelötet. Bei feinen Kettchen werden gewöhnlich zwei und zwei Glieder an den Schnittfugen zuſammengelötet, ſo daß ein Gelenk und eine feſte Verbindung von zwei Gliedern abwechſeln, wodurch eine größere Feſtigkeit geſichert wird, ohne die Biegſamkeit der Kette weſentlich zu beeinträchtigen. Um der Kette ein flaches, bandartiges Ausſehen zu geben, wendet man gedrehte Glieder an, die man einzeln mit der Zange unmittelbar nach dem Löten entſprechend biegt. In neuerer Zeit werden Ketten ſelbſttätig mittels Maſchinen verfertigt. Eine beſonders feine Kettenarbeit ſtellen die **Venezianerkettchen** dar, von denen die feinſten 38 Glieder in der Länge eines Zentimeters enthalten. Auch Kettenglieder aus Blech, die mittels eines Durchſchnittes in beliebiger Geſtalt ausgeſchnitten werden, werden verfertigt und durch Ringelchen von Draht aneinander gehängt. **Kugelketten** als Halsketten oder Armbänder, bei denen gewöhnlich mehrere ſolcher Ketten nebeneinander an Schließen gereiht werden, beſtehen aus hohlen Blechkugeln mit zwei Löchern und aus kurzen Drahtſtiften, die durch die Löcher zweier benachbarter Kugeln mit Spielraum eintreten und innerhalb jeder Kugel ein Köpfchen haben. Zu ihrer Herſtellung werden kurze Stücke von Blechröhrchen nach dem Einſtecken der Stifte zwiſchen zwei Stempeln zur Kugelform geſtanzt.

Gußwaren. Das **Gießen** hat bei Gold und Silber hauptſächlich den Zweck, dieſe Metalle für die weitere Verarbeitung vorzubereiten (ſ. **Edelmetallverarbeitung**). Eigentliche Gußwaren werden aus Gold und Silber nur in wenigen Fällen erzeugt (z. B. maſſive Ringe und Schmuckſtücke), weil ſie einesteils wegen der Koſtbarkeit dieſer Metalle zu teuer werden und andernteils die Darſtellung ſcharfer und reiner Güſſe namentlich beim Golde mit Schwierigkeiten verbunden iſt, indem dieſes ſich beim Erſtarren ſtark zuſammenzieht. Als **Formmaterial** dient feiner und fetter **Formſand, Os Sepiae** (ſ. **Fiſchbein, weißes**, S. 42). Auch **Marienglas** in geeigneter Zubereitung, von den Goldarbeitern kurz **Spat** genannt, ſowie **Tripel** finden Verwendung. Zu **Modellen** für den Gold- und Silberguß eignet ſich am beſten das **Schriftgießermetall**. Die Sepia wird entweder in gepulvertem Zuſtande wie Formſand verwendet oder in feſtem Zuſtande, indem man zwei Stücke mit ebenen Flächen verſieht, ſie mit Kohlenſtaub einreibt, in jede derſelben das Modell bis zur Hälfte eindrückt und nach Entfernung des Modells beide Teile, nachdem man noch vorher eine kleine Gußrinne eingekratzt hat, genau paſſend wieder zuſammenfügt.

Bei Verwendung von pulverigem Formmaterial benutzt man Form- oder Gießflaſchen aus Schmiedeeiſen oder Meſſing, zum Gießen von Tafeln u. ſ. w. ſogenannte Eingüſſe (ſ. **Edelmetallverarbeitung**, Bd. 3, S. 209). Vielfach werden Abgüſſe von Naturobjekten, wie Blumen, Blättern, Inſekten, Käfern u. ſ. w., hergeſtellt, wobei dieſe Objekte ſelbſt als Modell dienen. Der abzugießende pflanzliche oder tieriſche Körper wird in einem Käſtchen durch feine Drähte frei ſchwebend gehalten, wobei beiſpielsweiſe die Füße mit einem Kranz von Wachs verbunden werden, der beim Gießen einen Verbindungskanal für die feinen Füße bildet, und der ganze Raum des Käſtchens mit einer Maſſe ausgegoſſen, die aus 3 Teilen gebranntem Gips und 1 Teil ſehr feinem Ziegelmehl beſteht und die mit Waſſer, in dem zu gleichen Teilen Alaun und Salmiak aufgelöſt iſt, zu einer breiartigen Maſſe angerührt wird. Um die Bildung von Luftblaſen zu verhindern, wird der Tierkörper vorher mit dieſer Maſſe ſorgfältig überpinſelt. Vorher eingelegte Drahtſtücke liefern nach Herausziehen derſelben aus der ausgefüllten Form die zum Entweichen der Luft notwendigen Röhrchen bezw. den Einguß. Nach langſamem Anwärmen wird die Form geglüht, wodurch die Verbrennung des eingeſchloſſenen tieriſchen Körpers erfolgt. Zur Entfernung der tieriſchen Aſche wird die erkaltete Form mit Queckſilber ausgeſchwenkt. Nach vollendetem Guſſe wird die Form in Waſſer erweicht, um ein Verletzen der feinen Gußteile zu vermeiden. Nach der rohen Fertigſtellung werden die Gegenſtände durch Feilen, Schleifen, Schaben, Sieden bearbeitet, ferner durch Polieren, Aetzen, Gravieren und Ziſelieren. Teilweiſe bleiben die Erzeugniſſe matt, teilweiſe werden ſie poliert oder verſchiedentlich gefärbt. Gegenſtände von geringem Feingehalt ſowie von Silber werden vielfach vergoldet, um ihnen den Anſchein höheren Wertes zu verleihen bezw. den einfachen Silberfarbenton zur Erhöhung der künſtleriſchen Wirkung zu unterbrechen.

Das **Sieden** hat den Zweck, dem Edelmetalle die natürliche Farbe wiederzugeben, die ihm nach ſeiner Zuſammenſetzung zukommt und die es während der öfteren Bearbeitung im Feuer infolge der Oxydation des in der Legierung enthaltenen Kupfers verloren hat, ſo daß es matt und grauſchwarz erſcheint. Zu dieſem Zwecke wird der Gegenſtand zuerſt noch einmal geglüht, um den Oxydüberzug gleichmäßiger zu erhalten, und darauf in ſtark verdünnter Salpeterſäure oder in verdünnter Schwefelſäure gekocht. Der zum Sieden des Silbers (Weißſieden) gewöhnlich gebrauchte Sud beſteht in einer Auflöſung von 1 Teil Weinſtein, 2 Teilen Kochſalz und 32—48 Teilen Waſſer.

Das Färben des Goldes hat den Zweck, die durch den Sud hervorgebrachte natürliche Färbung zu veredeln, indem den Stücken das Anſehen des reinen, unlegierten Goldes, das ſich durch ſeine ſchöne hochgelbe Farbe auszeichnet, gegeben wird. Zu dieſem Zwecke wird auf der Oberfläche des Gegenſtandes ein ſehr dünnes Häutchen reinen Goldes durch Wirkung eines Auflöſungsmittels erzeugt, mittels deſſen von der Oberfläche der Arbeit nicht nur ein Teil des in der Legierung enthaltenen Silbers und Kupfers entfernt, ſondern auch eine äußerſt dünne und gleichmäßige Schicht reinen Goldes auf der Oberfläche niedergeſchlagen wird. Die gewöhnliche Farbe, Weißfarbe genannt, zum Unterſchiede von der außer Gebrauch gekommenen Grünfarbe, beſteht aus 2 Teilen Salpeter, 1 Teil Kochſalz und 1 Teil Alaun bezw. Salzſäure. Vielfach wird das Färben auch dadurch bewirkt, daß man die Gegenſtände mit einer ſchwachen galvaniſchen Vergoldung verſieht. Vor dem Färben müſſen die Gegenſtände ſehr gut gereinigt und gebeizt werden. Die Gegenſtände hängen hierbei an einem Silberdrahte. Ein ähnliches Verfahren dient zum Mattieren des Goldes. Verſchiedene Färbungen werden auch unter Benutzung von Glühwachs vorgenommen. Dieſes wird bereitet für Rotfärbung aus 12 Teilen Wachs, 8 Teilen Grünſpan, 6 Teilen Blutſtein, je 4 Teilen Kupferaſche und Zinkvitriol, 2 Teilen Eiſenvitriol und 1 Teil Borax; für grünliche Färbung aus 12 Teilen Wachs, 8 Teilen Zinkvitriol, 6 Teilen Blutſtein, 4 Teilen Grünſpan, je 2 Teilen Kupferaſche und Eiſenvitriol, 1 Teil Borax, alles zuſammengeſchmolzen und zu Stangen geformt. Das Glühwachs wird auf die erhitzten Gegenſtände geſtrichen, über Holzkohlenfeuer abgebrannt und mit Weinſtein und Waſſer entfernt. Um den Glanz der Goldfarbe zu heben, werden die erhitzten Gegenſtände mit einer Miſchung von 6 Teilen Kaliſalpeter und je 3 Teilen Zinkvitriol, Alaun und Kochſalz überzogen, bis zum Schwarzwerden erhitzt, mit Weineſſig gereinigt und in Sägeſpänen getrocknet. Das beliebte, fälſchlich ſogenannte oxydierte Silber, ein Schwefelſilber, wird hergeſtellt, indem man in 1 l Waſſer 8 g Chlorammonium und 4 g Schwefelammonium löſt und die Gegenſtände in die auf 80° C. erhitzte Löſung eintaucht; zur Erhöhung der Wirkung wird oft die entſtandene graue Färbung auf den erhabenen Stellen abgerieben.

Das Schleifen bezw. Polieren geſchieht bei Edelmetallen mittels des gewöhnlichen blauen Schleifſteins, Bimsſtein und Holzkohle bezw. Os Sepiae, Polierrot, Tripel, Caput mortuum, Knochenaſche, Kienruß u. ſ. w., das Hochglanzpolieren mittels Polierſtählen und Blutſteinen, die in Zwingen gefaßt werden.

Zum Putzen von ſchmutzigen Gold- und Silberſachen verwendet man Cyankaliumlöſung oder bürſtet und reibt die Stücke mit Salmiakgeiſt, Magneſia, Schlemmkreide oder Weinſteinpulver und Waſſer ab. Das Aetzen dient gleichſam als Erſatz für das Gravieren, indem man auf der Oberfläche des Arbeitsſtückes vertiefte Zeichnungen durch chemiſche Mittel hervorbringt, die beim Gravieren auf mechaniſchem Wege durch den Grabſtichel hergeſtellt werden. Hierbei überzieht man die zu verzierende Metallfläche mit einer dünnen harzigen Maſſe (Aetzgrund), in der die Zeichnung bis auf das blanke Metall eingeritzt wird, worauf die ſo vorbereitete Fläche durch eine ätzende Säure behandelt wird. Als Aetzwaſſer gebraucht man auf Silber ſtark mit Waſſer verdünntes Scheidewaſſer, auf Gold mit Waſſer verdünntes Königswaſſer. — Vgl. Aetzen.

Irifierende Metallfärbungen und Inkruſtationen werden in verſchiedener Art zur Verzierung von Flächen an Edelmetallwaren angewendet. Durch das Irifieren werden die Gegenſtände auf galvaniſchem Wege mit einem zarten, aber ziemlich dauerhaften Anfluge von mitunter prachtvollen Regenbogenfarben verſehen. Unter Inkruſtieren verſteht man das Einlegen von Metall in eine gravierte oder geätzte Vertiefung eines andern Metalls, wie es z. B. japaniſche Arbeiten in hervorragender Weiſe zeigen.

Emaillierte Goldwaren. Das in den verſchiedenſten Farben im Handel käufliche Email (ſ. d.) wird nach und nach auf die vorher eingravierte, eingeprägte oder durch aufgelötete Teile hergeſtellte Zeichnung des metalliſchen Gegenſtandes aufgetragen und nach jedem Male über gelindem Feuer oder beſſer in einem Muffelofen eingeſchmolzen. An kleinen Arbeitsſtücken kann das Einbrennen mittels des Lötrohres erfolgen. Schließlich wird das Email zur Erzielung eines hohen ſpiegelnden Glanzes und ſcharfer Umriſſe der Zeichnung mit geſchlämmtem Tripel abgeſchliffen oder auch über dem Feuer nochmals nachgeſchmolzen, wodurch die Oberfläche des Email einen feurigen Glashochglanz erhält. Zuweilen überſchmilzt man das Ganze noch mit einer dünnen Lage durchſichtigen und farbloſen Glaſes, das nötigenfalls wieder mit Tripel poliert wird. Man unterſcheidet drei Arten des Email: Zellenemail, das dadurch hergeſtellt wird, daß man auf die zu emaillierende Metallplatte das Muſter mit kleinen gebogenen Drähten aus Gold u. dergl. auflötet, vielfach noch heute in China, Japan und Indien angewendet; Grubenemail, bei dem mit dem Stichel Gruben zur Aufnahme des Emails aus der Metallfläche herausgegraben werden, ſo daß nur die Metallumriſſe erhaben ſtehen bleiben; Reliefemail, bei dem nicht vertiefte oder in gleicher Ebene mit dem Metallkörper liegende, ſondern erhabene Flächen mit Email geſchmückt werden. Neuerdings wird vielfach eine Kombination von Zellen- und Grubenemail angewendet. Die Herſtellung geſchieht in der Weiſe, daß das Muſter auf eine glatte Metallfläche gezeichnet und alsdann die mit Email zu verſehenden Stellen ausgraviert werden. Man erhält ſo eine Matrize, die zur Vervielfältigung in feinem Formſand abgeformt und in Metall gegoſſen wird.

Niello. Während bei emaillierten Kunſtwerken die Zeichnung in dem Metall aus dem Email hervortritt, wird bei Niellieren die Zeichnung durch das Niello hervorgebracht, eine ſchwarzgraue Maſſe, die der Hauptſache nach aus feinem Silber, Kupfer, Blei, Schwefel und Borax beſteht. Auf der Oberfläche des zu verzierenden Gegenſtandes wird das Muſter durch Preſſen oder Gravieren vertieft erzeugt, das feingepulverte Niello mit einer ſchwachen Gummilöſung eingeſtrichen, getrocknet und über freiem Feuer oder in einem Muffelofen eingeſchmolzen. Ueberſchüſſige Niellomaſſe wird abgeſchliffen, worauf die Politur folgt. Die bekannten ruſſiſchen Tulaarbeiten ſind mit Niello verziert. — Vgl. Kunſtgewerbe.

Das **Einlaſſen mit Farben** iſt eine unvollkommene Nachahmung des Emails, das man der Wohlfeilheit halber auf billigen Gegenſtänden anwendet. Hierbei werden verſchiedene Farben mit Kopalfirnis angerührt und in die vertieften Zeichnungen eingetragen. Die Farben trocknen ſchnell, ſtehen jedoch dem Email durch ihre Weichheit, geringeren Glanz und verminderte Haltbarkeit weit nach.

Das **Faſſen der Steine** (vgl. a. Edelſteine und Edelſteinſchleiferei) geſchieht entweder in Kaſten aus edelm Metall, deſſen Boden den Unterteil des Steines bedeckt (Kaſtenfaſſung), oder à jour, wobei der Stein von einer kleinen Krone von metalliſchen Krallen oder Krappeln frei gehalten wird. Die à jour-Faſſung wird hauptſächlich bei fehlerloſen durchſichtigen Steinen, insbeſondere aber bei ſolchen mit Brillantſchliff angewendet. Bei Kaſtenfaſſung kann man den Steinen Unterlagen, Folien (ſ. d.), geben, wodurch einesteils der Glanz und die Farbe erhöht, andernteils vorhandene Fehler verdeckt werden. Dieſe Arbeit nennt man Aufbringen. Die Folien beſtehen aus dünnen Blättchen von Metallegierungen, die man entweder mit ihrer natürlichen metalliſchen Farbe oder in künſtlich gefärbtem Zuſtande verwendet, indem man ſie vorher mit verſchiedenen durchſichtigen, in Weingeiſtfirnis oder aufgelöſter Hauſenblaſe angemachten Farben beſtreicht. Die weißen Folien beſtehen aus Silber, Kupfer oder Zinn. Bei Verwendung der Zinnfolie pflegt man dieſelbe gewöhnlich mit Queckſilber zu amalgamieren. Zum Färben werden für lichtere Farben Folien aus plattiertem oder verſilbertem Kupfer verwendet, für dunklere Farben Kupfer- und Meſſingfolien; dieſe eignen ſich beſonders zum Auftragen der roten Farbe. Weiße Folien werfen das Licht wie ein Spiegel durch den darüberliegenden durchſichtigen Stein zurück, gefärbte dienen zur Verſtärkung oder Abſtimmung der Farben. Folien werden beſonders bei der Herſtellung von Roſetten verwendet. Außer Folien werden noch andre Hilfsmittel zur Erhöhung des Feuers und Erzielung lebhafterer Farben der Steine in Anwendung gebracht, wie z. B. für Rubine und Granaten Drachenblut, für Saphire Smalte u. ſ. w., die an der Unterſeite der Steine aufgeſtrichen werden. Eine andre Art der Aufbringung beſteht darin, daß man den Edelſtein mit einem andern kleineren Edelſtein derſelben Art und Schnittform unterlegt. Dieſe Art der Aufbringung iſt die vollkommenſte, indem ſie die Farbe und das Feuer des Edelſteins am meiſten erhöht. Die geſchickte Faſſung eines Edelſteins kann ſeinen Wert bis um das Mehrfache erhöhen.

Die **Filigranarbeit** hat namentlich in Schwäbiſch-Gmünd, Venedig und Südtirol ihre Heimſtätte. Man verſteht darunter jene zarten und ſehr ſchönen, aus verſchiedenartig gebogenem Drahte verfertigten durchbrochenen Verzierungen, Blumen, Phantaſieſtücke, wobei kleine Kügelchen und Blättchen desſelben Metalls mit verwendet werden. Der feine Gold- oder Silberdraht wird nur ſelten in einer runden Geſtalt angewendet, ſondern meiſtens kordiert und nachher geplättet, wodurch er feingezackte Ränder und glatte Seitenflächen erhält; öfters werden auch zwei oder mehrere feine Drähte ſchnurförmig zuſammengedreht. Große Sorgfalt iſt hierbei auf das Zuſammenlöten der äußerſt feinen Drähte zu verwenden. Das Lot wird in ſehr ſchmale Schnitzel zerteilt, meiſtens aber in Form von ſehr feinen Feilſpänen angewendet; vgl. a. Filigran.

Als **Bezugsquellen für Edelmetall** ſind zu nennen: die Kgl. Münzämter, die Reichsbank; für Goldlegierungen (ſ. d.): Allgemeine Gold- und Silberſcheideanſtalt in Pforzheim, Deutſche Gold- und Silberſcheideanſtalt vorm. Rößler in Frankfurt a. M.; Zubehörteile aller Art (Chatons, Galerien, Briſſuren, Preſſungen, Kugeln u. ſ. w.): Chr. Haulick, Ferd. Wagner in Pforzheim, Karl Winkler in Hanau; Steine aller Art: O. Buhtz in Berlin C. 19, Neue Grünſtr. 22, W. Viktor in Berlin C., Neue Grünſtr. 25a, Hermann Neubauer in Leipzig, Ritterſtr. 50; Halbedelſteine: Johann Callmann in Obertiefenbach bei Idar, J. Ullrich in Reichenberg (Böhmen); Diamanten: Engler & Demuth in Pforzheim, Heinemann & Fink in Antwerpen; Werkzeuge: Karl Bauer in München, Gebr. Ott in Hanau, Leonhard Schmitz in Solingen, Hagenmeyer & Kirchner in Berlin; Emaillen: letztere Firma, Deutſche Gold- und Silberſcheideanſtalt vorm. Rößler in Frankfurt a. M.

Literatur: [1] Cellini, Abhandlungen über die Goldſchmiedekunſt (deutſch von Brinkmann), Leipzig 1867. — [2] Labarté, Histoire des arts industriels au moyen-âge et à l'époque de la renaissance, 3 Bde., Paris 1872—75. — [3] Caſtellani, Dell'oreficeria italiana, Rom 1872. — [4] Kulmer, Handbuch des Gold- und Silberarbeiters, Weimar 1887. — [5] Luthmer, Goldſchmuck der Renaiſſance, Berlin 1880. — [6] Derſ., Handbuch der Edelſchmiedekunſt, Leipzig 1888. — [7] Rentzſch, O., Das Geſamtgebiet der Vergolderei, Leipzig 1890. — [8] Wagner, Gold, Silber und Edelſteine, Wien. — [9] Weſtermann, Das Wiſſen des Goldſchmieds, Pforzheim. — [10] Pritzlaff, Der Goldſchmied, Weimar. — [11] Fleuter, Gold- und Silberſchmiedekunſt, Leipzig. — [12] Petz, Handbuch für Gold- und Silberarbeiter, Leipzig. — [13] Heſner-Alteneck, Deutſche Goldſchmiedewerke des 16. Jahrhunderts, Frankfurt 1890. — [14] Derſ., Das Email, Leipzig 1892. — Zeitſchriften: Kunſtgewerbeblatt für das Gold-, Silber- und Edelmetallgewerbe, Leipzig; Zentralanzeiger für Goldſchmiedekunſt und Bijouteriewarenfabrikation, Leipzig; Deutſche Goldſchmiedezeitung, Leipzig; Die Edelmetallinduſtrie, Wien; Kosmos, Nürnberg. *Dalchow.*

Goldbarren, Handelsname für Gold in Barren.

Goldbronzen, ſ. Bronzefarben.

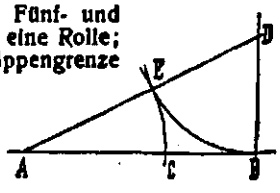
Goldbronze, unechte, ſ. Zinnſulfid.

Goldchlorid (Chlorgold) $AuCl_3$, ein bei der Chloration (ſ. Gold) und beim Löſen von Gold in Königswaſſer entſtehendes, in Waſſer leicht lösliches Salz, das beim Konzentrieren der wäſſerigen Löſung als orangegelbe, mit $2H_2O$ kriſtalliſierende Maſſe erhalten wird; es iſt ſehr leicht zerſetzbar, wird in der Photographie als ein Beſtandteil der Tonbäder gebraucht. *Bujard.*

Golddruck, ſ. Bronzedruck, Farbendruck, Goldpreſſung.

Goldener Schnitt, die Teilung einer Strecke $AB = a$ durch den Punkt C derart, daß die größere Teilſtrecke mittlere Proportionale zwiſchen der kleineren und der ganzen Strecke iſt, d. h. $AB : AC = AC : BC$. Die ſo geteilte Strecke heißt ſtetig geteilt. Es iſt auch $AB + AC : AB = AB : AC$; $AC : BC = BC : AC - BC$.

Konſtruktionen des Goldenen Schnitts (vgl. die Figur): Ziehe $BD = \frac{a}{2} \perp AB$; mache auf AD die Strecke $DE = \frac{a}{2}$ und ferner $AC = AE = x$. Es iſt $x^2 + ax - a^2 = 0$, alſo $x = \frac{1}{2}(\sqrt{5} - 1)\,a$.



Der Goldene Schnitt dient zur Konſtruktion des regulären Zehn-, Fünf- und Fünfzehnecks; ferner ſpielt er in der Aeſthetik und im Kunſtgewerbe eine Rolle; auch wird der menſchliche Körper der Länge nach durch die Rippengrenze ſtetig geteilt.

Literatur: [1] Zeiſing, Der Goldene Schnitt, Leipzig 1884. — [2] Wittſtein, Der Goldene Schnitt und die Anwendungen desſelben in der Kunſt, Hannover 1874. — [3] Pfeifer, Der Goldene Schnitt, Augsburg 1885. — [4] Matthias, J., Die Regel vom Goldenen Schnitt im Kunſtgewerbe, Leipzig 1886. — [5] Göringer, A., Der Goldene Schnitt, München 1893. — [6] Kalbe, O., Der Goldene Schnitt, Hannover 1890. — [7] Kübler, J., Die Proportion des Goldenen Schnittes als das Ziel der ſtetigen Entwicklung und die daraus hervorgehende Fünfgeſtalt mit ihrer durchgehenden Fünfgliederung, Leipzig 1903. *Wolffing.*

Goldfarben, Löſungen (Beizen), in die Goldgegenſtände eingetaucht werden, um einen gewünſchten Farbenton hervorzurufen.

Gold, faules (Palladgold), Gold mit 10% Palladium und 4% Silber.

Goldfirniſſe, ſ. Goldlacke.

Goldgelb, Bezeichnung für der natürlichen Goldfarbe ähnliche Farbentöne; meiſt iſt damit Chromgelb gemeint. Goldgelb iſt auch ein Teerfarbſtoff, wahrſcheinlich im weſentlichen aus Binitrokreſol beſtehend. *Andés.*

Goldglätte, rote, pulverförmige Bleiglätte (ſ. Bleioxyd).

Gold, grünes, rotes, weißes u. ſ. w., ſ. Goldlegierungen.

Goldgrundöl, ſ. Vergolderfirnis.

Goldkrätze, ſ. Gekrätz.

Goldlacke (Goldfirniſſe), ſpirituöſe, durch vegetabiliſche oder Teerfarbſtoffe in verſchiedenen Abſtufungen gelb gefärbte, ſchnell und hart trocknende Lacke, die dazu dienen, gelbe und weiße Metalle oder Metallegierungen mit einem goldartigen Ueberzug zu verſehen, der den mechaniſchen Einwirkungen, wie dem Anfaſſen mit den Händen, genügenden Widerſtand entgegenſetzt, ſich auch, wie bei den ſogenannten Waſchgoldleiſten, mittels Waſſers reinigen läßt.

Sie werden aus Schellack (meiſt gebleichtem), Sandarak, Maſtix, venezianiſchem Terpentin und hochprozentigem Alkohol hergeſtellt, mit Safran, Curcuma, Ocker, Gummigutt, Drachenblut oder gelben Teerfarbſtoffen gefärbt und bedingen bei ihrer Anwendung eine blankpolierte, fettfreie Metallfläche ſowie Anwendung eines mäßigen Wärmegrades, um raſch und gleichmäßig zu trocknen. Auch eine gewiſſe Geſchicklichkeit beim Auftragen iſt notwendig, um Flecke zu vermeiden. *Andés.*

Goldlahn, ſ. v. w. geplätteter Golddraht.

Goldlegierungen. Gold legiert ſich mit faſt allen Metallen, beſonders leicht aber mit Silber, Queckſilber, Blei und Kupfer. Abgeſehen von ſolchen Legierungen, die ſich als Zwiſchenprodukte während der Goldgewinnung bilden, ſtellt man alle Legierungen durch Zuſammenſchmelzen der betreffenden Metalle her, und zwar einmal, um die Feſtigkeit des weichen Goldes zu erhöhen, dann aber auch, um verſchiedene Farbentöne hervorzurufen. Den Goldgehalt der Legierungen (ſ. a. Feingehalt) gibt man nach Karaten oder nach Tauſendteilen an. 1 Karat (12 Grän) = $^1/_{24}$ = $41^2/_3$ Tauſendteile Feingold.

Nachſtehende Tabelle enthält Angaben über die Zuſammenſetzung einiger Legierungen:

	Gold	Silber	Kupfer	Eiſen	Kadmium
Gold, blaues	1—3			1	
„ graues	30	3		2	
„ grünes	75	16,6			8,4
„ rotes	10	1	4		
„ weißes	1	2			

	Gold	Silber	Kupfer
Goldmünzen:			
Kronen, deutſche	900		100
Dukaten	982—989		18—11
Piſtolen	895		105
Federgold	16	2,6	5,3
Joujou	250		750
Nürnberger Gold	5,5	5,5	89
Shakdo	1—10		99—90

Buſard.

Goldleiſten (Goldrahmen), Leiſten aus trockenem, aſtfreiem vergoldeten Holz, meiſt profiliert, in beſtimmten Längen maſchinell hergeſtellt.

Nachdem das Holz durch Hobeln oder auf Fräsmaſchinen das gewünſchte Profil erhalten hat, wird es von dem Grundierer zunächſt auf der profilierten Seite mit einer heißen Leimlöſung getränkt; ſodann wird ein dünnſchlüpfriges Gemiſch aus Leim und Schlemmkreide (Grund) wiederholt unter Anwendung eines Profileiſens aufgeſtrichen. Bei der zweiten und dritten Wiederholung werden dickere Schichten aufgetragen, doch ſtets erſt nachdem die vorhergegangene getrocknet iſt. Sollen Stellen glänzend vergoldet werden, ſo iſt noch eine vierte Schicht Grund notwendig. Nach dem vollſtändigen Trocknen ſtellt man die Schärfen des Profils wieder her, indem man die Leiſte durch ein Zieheiſen von ovaler oder rechteckiger Geſtalt zieht. Sodann ſchleift man die Leiſte mit naſſem Bimsſtein, reibt ſie nach abermaligem Austrocknen mit Sandpapier ab und überzieht den Grund mehrmals mit dem Polierſtoff; letzterer beſteht aus 8 Teilen rotem Bolus, 1 Teil Blutſtein und 1 Teil Reißblei, die einzeln mit Waſſer feingerieben, dann unter Beimengung von etwas Baumöl wieder zerrieben und mit klarer Pergamentleimlöſung vermiſcht werden. Nach abermaligem Trocknen der Leiſte wird auf einem Lederkiſſen (Vergolderkiſſen) ein Blatt geſchlagenen Goldes durch Blaſen ausgebreitet, mit einem Meſſer in paſſende Teile zerſchnitten, mit dem „Anſchießer" vom Kiſſen abgenommen und auf die Leiſte aufgetragen, nachdem die zu belegende Stelle vorher mit 20—25gradigem Alkohol mittels eines Pinſels befeuchtet worden iſt. Iſt der Alkohol getrocknet, ſo wird die vergoldete Fläche durch Reiben mit einem Achatſtein poliert. Matte Stellen erzeugt man durch Abſchleifen des Polierſtoffes mit Sandpapier, überzieht ſodann die abgeſchliffenen Stellen mit einer Schellacklöſung, hierauf mit Anlegeöl. Auf dieſen noch ſchwach klebrigen Grund wird das Gold aufgetragen und der Ueberſchuß mit einem weichen Pinſel entfernt. Die aus ſo hergerichteten Leiſten zuſammengeſetzten Rahmen heißen Echtgoldrahmen.

Wird Blattſilber zur Herſtellung der Rahmen in der beſchriebenen Weiſe verwendet, ſo heißen ſie Waſchgoldrahmen. Dieſe erhalten an den Glanzſtellen Ueberzüge einer Löſung von Schellack in Spiritus, mit Sandel und Curcuma gefärbt. Dadurch erhält das Silber ein goldähnliches Ausſehen. Zum Färben der matten Stellen ſetzt man einer Schellacklöſung Kreide, Karmin und Gummigutt zu. Dieſe Löſung kann fertig bezogen werden (ſ. Goldlack). Zu Barockarbeiten werden Verzierungen aus einer Miſchung von Leim, Kreide und Terpentin, heute meiſt aus Papiermaché beſonders geformt, gepreßt und auf den glatten Seiten durch Leim und Nägel befeſtigt.

Durch Auflegen von Gaze und Spitzengrund auf die zu vergoldenden Flächen wird bei Wechſel von glänzenden und matten Stellen eine ſchöne Wirkung erzielt. Zur Mattvergoldung mittels Bronzefarben benutzt man den ſogenannten „Schliff", bleichgelb. Das Material wird mit Spiritus ausgewaſchen und mit einer dünnen Leimlöſung ſtreichfertig gemacht. Zur Hervorbringung feiner Linien wird der „Schliff" in friſchem Sikkativ gerührt.

Literatur: [1] Rentzſch, O., Das Geſamtgebiet der Vergolderei, Wien 1895. — [2] Lugart, F., Die Anfertigung der Glanz- und Mattvergoldung, 2. Aufl., Leipzig 1896. — [3] Andés, L. E., Die techniſchen Vollendungsarbeiten der Holzinduſtrie, 3. Aufl., Wien 1896. *Dalchow.*

Goldlot, ſ. Löten.

Gold, moſaiſches, ſ. Zinnſulfid.

Goldmühle, ſ. Aufbereitung, chemiſche, Bd. 1, S. 349.

Goldmünzen, ſ. Goldlegierungen.

Goldöl, ſ. v. w. Vergolderfirnis (ſ. d.).

Goldoxyde. Gold bildet folgende, techniſch wenig wichtige, leicht zerſetzbare Sauerſtoffverbindungen: Goldoxydul Au_2O, Goldoxyd Au_2O_3 und Goldhydrooxyd oder Goldſäure $Au(OH)_3$. *Bujard.*

Goldperlen, kleine runde, prismatiſche oder ovale Metallperlen, die zu weiblichen Handarbeiten und unechten Schmuckketten verwendet werden.

Hohle Perlen aus Meſſing-, Tombak-, Talmi- und Kupferblech werden hergeſtellt, indem man einen hohlen Stab derart preßt, daß er eine Anzahl zuſammenhängender Perlenhälften darſtellt. Zwei ſolcher Stäbe werden mit ihren offenen Seiten ſo aneinander gelötet, daß ein einzelner Stab zuſammenhängender Perlen entſteht, die einzeln mittels feiner Sägen abgeſchnitten, in mit Lederſtückchen vermiſchten Sägeſpänen poliert und nötigenfalls vergoldet werden. Vor dem Vergolden werden ſie ſauber gereinigt und entfettet. Maſſive Perlen werden durch Walzen von Draht in die Form einer Reihe zuſammenhängender Kügelchen hergeſtellt, die auf der Spindel- oder Schlagpreſſe abgegratet und gelocht werden. Auf dieſelbe Weiſe werden Silberperlen, Stahlperlen u. ſ. w. hergeſtellt. *Dalchow.*

Goldpreſſung. Eine gravierte oder geätzte Metallplatte, die Verzierung oder Schrift im Negativ enthält, wird mit größerer oder geringerer Gewalt im erhitzten Zuſtande gegen den zu preſſenden Gegenſtand gedrückt, nachdem derſelbe mittels eines Vergoldemittels präpariert und mit Blattgold belegt wurde. Dabei entſteht ein flacherer oder tieferer Abdruck der Platte, und es löſt ſich oder gerinnt das Vergoldemittel unter der Einwirkung der Hitze, wodurch das Blattgold an den betreffenden Stellen haftet.

In der Buchbinderei gelangt faſt ausſchließlich echtes Blattgold zur Verwendung; für billige Maſſenartikel verwandter Branchen wird auch Kompoſitionsgold, Aluminium und Silber

verarbeitet. Die Vergoldemittel werden teils trocken in Form von feinſtzerriebenem Puder, teils feucht auf den Gegenſtand gebracht. Das wichtigſte dieſer Mittel iſt das Albumin. Dasſelbe gelangt als friſches mit Eſſigwaſſer verdünntes Hühnereiweiß oder als Blutalbumin in Pulverform zur Verwendung. Außerdem beſtehen die Vergoldepuder zumeiſt aus Harzen wie Kopal, Sandarak, Schellack in verſchiedenen Miſchungen. Für die dickeren Blattmetallſorten wird häufig eine dünne Löſung von Gelatine, Gummi oder Fiſchleim aufgetragen. Man unterſcheidet zwei Arten von Goldpreſſung: Handvergoldung und Preßvergoldung.

Bei der Handvergoldung ſind die betreffenden Gravüren mit Angel und Heft verſehen; ſie werden auf einer Heizvorrichtung (Fig. 1) erwärmt und durch kräftigen Druck der Hand, eventuell durch Anſtemmen der Schulter gegen das Holzheft abgedruckt. Schriftzeilen werden dabei in eine Schraubvorrichtung, den Schriftkaſten (Fig. 2), eingeſetzt und mit dieſer erwärmt. Kleinere Ziermotive, aus deren wiederholtem Abdruck die verſchiedenartigſten Muſter entſtehen, heißen Stempel; Linien, Bänder, Bordüren zur Rückenvergoldung werden mit der Filete gedruckt, einem halbmondförmigen Metallſtück mit Heft, an deſſen ſchmaler Kante ein ca. 10 cm langes Stück der Zeichnung aufgraviert iſt. Zum Druck von Ornamenten bedient man ſich der Rolle, einer Metallſcheibe von 1½—8 cm Durchmeſſer, deren Achſe in einer ebenfalls mit Holzheft verſehenen Gabel läuft und deren Peripherie das Deſſin endlos wiedergibt. Außerdem ſind zum Druck von Kurven und Kreisbogen noch Bogen nötig, die in verſchiedenen Krümmungs- und Dickenverhältniſſen ſatzweiſe geordnet vorhanden ſein müſſen. Die Handvergoldung erfordert ein geübtes Auge, um Stellung und Richtung des Werkzeugabdrucks zu normieren, dauernde Aufmerkſamkeit, um den richtigen Hitzegrad zu beobachten, und eine ſichere Hand, um den Druck in gleichmäßiger Stärke und ohne Verletzung des überaus feinen Goldblättchens zu vollziehen, ſo daß derſelbe rein, blank und allſeitig tief eingepreßt erſcheint.

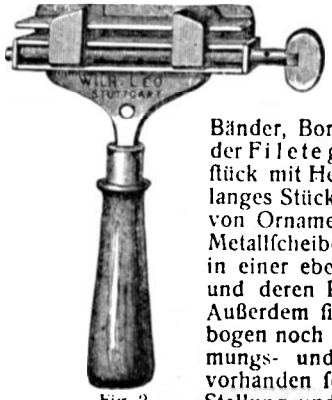


Fig. 2.

Fig. 1.

Bei der Preßvergoldung gelangen 7 mm ſtarke Platten aus Rotguß zur Verwendung, die teils mit Maſchinen, teils von Hand graviert ſind, oder aus Zink mit hochgeätzter Zeichnung. Sie ſind entweder für Flach- oder Reliefdruck eingerichtet; im letzteren Falle erfolgt der Druck mit Unterlage einer genau paſſenden Gegenmatrize. Neben den für ganz beſtimmte Verzierungen gearbeiteten größeren Platten werden von den Gravieranſtalten auf Gehrung geſchnittene Linien- und Rahmenſätze ſowie Ornamentteile jeder Art, beſonders aber Lettern in obenangegebener Kegelhöhe geliefert, aus denen durch Aufkleben mittels Roggenmehlkleiſter auf feſten Schirenz die mannigfachſten Kombinationen und Schriftzeilen gebildet werden. Dieſe werden dann an der geheizten Anhängeplatte der Prägepreſſe (Fig. 3) angeklebt, der grundierte, mit Blattgold belegte Gegenſtand eingelegt und der Druck mit einemmal ausgeführt. Das Auflegen des Goldes geſchieht mittels Goldmeſſer oder Tampon; das überſchüſſige Gold wird nach dem Druck ſorgfältig abgefegt, wozu in großen Betrieben ſpezielle Apparate dienen, und behufs Abgabe an die Scheideanſtalten geſammelt.

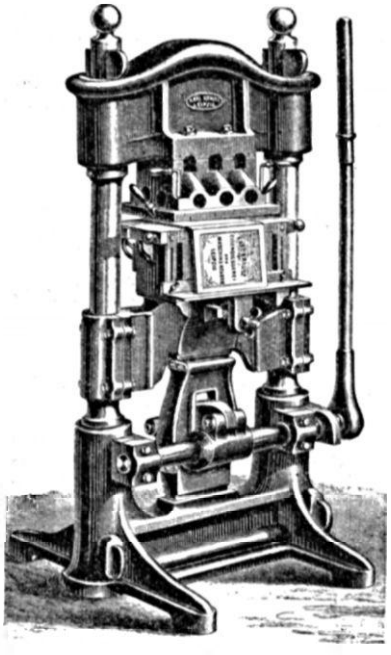


Fig. 3.

Außer in der Buchbinderei und den ihr verwandten Branchen findet die Goldpreſſung noch in der Tapeten- und Möbelfabrikation ſowie in der Luxuspapierbranche Verwendung.

Literatur: Adam, Die Kunſt des Blinddrucks, der Handvergoldung u. ſ. w., Leipzig 1892; Tonndorf, Die Arbeiten an der „Vergoldepreſſe, Stuttgart 1891. — Ueber die theoretiſch-äſthetiſchen Grundzüge der Dekoration verbreiten ſich: Adam, Lehr- und Handbuch der Buchbinderei u. ſ. w., Dresden 1885, ſowie die Vorlagewerke: Maul, Deutſche Bucheinbände der Neuzeit, Leipzig 1888; Feldegg, Wiener Kunſtbuchbinder- und Lederarbeiten, Wien 1890; Stockbauer, Abbildungen von Muſtereinbänden aus der Blütezeit der Buchbinderkunſt; Michel, L'ornementation des reliures modernes, Paris 1889; Zähnsdorf, The art of bookbinding, London 1891; Adam, Der neue Stil in der deutſchen Buchbinderei, Halle 1899; Bube, Anleit. z. Preßvergolderei, Leipzig 1902. *Saalfeld.*

Goldproben (Feinproben) nennt man die Unterſuchungsverfahren zur Ermittlung des Goldgehaltes von Erzen, Hüttenerzeugniſſen, Legierungen und Abfällen.

Anſiedeprobe: Einwiegen und Einſchmelzen (Anſieden) mehrerer Proben mit der 10—30fachen Menge Probierblei (fehr reines, gekörntes Weichblei), etwa derſelben Menge

Borax und Abtreiben (Kupellieren) der erſchmolzenen Bleikönige auf Kapellen, d. ſ. flache Schalen aus Knochenaſche. Vor dem Auffetzen der Könige ſind die Kapellen behufs Vermeidung des Spritzens durch Erhitzen von Feuchtigkeit zu befreien (Abätmen). Von armen Erzen werden die teilweiſe abgetriebenen Bleikönige mehrerer Proben vereinigt und dann weiter abgetrieben (Konzentrationsprobe). Sind von ſehr armen Erzen größere Einwagen erforderlich, ſo führt man die Probe ſtatt in Anſiedeſcherben in Tiegeln (Tuten) aus: Tiegelprobe. Die ebengenannten Proben eignen ſich vorwiegend für Erze und nichtmetalliſche Hüttenerzeugniſſe.

Für Legierungen hat man einen der folgenden Wege zu wählen: Nachdem durch eine Vorprobe der Goldgehalt annähernd ermittelt iſt, plattet man die Legierung aus, packt ſie in Form kleiner Blechſchnitzel mit der dreifachen Menge Silberblechſchnitzel (auf den Goldgehalt berechnet) in eine kleine Papierhülle (Skarnitzel) und tränkt dieſe in ein auf einer Kapelle eingeſchmolzenes Bleikorn ein, treibt nach vollendeter Löſung der Edelmetalle ab, plattet das erhaltene Goldſilberkorn aus und formt eine kleine Rolle (Röllchenprobe) daraus. Durch Erwärmen mit Salpeterſäure löſt man das Silber, während das Gold in der Form des Röllchens zurückbleibt, falls das Verhältnis von Gold zu Silber annähernd 1:3 betrug (Quartation, Scheidung durch die Quart). Iſt weniger Silber da, ſo wird dieſes nicht vollſtändig durch Salpeterſäure gelöſt; iſt mehr Silber da, ſo erhält man das Gold als braunes Pulver, als welches es übrigens auch beſtimmt werden kann (Staubprobe für goldhaltiges Silber).

Annähernd kann man den Goldgehalt von Legierungen auch durch die Strichprobe feſtſtellen. Auf dem Probierſtein macht man mit der zu unterſuchenden Legierung Striche und vergleicht dieſelben mit Strichen von Probiernadeln bekannten Goldgehaltes.

Oxydiſche oder gut abgeröſtete fulfidiſche Erze werden fein pulveriſiert, feucht bezw. in Waſſer eingeführt mit Chlor behandelt und ausgelaugt (Plattners Chloration). Gold geht als Goldchlorid in Löſung; es wird aus der Löſung mit Eiſenvitriol gefällt, filtriert, getrocknet, mit Blei verſchmolzen und kupelliert.

Literatur: [1] Kerl, Metallurgiſche Probierkunſt (ausführlich), Leipzig 1866. — [2] Derſ., Probierbuch (kurz), 2. Aufl., Leipzig 1894. — [3] Balling, Probierkunde, Braunſchweig 1879. — [4] Plattner-Richter, Probierkunſt mit dem Lötrohre, 5. Aufl., Leipzig 1878. *Beckert.*

Goldpurpur, vermutlich fein verteiltes, auf voluminöſen Stoffen, beſonders Zinnſäure (auch Magneſia und Tonerde) niedergeſchlagenes Gold. Meiſtens wird dieſer ſchon von Caſſius 1668 entdeckte Goldpurpur durch Fällung von Goldchlorid durch Zinnchlorür in ſehr verdünnter Löſung hergeſtellt; er wird beſonders in der Glas- und Porzellanmalerei und -färberei zur Herſtellung roſa- bis rubinroter Farbentöne benutzt. *Bujard.*

Goldrot, ſchwach geglühtes Eiſenoxyd; ſehr dicht, findet zum Polieren von Gold- und Silberwaren Verwendung.

Goldſand, Handelsname für Gold in Körnern; unter Goldſand verſteht man aber auch in der Feuerwerkerei (ſ. d.) zu ſandigem Pulver verwitterten Quarzglimmerſchiefer mit Magneſiagehalt, in welchem Quarz vorherrſcht. In der Mineralogie als Biotit (Katzengold) bekannt. *Bujard.*

Goldſchaum, unechtes Blattgold (ſ. Blattmetalle).

Goldſchawine, ſ. v. w. Goldkrätze, ſ. Gekrätz.

Goldſcheidewaſſer (Königswaſſer), Miſchung von Salpeter- und Salzſäure, in der Gold löslich iſt.

Goldſcheidung, ſ. Gold und Goldproben.

Goldſchlägerei, Goldſchlägerhaut, ſ. Blattmetalle; die dünnen, leichten Darmhäute (Goldſchlägerhaut) werden in der Luftſchiffahrt auch zur Herſtellung von Ballonhüllen verwendet. Sie zeichnen ſich bei mehrfacher Lagerung aufeinander durch große Gasdichtigkeit aus. *Meydebeck.*

Goldſchlägertombak, ſ. Blech.

Goldſchnitt, ſ. Buchbinderei, Bd. 2, S. 375.

Goldſchwamm, durch Oxalſäure reduziertes, ſchwammiges Gold; wird zum Plombieren der Zähne verwendet.

Goldſchwefel, ſ. Antimonſulfide.

Goldſeifen, oberflächliche goldhaltige Sand- und Geröllſchichten in den Anſchwemmungen der Flüſſe und Aufſchüttungen der Täler.

Goldſtaub, Handelsname für Gold in feinverteiltem Zuſtand.

Goldſulfid (Schwefelgold) Au_2S_3, läßt ſich als ſchwarzer Niederſchlag durch Fällung einer kalten Löſung von Goldchlorid erhalten; es wird zur Herſtellung von Glanzgold, zur Verzierung von Porzellan und Steingut benutzt.

Goldtinktur, ſ. Goldäther.

Goldwäſche, einfache Sieb- und Schlämmeinrichtungen, beim Verwaſchen des Materials der Goldſeifen auf Freigold benutzt (vgl. Herdarbeit).

Goldzunder, ſ. Vergolden.

Golfſtrom, die mächtigſte Meeresſtrömung im Nordatlantiſchen Ozean. Er ſtrömt als Fortſetzung der durch die Paſſate hervorgerufenen äquatorialen, von Oſt nach Weſt gerichteten Strömung aus dem mexikaniſchen und karaibiſchen Golf zunächſt längs der nordamerikaniſchen Küſte nordwärts und wendet ſich unter dem Einfluß der ſüdweſtlichen Winde in mittleren Breiten nach Nordoſt; in der Nähe des europäiſchen Kontinents wird der ſüdliche Teil der Strömung abgelenkt, wendet ſich nach Südoſt und gelangt ſo wieder in die äquatoriale Strömung, während der nördliche Teil längs den Küſten von Großbritannien und Norwegen weiter nach Norden vordringt. Der Wärme dieſer Strömung iſt das im Vergleich zur Oſtküſte Nordamerikas ungewöhnlich milde Klima des Nordweſtens Europas zuzuſchreiben. Die Temperatur des Golfſtromes im nordeuropäiſchen Meere iſt größeren Schwankungen von Jahr zu Jahr unterworfen, die nach Petterſon [1] mit ähnlichen Schwankungen der Lufttemperatur über Skandinavien in Verbindung zu ſtehen ſcheint; nach Meinardus [2] erſtreckt ſich der Einfluß der Abweichungen der Meerestemperatur weit nach Mitteleuropa hinein.

Literatur: [1] Petterſon, Ueber die Beziehungen zwiſchen hydrographiſchen und meteorologiſchen Phänomenen, Met. Zeitſchr. 1896, Bd. 3. — [2] Meinardus, Der Zuſammenhang des Winterklimas in Mittel- und Nordweſteuropa mit dem Golfſtrom, Zeitſchr. der Geſellſch. f. Erdkunde 1898, Bd. 33; Ueber einige meteorologiſche Beziehungen zwiſchen dem Nordatlantiſchen Ozean und Europa im Winterhalbjahr, Met. Zeitſchr. 1898. *Großmann.*

Goliathſchienen, beſonders großes Schienenprofil (ſ. Oberbau, Schienenherſtellung).

Gomme factise, Gommelin, Gommeline blanche, ſ. Dextrinfabrikation.

Gondel, Boot von ſchlankem Bau, plattbodig, ſehr leicht zu regieren, vorzugsweiſe in den Kanälen Venedigs verwendet. In der Luftſchiffahrt der zur Aufnahme von Perſonen beſtimmte Teil eines Luftballons, der urſprünglich aus Holz in Gondelform gefertigt wurde. Da die ſtarre Holzgondel beim Landen des Ballons vielfach Beſchädigungen ausgeſetzt war, wurde auf Veranlaſſung engliſcher Luftſchiffer ſtatt ihrer ein aus Weidenruten und ſpaniſchem Rohr geflochtener Korb eingeführt, auf welchen letzteren fälſchlicherweiſe der Name „Gondel“ häufig übertragen wird. *Moedebeck.*

Goniatitenſchichten (-kalk, -ſchiefer), in der Geologie die der unteren Stufe des oberen Devon angehörigen Schichten im rheiniſchen Schiefergebirge. Die Schichtenabteilung von etwa 300 m Mächtigkeit ſetzt ſich aus hellgrünlichgrauen und ſchwarzen Ton- oder Mergelſchiefern neben nieren- und linſenartig auftretenden grauen und roten Kalken (Kramenzelkalke) zuſammen. Die Kalkſteine werden in manchen Fällen ſo mächtig (10—15 m), daß ſie eine größere techniſche Bedeutung erlangen. An der Maas gehen ſie in einen roten Marmor über. Die Benutzung des Kalkes erhebt ſich kaum über eine örtliche Bedeutung. Wichtiger iſt die Vergeſellſchaftung des Goniatitenkalkes und des unterlagernden Stringocephalenkalkes im ſüdlichen Weſtfalen (Sauerland) mit Roteiſenerz, das an zahlreichen Stellen dem Abbau unterlag und noch teilweiſe unterliegt. *Leppla.*

Goniograph, von Pott [1] konſtruiertes Inſtrument zur mechaniſchen Auflöſung des Rückwärtseinſchneidens (ſ. d. und Einſchneidetransporteur). Das Prinzip dieſes als „doppelter Spiegelgoniograph“ bezeichneten Inſtrumentes iſt das folgende: Ein Mittellineal iſt mit zwei Nebenlinealen um einen gemeinſchaftlichen Drehpunkt drehbar, ſo daß die Linealkanten durch denſelben gehen. Das Mittellineal trägt einen zum Drehpunkt zentriſchen geteilten Kreis (Führungskreis für die beiden Nebenlineale) und in ſeiner Verlängerung über das Zentrum hinaus einen Anſatz, an welchem ein Fernrohr, deſſen Zielinie in die Inſtrumentmittellinie fällt, und in gleichem Abſtand daneben zwei um rechtwinklig zur Linealebene ſtehende Achſen drehbare Spiegel angebracht ſind. Dieſe ſtehen durch Führungsſtangen mit zwei an den Seitenlinealen befeſtigten Zapfen ſo in Verbindung, daß der Abſtand dieſer Zapfen und der Spiegeldrehachſen vom Zentrum des Kreiſes bezw. Linealdrehpunkt derſelbe iſt. Mit zwei auf dem Mittellineal zwiſchen Fernrohr und Drehpunkt ſtehenden feſten Spiegeln iſt damit ein auf dem Prinzip des Spiegelſextanten beruhendes Reflexionsinſtrument gewonnen, das unmittelbar den doppelten Spiegelwinkel, d. h. den zu meſſenden Winkel, angibt und durch die Linealkanten darſtellt. Das Inſtrument geſtattet damit die zum Rückwärtseinſchneiden erforderlichen drei Richtungen unmittelbar einzuſtellen und den Punkt graphiſch darzuſtellen. Weiteres [1] und [2].

Literatur: [1] Zeitſchr. für Vermeſſungsweſen 1878, S. 89. — [2] Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde 1887, S. 93. *Reinhertz.*

Goniometer, ſ. Reflexionsgoniometer.

Goniometrie, die Lehre von Beziehungen zwiſchen Winkeln (ohne daß dieſe einem Dreieck anzugehören brauchen); vgl. Trigonometrie.

Die goniometriſchen Funktionen (Kreisfunktionen): $\sin\varphi = \frac{y}{r}$; $\cos\varphi = \frac{x}{r}$; $\operatorname{tg}\varphi = \frac{y}{x}$; $\cot\varphi = \frac{x}{y}$; $\sec\varphi = \frac{r}{x}$; $\operatorname{cosec}\varphi = \frac{r}{y}$ vermitteln den Zuſammenhang zwiſchen dem Winkel φ und den Seiten x, y, r eines (beliebig großen) rechtwinkligen Dreiecks ABC, welchem derſelbe angehört. Der Winkel ſelbſt wird durch das Verhältnis der Bogenlänge MN zum Radius BM

gemeſſen und entweder in Graden angegeben (ein rechter Winkel $= 90^0$, ein flacher $= 180^0$, ein voller $= 360^0$) oder in analytiſchem Maß ($BM = 1$, alſo ein rechter Winkel $= \frac{\pi}{2}$, ein flacher $= \pi$, ein voller $= 2\pi$). — Jede goniometriſche Funktion kann durch eine beliebige andre ausgedrückt werden. Es iſt:

$$\sin\varphi = \sqrt{1-\cos^2\varphi} = \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi}} = \frac{1}{\sqrt{1+\cot^2\varphi}} = \frac{\sqrt{\sec^2\varphi-1}}{\sec\varphi} = \frac{1}{\operatorname{cosec}\varphi},$$

$$\cos\varphi = \sqrt{1-\sin^2\varphi} = \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi}} = \frac{\cot\varphi}{\sqrt{1+\cot^2\varphi}} = \frac{1}{\sec\varphi} = \frac{\sqrt{\operatorname{cosec}^2\varphi-1}}{\operatorname{cosec}\varphi},$$

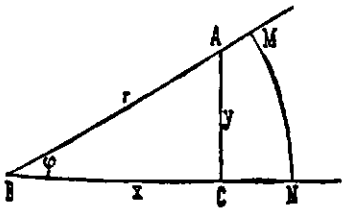
$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sin\varphi}{\sqrt{1-\sin^2\varphi}} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi}}{\cos\varphi} = \frac{1}{\cot\varphi} = \sqrt{\sec^2\varphi-1} = \frac{1}{\sqrt{\operatorname{cosec}^2\varphi-1}},$$

$$\cot\varphi = \frac{\sqrt{1-\sin^2\varphi}}{\sin\varphi} = \frac{\cos\varphi}{\sqrt{1-\cos^2\varphi}} = \frac{1}{\operatorname{tg}\varphi} = \frac{1}{\sqrt{\sec^2\varphi-1}} = \sqrt{\operatorname{cosec}^2\varphi-1},$$

$$\sec\varphi = \frac{1}{\sqrt{1-\sin^2\varphi}} = \frac{1}{\cos\varphi} = \sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi} = \frac{\sqrt{1+\cot^2\varphi}}{\cot\varphi} = \frac{\operatorname{cosec}\varphi}{\sqrt{\operatorname{cosec}^2\varphi-1}},$$

$$\operatorname{cosec}\varphi = \frac{1}{\sin\varphi} = \frac{1}{\sqrt{1-\cos^2\varphi}} = \frac{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi}}{\operatorname{tg}\varphi} = \sqrt{1+\cot^2\varphi} = \frac{\sec\varphi}{\sqrt{\sec^2\varphi-1}}.$$

Die Werte von Sinus und Coſinus liegen zwiſchen -1 und $+1$; Tangens und Cotangens nehmen jeden beliebigen Wert an; die Werte von Secans und Cofecans liegen teils zwiſchen $-\infty$ und -1, teils zwiſchen $+1$ und $+\infty$.



Spezialwerte der goniometriſchen Funktionen:

Winkel	0^0	30^0	45^0	60^0	90^0
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	1
cos	1	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0
tg	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞
cot	∞	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	0
sec	1	$\frac{2}{3}\sqrt{3}$	$\sqrt{2}$	2	∞
cosec	∞	2	$\sqrt{2}$	$\frac{2}{3}\sqrt{3}$	1

Sinus, Tangens, Cotangens, Cofecans ſind ungerade, Coſinus und Secans gerade Funktionen.

Vorzeichen der goniometriſchen Funktionen in den verſchiedenen Quadranten:

Quadrant	sin, cosec	cos, sec	tg, cot
I	+	+	+
II	+	−	−
III	−	−	+
IV	−	+	−

Im zweiten Quadranten iſt $\sin(90^0+\varphi) = \cos\varphi$; $\cos(90^0+\varphi) = -\sin\varphi$; $\operatorname{tg}(90^0+\varphi) = -\cot\varphi$; $\cot(90^0+\varphi) = -\operatorname{tg}\varphi$; $\sec(90^0+\varphi) = -\operatorname{cosec}\varphi$; $\operatorname{cosec}(90^0+\varphi) = \sec\varphi$. Im dritten Quadranten iſt $\sin(180^0+\varphi) = -\sin\varphi$; $\cos(180^0+\varphi) = -\cos\varphi$; $\operatorname{tg}(180^0+\varphi) = \operatorname{tg}\varphi$; $\cot(180^0+\varphi) = \cot\varphi$; $\sec(180^0+\varphi) = -\sec\varphi$; $\operatorname{cosec}(180^0+\varphi) = -\operatorname{cosec}\varphi$. Im vierten Quadranten iſt $\sin(270^0+\varphi) = -\cos\varphi$; $\cos(270^0+\varphi) = \sin\varphi$; $\operatorname{tg}(270^0+\varphi) = -\cot\varphi$; $\cot(270^0+\varphi) = -\operatorname{tg}\varphi$; $\sec(270^0+\varphi) = \operatorname{cosec}\varphi$; $\operatorname{cosec}(270^0+\varphi) = -\sec\varphi$.

Goniometriſche Grundformeln:

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta;\quad \cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta.$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha \pm \operatorname{tg}\beta}{1 \mp \operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta};\quad \cot(\alpha \pm \beta) = \frac{\cot\alpha\cot\beta \mp 1}{\pm\cot\alpha + \cot\beta}.$$

$$\sin(45^0+\varphi) = \cos(45^0-\varphi) = \frac{\cos\varphi+\sin\varphi}{\sqrt{2}};\quad \cos(45^0+\varphi) = \sin(45^0-\varphi) = \frac{\cos\varphi-\sin\varphi}{\sqrt{2}}.$$

$$\operatorname{tg}(45^0+\varphi) = \cot(45^0-\varphi) = \frac{1+\operatorname{tg}\varphi}{1-\operatorname{tg}\varphi};\quad \cot(45^0+\varphi) = \operatorname{tg}(45^0-\varphi) = \frac{1-\operatorname{tg}\varphi}{1+\operatorname{tg}\varphi}.$$

$$\sin\varphi + \sin\psi = 2\sin\frac{\varphi+\psi}{2}\cos\frac{\varphi-\psi}{2};\quad \sin\varphi - \sin\psi = 2\cos\frac{\varphi+\psi}{2}\sin\frac{\varphi-\psi}{2}.$$

$$\cos\varphi + \cos\psi = 2\cos\frac{\varphi+\psi}{2}\cos\frac{\varphi-\psi}{2};\quad \cos\varphi - \cos\psi = -2\sin\frac{\varphi+\psi}{2}\sin\frac{\varphi-\psi}{2}.$$

$$\operatorname{tg}\varphi \pm \operatorname{tg}\psi = \frac{\sin(\varphi \pm \psi)}{\cos\varphi\cos\psi};\quad \cot\varphi \pm \cot\psi = \pm\frac{\sin(\varphi \pm \psi)}{\sin\varphi\sin\psi}.$$

$$\operatorname{tg}\varphi \pm \cot\psi = \pm\frac{\cos(\varphi \mp \psi)}{\cos\varphi\sin\psi}.$$

$$\sin 2\varphi = 2\sin\varphi\cos\varphi;\quad \cos 2\varphi = \cos^2\varphi - \sin^2\varphi = 2\cos^2\varphi - 1 = 1 - 2\sin^2\varphi;\quad \operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2\operatorname{tg}\varphi}{1-\operatorname{tg}^2\varphi}.$$

$$\sin\frac{\varphi}{2} = \pm\sqrt{\frac{1-\cos\varphi}{2}};\quad \cos\frac{\varphi}{2} = \pm\sqrt{\frac{1-\cos\varphi}{2}};\quad \operatorname{tg}\frac{\varphi}{2} = \pm\sqrt{\frac{1-\cos\varphi}{1+\cos\varphi}} = \frac{1-\cos\varphi}{\sin\varphi} = \frac{\sin\varphi}{1+\cos\varphi}.$$

$$\cot\varphi + \operatorname{tg}\varphi = 2\operatorname{cosec} 2\varphi;\quad \cot\varphi - \operatorname{tg}\varphi = 2\cot 2\varphi.$$

$$\frac{\sin\varphi+\sin\psi}{\sin\varphi-\sin\psi}=\frac{\operatorname{tg}\frac{\varphi+\psi}{2}}{\operatorname{tg}\frac{\varphi-\psi}{2}};\quad \frac{\cos\varphi+\cos\psi}{\cos\varphi-\cos\psi}=\frac{-1}{\operatorname{tg}\frac{\varphi+\psi}{2}\operatorname{tg}\frac{\varphi-\psi}{2}}.$$

Berechnung der goniometrifchen Funktionen (in analytifchem Maß) mittels der Reihen

$$\sin x=\frac{x}{1}-\frac{x^3}{1\cdot2\cdot3}+\frac{x^5}{1\cdot2\cdot3\cdot4\cdot5}-+\ldots;\quad \cos x=1-\frac{x^2}{1\cdot2}+\frac{x^4}{1\cdot2\cdot3\cdot4}-+\ldots;$$

$$\operatorname{tg}x=\frac{1}{x}\left\{(2^2-1)\frac{(2x)^2}{1\cdot2}B_1+(2^4-1)\frac{(2x)^4}{1\cdot2\cdot3\cdot4}B_2+(2^6-1)\frac{(2x)^6}{1\cdot2\cdot3\cdot4\cdot5\cdot6}B_3+\ldots\right\};$$

$$\cot x=\frac{1}{x}\left\{1-\frac{(2x)^2}{1\cdot2}B_1+\frac{(2x)^4}{1\cdot2\cdot3\cdot4}B_2-+\ldots\right\};\quad \sec x=E_0+\frac{x^2}{1\cdot2}E_2+\frac{x^4}{1\cdot2\cdot3\cdot4}E_4+\ldots;$$

$$\operatorname{cosec}x=\frac{1}{x}\left\{1+(2^2-2)\frac{x^2}{1\cdot2}B_1+(2^4-2)\frac{x^4}{1\cdot2\cdot3\cdot4}B_2+(2^6-2)\frac{x^6}{1\cdot2\cdot3\cdot4\cdot5\cdot6}B_3+\ldots\right\}.$$

Hier find $B_1\,B_2\,B_3\ldots$ die Bernoullifchen, $E_0\,E_2\,E_4\ldots$ die Eulerfchen Zahlen. Ueber die Auflöfung goniometrifcher Gleichungen vgl. [1], Kap. 3. Beifpiel: $a\cos\varphi+b\sin\varphi=c$. Man beftimmt die Hilfsgrößen r und λ mittels $\operatorname{tg}\lambda=\frac{b}{a}$, $r=\frac{a}{\cos\lambda}=\frac{b}{\sin\lambda}$. Dann ift $\cos(\varphi-\lambda)=\frac{c}{r}$, womit φ gefunden ift.

Die Goniometrie findet vielfach Anwendung in der Algebra (Rechnen mit komplexen Zahlen, Löfung von Kreisteilungsgleichungen, Umformung algebraifcher Summen in Produkte zum Zweck der logarithmifchen Rechnung, Auflöfung von Gleichungen zweiten, dritten und vierten Grades) und in der Trigonometrie und Polygonometrie.

Literatur: [1] Hammer, E., Lehrbuch der ebenen und fphärifchen Trigonometrie, 2. Aufl., Stuttgart 1897. — [2] Kleyer, Lehrbuch der Goniometrie, Stuttgart 1886. — [3] Wernicke, Goniometrie, Braunfchweig 1888. *Wölffing.*

Gording, Taue, mit denen das Segel gegeit, aufgetucht wird.

Gofaufchichten, in der Geologie der oberen Kreideformation (Turon) in den Alpen (Gofau bei Hallftatt) angehörende, aus Mergeln, Sandfteinen, Konglomeraten und wenig mächtigen Kalkfteinen beftehende Schichten.

Sie beherbergen in den im füßen Waffer (Strandbildung) gebildeten Schichten in den öftlichen Nordalpen eine fehr gute Kohle, die fich mehr der Stein- als der Braunkohle nähert. Bei Grünbach (Niederöfterreich) ftehen von 21 Flözen mit 0,30—4,0 m Mächtigkeit die mächtigeren im Abbau und lieferten 1902 etwa 22630 t. Die kalkreichen Mergel werden in großem Maßftabe in der Umgebung von Wien zur Herftellung von Zement verbraucht. Einzelne Sandfteinlager find zu Wetz- und Sandfteinen verwendbar. *Leppla.*

Goslarer Schiefer, in der Geologie des Harzes jene die unterfte Stufe der oberen Devonformation bildenden graublauen, feften Tonfchiefer, die untergeordnete Einlagerungen von Kalkftein, Diabas in Deckenform und Grauwacken führen. Die Schiefer laffen felten die Schichtung erkennen, fpalten vielmehr nach der Schieferung und werden viel als Dachfchiefer benutzt. Wichtig ift die Stufe noch befonders als Führerin des Rammelsberger Erzlagers. *Leppla.*

Goffe, an Walzenftühlen der obere, den Zulauf des Mahlgutes bewirkende trichterförmige Teil.

Er ift ftets an feinem unteren Ende mit einer gerieften Walze (Speifewalze) verfehen, die das Mahlgut gleichmäßig aus der Goffe den Mahlwalzen zuführt. Bildet die Speifewalze den unteren Abfchluß des Trichters, fo ift die Goffe eine gewöhnliche; ift fie unten gefchloffen, und liegt die Speifewalze innerhalb, fo daß fie durch einen feitlichen Schlitz das Mahlgut herausbefördert, fo lautet die Bezeichnung „Kropfgoffe". Häufig, in neuerer Zeit faft ftets, liegt neben der Speifewalze noch eine zweite, fchneller laufende, die fogenannte Verteilungswalze. Diefe zieht das von der Speifewalze herausgeförderte Mahlgut zu einem dünnen Schleier auseinander, fo daß die von den Mahlwalzen zu leiftende Arbeit eine ganz gleichmäßige wird. Neuerdings wendet Wegmann in Zürich (D.R.P. Nr. 112758) zwei übereinander liegende Speifewalzen an, von denen die obere fich langfamer dreht als die untere und die zufammen den Abfchluß der Goffe bilden, derart, daß das Mahlgut zwifchen ihnen hindurchtritt. Die obere Walze ift nachgiebig gelagert und rückt beim Durchlauf eines größeren Gegenftandes (Nagel, Schraube u. dergl.) felbfttätig die Mahlwalzen aus. — Häufig forgen in der Goffe angebrachte, automatifch bewegte Rührer irgendwelcher Art dafür, daß kein Feftfetzen des Mahlgutes ftattfindet. Man verfieht die Goffe im Innern mit einer Klappe, die infolge eines außerhalb des Gehäufes fitzenden Gegengewichtes aufwärts ftrebt, durch das fie belaftende, in der Goffe und dem Zuführungsrohr enthaltene Mahlgut aber nach abwärts gedrückt wird. Sobald Mahlgutmangel im Trichter eintritt, fchlägt die Klappe aufwärts und bringt dadurch entweder nur eine Signalglocke zum Tönen oder bewirkt gleichzeitig die felbfttätige Entfernung der Mahlwalzen voneinander, fo daß fie bei Erfchöpfung des Mahlgutes nicht leer gegeneinander arbeiten, was der Riffiung fchädlich und unter Umftänden wegen möglicher Funkenbildung feuergefährlich ift (automatifche Goffe). Ferner befteht zwifchen der Stellvorrichtung der beweglich gelagerten Mahlwalze und dem Antrieb der Speifewalze der Zufammenhang, daß die Entfernung jener von ihrer Gegenwalze und das Stillfetzen diefer immer gleichzeitig gefchieht, fo daß der Mahlgutzulauf aufhört, fobald die Mahlwalzen auseinander gerückt werden. An der Goffe befindet fich

gewöhnlich ein Fenſter zur Beobachtung des Mahlgutzulaufes. Dieſer ſelbſt kann durch Verſtellung eines die Schlitzbreite beſtimmenden Schiebers geregelt werden; vgl. Walzenſtuhl. *Arndt.*

Goſſen, gepflaſterte Rinnen von 1—1,5 m Breite, wie ſie an Straßen angewendet werden, wo der Raum für Seitengräben fehlt (in Ortſchaften bei hochliegendem Fußwege [Fig. 1], in tiefen Einſchnitten mit ſeitlich begrenzenden Stützmauern [Fig. 2] und bei Straßen in gebirgigen Gegenden an der Bergſeite). Das Längsgefälle muß bei gewöhnlichem Pflaſter 1:100 bis 1:150, bei glattem Pflaſter und Klinkern 1:200 bis 1:500 betragen. Hat die Straße geringeres Längsgefälle, ſo läßt man die Sohle der Goſſe ſteigen und fallen, wobei an den tiefſten Punkten ſtets Abzugsröhren angeordnet werden. *L. v. Willmann.*

Fig. 2.

Fig. 1.

Gothaergelb, -grün, ſ. Chromfarben.

Gotiſch, ſ. Bauſtil, II, E, Bd. 1, S. 630.

Gotiſcher Bogen, ſ. Mauerbögen.

Gotiſcher Verband, in England flämiſcher, ſonſt auch polniſcher Verband genannt, beſteht aus gleichartigen Schichten, in denen Läufer (ſ. d.) und Binder (ſ. d.) in ein und derſelben Schicht wechſeln. Auch bei dieſem Verbande fallen wie beim engliſchen (ſ. d.) die gedeckten Stoßfugen der übereinander liegenden Schichten, allerdings immer nur auf eine Viertelſteinlänge, aber dafür in der ganzen Mauerhöhe aufeinander (Fig. 1 und 2). Die Verzahnung iſt, wie Fig. 1 und 2 zeigen, dieſelbe um $^1/_4$ Stein eingreifende wie bei dem Blockverband (ſ. d.), die Abtreppung eine gleichmäßige mit $^3/_4$ Stein breiten Stufen. Bei Mauerſtärken von ungerader Steinbreitenanzahl müſſen außerdem für die Binder $^3/_4$ Steine zur Anwendung kommen (Fig. 2). Es empfiehlt ſich dieſer Verband daher nicht für volle Backſteinmauern, dagegen wohl für Verblendung und für Hohlmauern (ſ. d.).

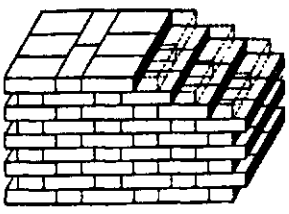


Fig. 2.

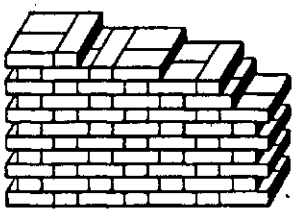


Fig. 1.

Literatur: S. u. Backſteinverband. *L. v. Willmann.*

Gotiſche Schrift, ſ. Schriftarten.

Gotiſierend, ſ. v. w. dem gotiſchen Stile nachgebildet.

Gouache, eine Malerei mit Deckfarben (ſ. d.).

Der Name ſtammt vom italieniſchen Worte: a guazzo, d. h. ſ. v. w. dickflüſſig. Die Gouachemalerei wendet ein harziges, in Waſſer ſich auflöſendes Bindemittel an und unterſcheidet ſich von der Leimfarbenmalerei weſentlich dadurch, daß die Auflöſung des Bindemittels auf kaltem Wege erfolgt. Ein Nachteil der Gouachemalerei iſt die geringe Haltbarkeit; ſie blättert mit der Zeit ab. Heute wird dieſelbe ſelten mehr angewendet. *Weinbrenner.*

Goudron, ſ. Aſphaltgoudron und Mineralöle.

Goudronné, ein kräftiges Packpapier, das der Hauptſache nach aus Schiffstauen und geteerten Netzen hergeſtellt iſt und vom Teer auch ſeinen Namen ableitet; ſ. Papierſorten. *Kraft.*

Goutte d'eau, ſ. Topas; Goutte de sang, ſ. Spinell.

Grabenanlagen zur Bewäſſerung, ſ. Bewäſſerungsſyſteme.

Grabenwehre, ſ. Feſtungsbau, Bd. 3, S. 743.

Grabkapelle, Bauten auf Friedhöfen, die meiſt eine zentrale Anlage annehmen; in Oeſterreich werden ſie Karner genannt.

Zuweilen werden in größeren Kirchen Kapellen ſtändig oder vorübergehend dazu verwendet, um in denſelben, namentlich zur öſterlichen Zeit, eine Darſtellung des heiligen Grabes zu geben. Ueber den Ueberreſten der Verſtorbenen findet man zuweilen kapellenartige Bauten aufgeführt, die dann als Grabkapellen im engeren Sinne aufzufaſſen ſind. *Weinbrenner.*

Grabkirche, Kirchen, die über den Ueberreſten eines Heiligen oder eines andern beſonders hervorragenden Mannes errichtet worden ſind.

Da ſie keine Gemeinde zu gottesdienſtlichen Zwecken zu vereinigen haben, iſt der Mittelpunkt aller Beziehungen der zumeiſt in der Mitte angebrachte Sarkophag, weshalb derartige Kirchen in der Regel eine zentrale Anlage haben. Beiſpiele: Heilige Grab-Kirche zu Jeruſalem, der Invalidendom in Paris u. ſ. w. *Weinbrenner.*

Grabmaſchinen, auch Erdbagger, Trockenbagger und Exkavatoren genannt, ſind durch Dampf- oder durch andre mit ihnen verbundene Motoren getriebene maſchinelle Vorrichtungen, welche die Bodenlöſung (ſ. d.) und die Bodenförderung (ſ. Bodenbeförderung, Bd. 2, S. 101) bewirken. Ihre Anwendung kommt namentlich dort in Frage, wo bedeutende Erdbewegungen vorzunehmen ſind, bei denen das Löſen von Hand nicht mehr genügt oder keine genügende Anzahl von Arbeitern beſchafft werden kann.

Bei Eiſenbahnbauten mit größeren Einſchnitten (ſ. d.) beſteht die Hauptaufgabe der Grabmaſchinen vielfach nur darin, durch Ausheben von Längsſchlitzen den Arbeitern möglichſt viele für die Förderung der Erdmaſſen bequem gelegene Angriffspunkte zu ſchaffen. Ihrer Konſtruktion nach können (vgl. [1], S. 506) bei den Grabmaſchinen unterſchieden werden: 1. ſolche, die dem Pfluge nachgebildet ſind; 2. ſolche, die in ihrer Anordnung und Wirkungsweiſe den Flußbaggern entſprechen und gewöhnlich Trockenbagger oder Exkavatoren genannt werden.

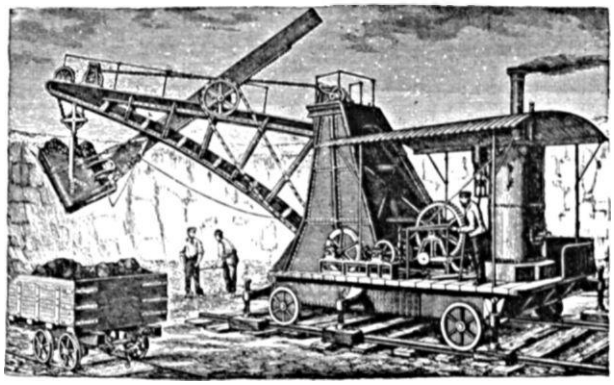


Fig. 1.

1. Der Pflug ſelbſt wurde ſchon verhältnismäßig früh zu Erdarbeiten benutzt [1], S. 506, namentlich zum Auswerfen von Gräben, vgl. [2]—[9]. Er geſtattete aber nur die Löſung der Erde. Erſt durch Verbindung geeigneter, zur Hebung des gelöſten Bodens dienender Einrichtungen mit dem Pfluge wurde eine Grabmaſchine geſchaffen. Zu nennen ſind die Maſchine von Laigel [10] und der ſogenannte „ſelbſtladende Karren“ von Palmer [11], bei welch letzterem die am Karren befeſtigten und durch Hebel und Knieſtücke einſtellbaren Pflugſcharen den beim Vorwärtsſchieben gelöſten Boden an die hohlen Radkränze abgeben, die, ähnlich den Waſſerrädern, in Zellen geteilt ſind, wodurch ſie das Material heben und durch ihre zur Seite geneigte Stellung in den Karren gleiten laſſen können. Aehnliche Vorrichtungen, die ebenfalls noch durch tieriſche Kraft oder durch Göpel (ſ. d.) bewegt wurden, ſind von Lepage [12], Palliſard [13] und Paul [14] zum Einſchneiden von Entwäſſerungsgräben ausgebildet und benutzt worden, während die neueren Grabmaſchinen dieſer Art in ihrer Wirkungsweiſe dem Fowlerſchen Dampfpflug nachgebildet wurden, indem man ſie von einem feſtſtehenden Motor aus mittels einer Seiltransmiſſion über das Arbeitsfeld bewegte. Als ſolche ſind zu nennen die Grabmaſchinen von Gonellaz [15], Clark [16], Buchanan [17] und Sang [18]. Bei der Maſchine von J. Clark in Kenſington (England) (D.R.P. Nr. 12120) wird das von vier Rädern getragene Wagengeſtell von zwei Dampfwinden mittels Drahtſeilen wechſelweiſe über den Arbeitsplatz hin und her gezogen, wobei jedesmal die an der vorderen Stirnſeite angebrachten Pflugſcharen den Erdboden löſen, während die auf der entgegengeſetzten Wagenſeite befindlichen Scharen über dem Boden durch eine beſondere Vorrichtung feſtgehalten werden. Bei der Umkehrung der Bewegung vertauſchen auch die beiden Scharengruppen die Rolle. Das von den Scharen gelöſte Erdreich ſchiebt ſich wie bei der Maſchine von Lepage [12] auf ein in der Längsrichtung des Wagens bewegtes endloſes Tuch und wird durch dieſes einem zweiten, quer zum Wagen angeordneten zugeführt. An das Ende dieſes letzteren etwas anſteigenden Tuches angelangt, ſtürzt das Erdreich entweder in einen unterſtellten Karren zur weiteren Beförderung, oder es fällt nieder, um an Ort und Stelle zur Dammbildung benutzt zu werden. Bezüglich andrer Vorſchläge vgl. [1], S. 540.

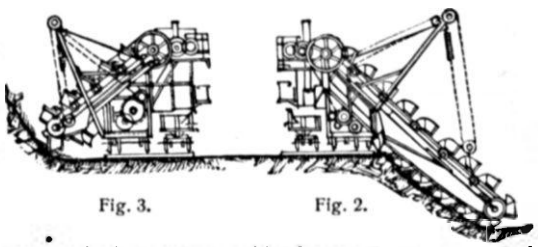


Fig. 3. Fig. 2.

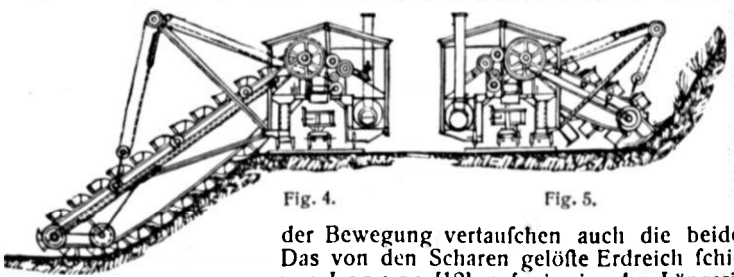


Fig. 4. Fig. 5.

2. Wichtiger und mehr zur Verwendung gelangt ſind die den Flußbaggern nachgebildeten Grabmaſchinen, bezüglich deren Einteilung und konſtruktiver Ausbildung auf den Art. Bagger und die dort angeführte Literatur zu verweiſen iſt. Was ihre Anwendung betrifft, ſo werden die „Greifer“ oder „Drehſchaufelgräber“ [19], S. 30, [20], [21], [22] (auch im Art. Bagger) im Erdbau hauptſächlich bei Herſtellung von Vertiefungen für Fundierungszwecke; die beſonders in Amerika gebräuchlichen „Stiel-“, „Löffel-“ oder „Schaufelgräber“ [19], S. 31, [23]—[28] in

engen Querſchnitten von bedeutender und wechſelnder Tiefe, alſo in hügeligem Gelände und bei ungleichartiger Bodenart, verwendet. Als Vorbild für dieſe Grabmaſchinen diente der von Ottis in Philadelphia in den dreißiger Jahren vorigen Jahrhunderts gebaute Stielgräber [1], S. 510. Einen ſolchen Schaufelgräber von Ruſton, Proctor & Cie. in Lincoln (England) zeigt Fig. 1 bei der Arbeit [1], S. 515. Die größtmögliche Anſchnitthöhe beträgt etwa 6 m, gewöhnlich jedoch wegen der Gefahr des Abſturzes nicht über 4,5 m. Die zuerſt in Frankreich durch Couvreux (1860) eingeführten „Eimerkettengräber" [1], S. 516, [19], S. 37, [29]—[35] dagegen verlangen gleichmäßiges Gefüge des Bodens und eignen ſich nur für ebenes Gelände, wo die Anlage der Fördergleiſe am Einſchnittrand oder auf der Einſchnittſohle keine Schwierigkeiten macht. In der Regel wird vom Einſchnittrande aus von oben nach unten gegraben (ſ. Fig. 2 und 4) [19], S. 39 und 40, wobei die den geförderten Boden aufnehmenden Wagen in langen Reihen entweder neben (Fig. 2) oder unter der Maſchine (Fig. 4) in einer Durchfahrt des Maſchinengerüſtes ſtehen. Die Grabmaſchine ſelbſt bewegt ſich auf ihren Schienen ſelbſttätig an oder über dem Wagenzuge hin, wobei die Wagen mit Hilfe der Schüttrinne vollgeſchüttet werden. Um zu verhindern, daß Erde zwiſchen die Wagen fällt, ſind an den Schüttrinnen Klappen angebracht, die es ermöglichen, den Abſturz der Erde plötzlich von einem zum andern Wagen überzuleiten. Wird die Arbeit in mehreren Fördergeſchoſſen ausgeführt, ſo bleibt jedesmal eine Bank ſtehen, die während des Angriffes des nächſten Geſchoſſes entweder von Hand oder durch die Maſchinen von unten nach oben wegzuarbeiten iſt. Zu letzterem Zweck ſind die neueren Eimerkettengräber von Vaſſet, Vering und Vollhering & Bernhardt (Lübecker Maſchinenbaugeſellſchaft) mit auswechſelbaren Eimerketten und Leitern ausgerüſtet, ſo daß dieſelben Maſchinen, wie Fig. 3 und 5 zeigen, auch gegen den Berg von unten nach oben arbeiten können. Eine fernere Neuerung der Lübecker Maſchinenbaugeſellſchaft beſteht darin, daß die Leiter ſelbſt nicht geradlinig und ſteif wie ſeither, ſondern aus mehreren durch Gelenke zuſammengehaltenen Stücken zuſammengeſetzt und an einem Gelenkfachwerk ſo aufgehängt wurde, daß man durch Einſetzen oder Wegnehmen einzelner Fachwerkſtäbe die Leiter knicken kann, wodurch ein mehr oder weniger langer Teil der Kette unten wagerecht läuft, während der obere Teil wie ſeither ſchräg anſteigt. Dadurch iſt es möglich, mittels des wagerechten Kettenteils in erreichbarer Tiefe auf gewiſſe Strecken wagerechte Schichten abzugraben. Die genannte Maſchinenbaugeſellſchaft gibt für die von ihr gebauten drei Grundformen ſolcher Grabmaſchinen bezüglich ihrer Leiſtungsfähigkeit, des Kohlenverbrauchs u. ſ. w. folgende Zahlen an:

	I	II	III
Maſchinenkraft in Pferdekräften	45	30	15
Leiſtungsfähigkeit in 10 Stunden in Kubikmetern in leichtem Boden	2400	1800	900
„ „ „

und Planiermaſchinen, Zeitſchr. f. Transportw. u. Straßenb. 1894, S. 103. — [40] Trockenbagger für den Chicagoer Entwäſſerungskanal, Engineering News 1894, II, S. 224. — [41] Elektriſch betriebener Trockenbagger von Smulder in Rotterdam, Engineer 1895, II., S. 110, 116, 136, 180, 310, 316; Schweiz. Bauztg. 1896, Bd. 27, S. 69; Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 277; Zeitſchr. d. Oeſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 457; Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1896, S. 802; Génie civil 1896, Bd. 29, S. 113; Engineering 1896, S. 451 u. 457. — [42] Bagger in Verbindung mit Fördereinrichtung, Engineering News 1896, II, S. 126. — [43] Die Osgood-Dampfſchaufel am Chicagoer Entwäſſerungskanal, Engineering 1897, I, S. 237 u. 241. — [44] Der Patent-Exkavator von Bowford & Everſhed, Engineer 1898, I, S. 130; Ein neuer Trockenbagger, Engineering News 1900, I, S. 90. — [45] Maſchine zum Ausheben von Gräben von Dalton, Engineering News 1900, II, S. 18. — [46] Erdbagger von Ruſton-Proctor & Cie. in Lincoln, Ann. f. Gew.- u. Bauw. 1901, II, S. 96; Oeſterr. Zeitſchr. f. Berg- u. Hüttenw. 1901, Febr., S. 101; Dinglers Polytechn. Journ. 1901, April, S. 266. — [47] Wels, R., Neue Baggerkonſtruktionen, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1902, S. 405 u. 442. — [48] Löffelbagger für das neue Avonmouth-Dock, Engineer 1902, I, S. 212. — [49] Bagger mit rotierenden Extraktoren, Bauart Sonderegger, vom Panama-Kanal, Schweiz. Bauztg. 1903, I, S. 33. — [50] Löffelbagger, Engineering News 1903, II, S. 545; Engineer 1904, I, S. 120 u. 167; II, S. 116; Engineering 1904, I, S. 816. — [51] Hardy, Dampfſchaufel für die Erdarbeiten am Waſſerwerk zu Waſhington, Engineering Record 1904, Bd. 49, S. 493; Stephens Gräber mit Kran, Engineer 1905, I, S. 96; Löffelgräber für den Panama-Kanal, Engineer 1905, I, S. 233. *L. v. Willmann.*

Grabſcheit, Grabwerkzeug, ganz aus Holz, unten mit einer breiten, oft eiſenbeſchlagenen Platte, oben mit einem Krückengriff; iſt die Platte von Eiſen, ſo wird das Werkzeug Spaten genannt.

Grabſtichel (Drehſtichel, Stichel, Zeiger) können als kleine Meißel angeſehen werden, welche (wenige ſeltene Fälle ausgenommen) nicht mit dem Hammer getrieben, ſondern nur mit der Hand geführt werden behufs Wegnahme feiner Späne von dem zu bearbeitenden, dem zu gravierenden Gegenſtande. — Der Grabſtichel iſt ein gehärtetes ſtählernes Stäbchen, an einem ſeiner Enden ſo abgeſchliffen, daß es eine kleine Schneide oder eine Spitze mit daranliegenden Schneiden erhält. Das andre zugeſpitzte Ende ſteckt in einem runden, gedrückt birnförmigen Hefte, von deſſen Umfang oft, der bequemeren Handhabung halber, der untere Teil weggeſchnitten iſt. Die Geſtalt des Stabquerſchnittes iſt verſchieden; die Zuſchärfung geſchieht durch eine von oben her angeſchliffene ſchräge Fläche (die Kappe, das Schild); die nach unten gekehrte Kante oder Fläche, welche durch ihr Zuſammentreffen mit der Kappe die Schneide erzeugt, wird die Bahn genannt. Die gebräuchlichſten Grabſtichel ſind folgende:

Grabſtichel (im engeren Sinne): Querſchnitt quadratiſch oder rautenförmig; die Bahn iſt eine Kante und die Schneide eine von drei ebenen Flächen gebildete Spitze.

Meſſerzeiger: Im Querſchnitt ſcharf keilförmig; die Schneide des Keiles iſt die Bahn und bildet mit der ſchmal dreieckigen Kappe eine ſehr ſcharfe Spitze.

Spitzſtichel, vom vorigen nur dadurch verſchieden, daß die beiden Seitenflächen etwas gewölbt ſind. Der ovale Spitzſtichel hat einen zweiſpitzigen Querſchnitt. Der Juſtierzeiger (von den Goldarbeitern zum Juſtieren, d. h. zum Ausarbeiten der Käſten, in welche Steine gefaßt werden, benutzt) hat die Geſtalt eines ovalen Spitzſtichels, iſt aber von der Seite her zugeſchliffen, wodurch er eine bogenförmige Schneide erhält.

Flachſtichel: Querſchnitt trapezförmig, Bahn die breitere der beiden Parallelſeiten, Schneide geradlinig.

Dreieckiger Stichel: Querſchnitt ein niedriges gleichſchenkliges Dreieck. Je nachdem man die Kappe nach der Spitze oder nach der Grundlinie hin anſchleift, bildet ſich entweder eine Spitze oder eine geradlinige Schneide.

Bolzſtichel (Pollſtichel), vom Flachſtichel nur dadurch abweichend, daß die Bahn eine in der Querrichtung hohle Fläche iſt, wodurch die Schneide bogenförmig ausfällt.

Rundſtichel: Querſchnitt kreisförmig, Kappe elliptiſch, Schneide alſo bogenförmig.

Ovalſtichel: Querſchnitt oval, der größere Durchmeſſer des Ovales ſenkrecht ſtehend, Schneide daher ſcharf bogenförmig.

Fadenſtichel (auch Farb- oder Federſtichel): Querſchnitt flach viereckig; die Bahn eine Seite, die der Länge nach gefurcht iſt; Schneide daher ſägezahnartig. *E. Müller-Dresden.*

Grad, in der niederen Algebra der Exponent der höchſten in einer Gleichung vorkommenden Potenz der Unbekannten (eine Gleichung zweiten Grades heißt quadratiſch u. ſ. w.). In der höheren Mathematik wird bei einem algebraiſchen Ausdruck (Form) der Exponent der höchſten Potenz der Veränderlichen (oder, wenn es deren mehrere ſind, die höchſte Exponentenſumme aller Veränderlichen) als Ordnung bezeichnet, während nunmehr Grad die höchſte Exponentenſumme in konſtanten Größen (Koeffizienten) bedeutet; z. B. iſt $(ac - b^2)x + (bd - c^2)y$ von der erſten Ordnung in x und vom zweiten Grad in den Koeffizienten a, b, c, d. Grad einer periodiſchen Funktion iſt die Zahl ihrer Nullſtellen innerhalb des Periodengebiets. Grad einer Determinante iſt die Zahl ihrer Reihen. *Wölffing.*

Grad, im Salinenweſen die in 64 oder 100 Lot Sole enthaltene Salzmenge in Loten, welche mittels der Salzwage beſtimmt wird.

Grad, ſ. Temperatur.

Gradabteilungskarte. Die Einteilung der topographiſchen Landeskarten iſt gegründet auf die Gradeinteilung der mathematiſchen Erdoberfläche (Kugel, Ellipſoid, ſ. Erde) in 90 Breitengrade vom Aequator bis zum Pol und 360 Längengrade, von Ferro (bezw. Greenwich) aus gerechnet. Die von dieſem Gradnetz begrenzten, trapezförmigen Flächenſtücke nennt man Gradabteilungen und dementſprechend die auf dieſer Einteilung beruhenden Karten Gradabteilungskarten.

Solche Karten ſind z. B. die Karte des Deutſchen Reichs und die von Oeſterreich-Ungarn. Dabei iſt eine Gradabteilung durch Einteilung des Breitengrades in 4 Teile (je 15′) und des Längengrades in 2 Teile (je 30′) in 8 Teile zerlegt, wodurch ein kleines ſphäroidiſches Trapez erhalten wird, welches auf einem Kartenblatte im Maßſtab 1 : 100000 in Deutſchland, 1 : 75000 in Oeſterreich-Ungarn dargeſtellt wird. Bei den preußiſchen Meßtiſchblättern (ſ. d.) 1 : 25000 iſt die Gradabteilung nach der geographiſchen Breite in 10 Teile (zu je 6′) und nach der geographiſchen Länge in 6 Teile (zu je 10′) zerlegt, ſo daß alſo 60 Blätter auf jede Gradabteilung entfallen. Die Abbildungsmethode, bei welcher die Projektionsfläche durch die vier Eckpunkte eines ſolchen ſphäroidiſchen Trapezes gelegt erſcheint, nennt man die Polyederprojektion. Vgl. a. Kartenprojektion und Topographie. *Reinhertz.*

Gradbogen, ein mit Gradeinteilung verſehener Bogen oder Halbkreis, der wie die Gefäll-, Neigungs- und Höhenwinkelmeſſer (ſ. dieſe Inſtrumente) zum Beſtimmen der Neigungswinkel von Linien dient. Die Ableſung der Neigung erfolgt an einem im Zentrum der Teilung aufgehängten, mit Index verſehenen Pendel oder Lotfaden (Senkelgradbogen) oder einer mit Index oder auch Nonius verſehenen Alhidade mit Hilfe einer Libelle (Libellengradbogen), wobei dann auch eine Klemm- oder Feinſtellvorrichtung angebracht iſt.

Soll der Gradbogen zur Beſtimmung der Neigung von Zielllinien dienen, ſo iſt ein Diopter (eventuell Fernrohr) erforderlich, für die Beſtimmung der Neigungen von Linien (Meßlatten, Meßſchnüre) eine Setzlinie oder Hängevorrichtung mit Oeſen oder Haken (Hängelinie). Dieſe letztere Anordnung (Markſcheiderwage) findet beſondere Verwendung bei Grubenmeſſungen (vgl. Grubeninſtrumente). Der Nullpunkt der Teilung ſoll ſo liegen, daß die Ziel- oder Setz- bezw. Hängelinie horizontal iſt, wenn der Index auf 0° ſteht. (Prüfung durch Ableſung in zwei Lagen.) Ueber den Gebrauch des Gradbogens als Hängebogen ſ. Brathuhn, Lehrbuch der Markſcheidekunſt, Leipzig 1902; Uhlich, Lehrbuch der Markſcheidekunde, Freiberg i. S. 1901. *Reinhertz.*

Gradient, barometriſcher, ein von der neueren Meteorologie geſchaffenes Maß für die Größe des barometriſchen Gefälles, der Aenderungen des gleichzeitig herrſchenden Luftdruckes von einem Ort zum andern.

Da die Iſobaren diejenigen Orte verbinden, wo die auf Meeresniveau und 0° ſowie meiſt auch auf gleiche Schwere reduzierten Barometerſtände gleich ſind, ſo trifft man die größten Luftdruckänderungen beim Fortſchreiten ſenkrecht zur Iſobare und man bezeichnet die in Millimetern gemeſſene Druckabnahme, wenn man in dieſer Richtung um einen Aequatorgrad (111 km) fortſchreitet, als den barometriſchen Gradienten; die Richtung des Gradienten nach dem niedrigen Druck hin gibt zugleich die Richtung des barometriſchen Gradienten. Zuweilen nennt man dieſen den horizontalen barometriſchen Gradienten, im Gegenſatz zu dem vertikalen barometriſchen Gradienten, der ein Maß der Druckabnahme nach der Höhe darſtellt; bei ſeiner Berechnung werden ebenfalls auf Meeresniveau reduzierte Barometerſtände zugrunde gelegt oder, was das gleiche ergibt, es wird der Unterſchied der nur auf 0° korrigierten Stände, um das Gewicht der zwiſchenliegenden Luftſäule verringert, in Rechnung gebracht. Mit der Zunahme des barometriſchen Gradienten wächſt die Stärke des Windes. Unterſuchungen über dies Verhältnis haben ergeben, daß die Windgeſchwindigkeit im allgemeinen ſchneller wächſt als der Gradient und daß dieſer trotz der täglichen Periode der Windgeſchwindigkeit im Laufe des Tages nahe konſtant bleibt. Den ſtärkeren Winden in den Nachmittagsſtunden würden alſo relativ kleinere Gradienten entſprechen, in Uebereinſtimmung mit der Erfahrung, daß die Gradienten bei gleicher Windſtärke in der wärmeren Jahreszeit kleiner als im Winter ſind, gleichen Gradienten alſo im Sommer ſtärkere Winde als im Winter entſprechen.

Literatur: Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 2. Aufl., Leipzig 1905. *Großmann.*

Gradiente (die), übliche eiſenbahntechniſche Bezeichnung für die Bahnhöhenlinie, welche der Oberkante des Erdkörpers oder Unterbaues folgt, mithin die Höhe des Bahnplanums (ſ. d.) oder der Bettungsſohle des Oberbaues (in der Regel 0,4 m unter der Schienenoberkante) darſtellt und maßgebend iſt für alle Erdarbeiten und Bauwerke der Bahn.

Sie wird bei den Vorarbeiten zum Bahnbau in dem Längenprofil oder Längenſchnitt der Bahn mit erheblich vergrößertem Höhenmaßſtab (alſo in verzerrtem Verhältnis) zur Anſchauung gebracht und in jedem Gefällwechſel (beim ausführlichen Bauentwurf auch an ſehr vielen Zwiſchenpunkten) zahlenmäßig nach Höhen über Meer (Ordinaten, Koten) feſtgeſtellt. Ebenſo werden die Neigungen der Bahn zwiſchen den Gefällwechſeln durch die der Gradiente beigeſetzten Zahlen (in Tauſendſteln der Länge) genau feſtgelegt. S. a. Neigungsverhältnis. *Goering.*

Gradiereifen, f. Kröneleifen.

Gradieren, 1. in der Goldfchmiedekunft Erhöhung der Farbe der Goldlegierung mittels des fogenannten Gradierwaffers; 2. im Münzwefen gleichbedeutend mit Legieren; 3. in der Schnelleffigfabrikation die Effigbereitung in fogenannten Gradierfäffern, Effigftändern oder Effigbildnern (f. Effig, Bd. 3, S. 513); 4. im Salinenwefen Konzentrieren der fchwachen Sole bezw. des Meerwaffers dadurch, daß man fie in Gradierhäufern fehr fein verteilt und mit fo erzielter großer Oberfläche dem Einfluffe der Luft ausfetzt (f. Salz). *Dalchow.*

Gradierfchlag, Krönelfchlag, Bearbeitungsweife der Haufteine mit dem Gradier- oder Kröneleifen (f. d.); der fcharf eingefetzte feine Schlag mit rauher Oberfläche ift von befonders fchöner, kräftiger Wirkung. *L. v. Willmann.*

Gradierwand, f. Salz.

Gradierwerke dienen zur künftlichen Kühlung des aus dem Kondenfator der Dampfmafchine kommenden Waffers und werden in jenen Fällen angewendet, in welchen die zur Kondenfation erforderlichen großen Kaltwaffermengen anders nicht befchafft werden können.

Das warme Waffer, das fich im Kondenfator bildet und aus demfelben zu entfernen ift, wird auf die höchfte Stelle des Gradierwerks gehoben, dort zerteilt und in Form eines Regens riefelnd über Lattenrofte oder Reifiglagen abgelaffen, wobei es feine Wärme an die Luft abgibt. Bei diefer Prozedur verdunftet zwar ein Teil des Waffers; in der Regel entfteht aber in dem Abdampfe, der dem Kondenfator zuftrömt, genügender Erfatz, fo daß beim praktifchen Betriebe weder Waffer zugegeben noch nachgelaffen werden muß. Um die Wirkfamkeit zu erhöhen, kann durch Ventilatoren ein verftärkter Luftzug bewirkt werden. Man unterfcheidet deshalb Gradierwerke mit natürlichem Luftzug und folche mit künftlichem Luftzug.

Für natürlichen Luftzug werden Gradierwerke von 8—10 m Höhe, 10 und mehr Meter Länge, aber höchftens 1,5—2 m Breite angewendet, um ein leichtes Durchftrömen der Luft zu ermöglichen. Fig. 1 ftellt ein folches dar, entfprechend der Konftruktion von Klein, Schanzlin & Becker in Frankenthal (Pfalz). Das warme Waffer riefelt langfam über Latten in ca. 9 cm Diftanz im gefchloffenen Schacht abwärts einem aufftei genden Luftftrom entgegen und fammelt fich in dem Kaltwafferbehälter, aus dem es für den Kondenfator wieder entnommen wird. Bei der Aufftellung ift die Breitfeite tunlichft gegen die Richtung der meiftens vorherrfchenden Windrichtung zu ftellen. Bei turmförmigen Gradierwerken von quadratifcher Grundfläche ift die Aufftellung gleichgültig; indeffen foll das Gradierwerk ftets möglichft frei ftehen, damit die Luftbewegung nicht durch davor liegende Gebäude und Schornfteine beeinträchtigt wird. Zuweilen werden diefelben auch auf Dächern aufgeftellt. An Raumbedarf rechnet man für je 10° Abkühlung und jede indizierte Pferdeftärke 0,1 qm Grundfläche, fo daß z. B. ein Gradierwerk für eine 100pferdige Mafchine und 35° Abkühlung eine Grundfläche $F = 0{,}1 \cdot 100 \cdot 3{,}5 = 35$ qm erhalten müßte.

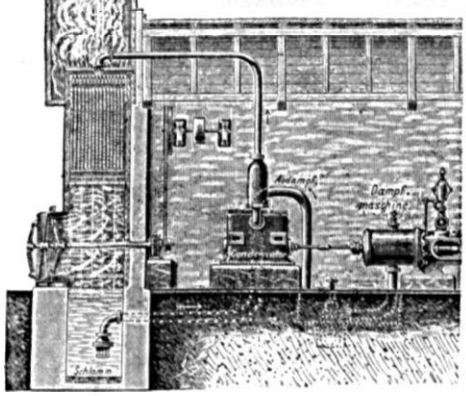


Fig. 2.

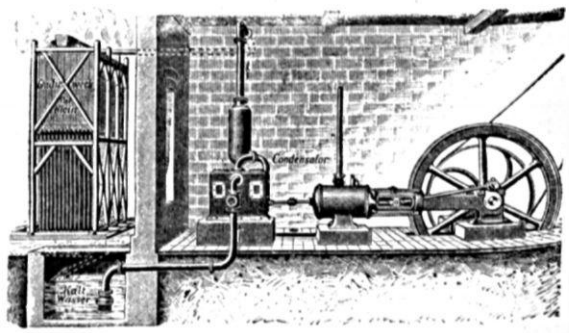


Fig. 1.

Bei künftlichem Luftzug ift der Raumbedarf wefentlich kleiner, indem hierbei für eine indizierte Pferdekraft nur 0,035 qm Grundfläche erforderlich werden. In Fig. 2 ift eine derartige Anlage der vorgenannten Firma dargeftellt, in welcher der Luftftrom durch einen Ventilator oder mehrere erzeugt wird. Der Kraftbedarf des Ventilators beträgt etwa (einfchließlich der Arbeit zur Hebung des Waffers) 4—6% der indizierten Mafchinenleiftung. In der Regel gelangen Schraubenventilatoren zur Anwendung. Ueber die Theorie derfelben f. Rückkühlanlagen.

Ausgeführt werden Gradierwerke von Klein, Schanzlin & Becker in Frankenthal, Balcke & Cie. in Bochum, der Aktiengefellfchaft für Holzinduftrie in Kaiferslautern Unzinger & Cie., Gebrüder Körting A.-G., Körtingsdorf bei Hannover, Wilhelmshütte in Eulau bei Sprottau in Schlefien u. a.

Literatur: Inhaltsverzeichnis der Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884—93, Artikel „Kondenfation". *v. Ihering.*

Gradmeſſung, ſ. Erde, Bd. 3, S. 480.

Gradſcheibe, eine mit einer Gradeinteilung verſehene runde Scheibe, das einfachſte, zum Meſſen und Auftragen von Winkeln dienende Inſtrument.

Gradſtock, ſ. v. w. Jakobsſtab (ſ. d.).

Graduator, ſ. Telephonie.

Gräben, zur Entwäſſerung, ſ. Entwäſſerung des Bodens, zur Bewäſſerung, ſ. Bewäſſerungsſyſteme. S. a. Bahngräben.

Gräberei, die einfachſte Art des bergmänniſchen Tagebaues (ſ. Tag) namentlich zur Gewinnung der an oder unmittelbar unter der Oberfläche vorkommenden Mineralien, z. B. Torf und Raſeneiſenſtein. *Treptow.*

Gräffes Methode, ſ. Gleichungen.

Grän, altes Edelmetall- und Juwelengewicht.

Für Gold 288 Grän = 1 preußiſche Mark = ½ preußiſchen Pfund oder 233,856 g. 12 Grän = 1 Karat, 24 Karat = 1 Mark. Beim Silber 18 Grän = 1 Lot, 16 Lot = 1 Mark. *Plato.*

Gräte, im Bauweſen, ſcharfe, feine, ſpitzwinklige Kante, insbeſondere Kante zweier zuſammenſtoßenden Dachflächen, ſofern ſie nicht horizontale Lage hat, in welchem Fall ſie Firſt heißt.

Gräting, auf Schiffen ein Gitterwerk aus Holz oder Eiſen, das zum Bedecken der Luken oder als Tritt dient. Im Panzerdeck werden die Luken mit Luftdurchlaß durch Panzergrätings geſchloſſen. *T. Schwarz.*

Grain, kleinſtes engliſches Gewicht im Troyſyſtem.

24 Grain = 1 Pennyweight, 20 Pennyweight = 1 Ounce, 12 Ouncen = 1 Imperial-Troy-Pound = 373,24195 g. 1 Troy-Pound iſt daher gleich 5760 Grain, während das Imp.-Pound-Avoirdupois (Handelspfund) zu 7000 Troy-Grain feſtgeſetzt iſt. *Plato.*

Grainieren, Herſtellung einer matten, körnigen Oberfläche, hauptſächlich auf Uhrenbeſtandteilen angewendet.

Das Ziel wird erreicht, wenn man die Gegenſtände zuerſt mit Kratzbürſten und Bimsſteinpulver abbürſtet, dann mit Queckſilberoxyd und Schwefelſäure behandelt, wodurch ſich ein Queckſilberamalgam bildet, während Zink in Löſung geht, und hierauf mit Grainierpulver aus Weinſtein, Kochſalz und Silberpulver ſo lange mittels einer ſteifen Bürſte reibt, bis das gewünſchte Korn erzielt iſt. Die Bürſten ſind im Kreiſe zu führen ſowohl beim Anreiben des Grainierpulvers als auch beim Bearbeiten mit der Kratzbürſte. Das Silberpulver wird durch Fällen einer verdünnten Löſung von ſalpeterſaurem Silberoxyd mit einigen Streifen Kupferblech hergeſtellt, ausgewaſchen und getrocknet. *Andés.*

Gramm, die Einheit des metriſchen Gewichtsſyſtems.

Offizielle Abkürzung: g. Die höheren und niederen Gewichtseinheiten werden durch dezimale Vervielfältigung bezw. Teilung aus dem Gramm abgeleitet. Die Bezeichnungen für erſtere werden durch Zuſammenſetzung mit griechiſchen, für letztere mit lateiniſchen Zahlwörtern gebildet. Es ſind der Reihe nach Vielfache des Gramms: das Dekagramm (dkg) = 10 g, das Hektogramm (hg) = 100 g, das Kilogramm (kg) = 1000 g; Teile des Gramms: das Dezigramm (dcg): $^1/_{10}$ g, das Zentigramm (cg) = $^1/_{100}$ g, das Milligramm (mg) = $^1/_{1000}$ g. *Plato.*

Grammatit, ſ. Hornblende.

Grammeſcher Ring, ſ. Dynamomaſchine, Bd. 3, S. 180.

Gran, altes Medizinal- und Apothekergewicht.

20 Gran = 1 Skrupel, 8 Skrupel = 1 Drachme, 8 Drachmen = 1 Unze, 12 Unzen = 1 Pfund, alſo 5760 Gran = 1 Pfund = 350,783 g. Goldgewicht: in Oeſterreich = $^1/_{60}$ Dukaten = 1 As, in Dänemark = $^1/_{96}$ Mark = 2,451 g. *Plato.*

Granadille, ſ. Nutzhölzer.

Granat, Mineral, kieſelſaure Verbindung von Kalk-Magneſia, Mangan, Chrom, Eiſenoxydul, Eiſenoxyd und Tonerde, wobei die Oxydule und Oxyde einander gegenſeitig vertreten können.

Alle Granaten kriſtalliſieren regulär, und zwar zumeiſt in der Form des Rhombendodekaeders (Granatoeder). Sie ſind nicht oder nur ſehr wenig ſpaltbar, ſehr ſpröde, ſtark glasglänzend, durchſichtig bis undurchſichtig und werden durch Reiben elektriſch. Härte 6,5—7,5. Das ſpez. Gew. ſchwankt zwiſchen 3,4 und 4,3. Mit Ausnahme des Chromgranates ſind alle nicht ſehr ſchwer ſchmelzbar, die Schmelze iſt ſpezifiſch leichter als der ungeſchmolzene Granat und wird von Säuren leicht angegriffen. Im ungeſchmolzenen Zuſtand widerſtehen die Granate den Säuren. Granate verwittern leicht und je nach der Zuſammenſetzung verſchieden, teils zu Serpentin und Speckſtein, teils zu Chlorit, Glimmer, eiſenreiche zu Roteiſenſtein.

Vorwiegend nach chemiſchen Geſichtspunkten unterſcheidet man folgende Abarten: 1. Almandin, edler Granat, Karfunkel, Eiſentonerdegranat $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$ (43,3 % CaO, 20,6 % Al_2O_3, 36,1 % SiO_2), blut-, kirſch- oder bräunlichrot. Härte 7,0—7,5, ſpez. Gew. 4,1—4,3. Findet ſich im Glimmerſchiefer und Gneis, dann in Eklogit; in Ceylon (Ceylonrubin), Hinterindien und Braſilien werden große, durchſichtige Almandine als Gerölle gefunden und nach Europa zur Verarbeitung als Schmuckſteine (Ring-, Nadelſteine, ſeltener zu Gemmen) gebracht.

Vom Kapland kommen die rubinrot oder gelbbraun durchſichtigen Kaprubine, von denen große Steine bis zu 150 ℳ Wert haben. Der Almandin wird en cabochon oder auch faſſettiert geſchliffen. Im Kerzenlicht erſcheint er faſt orangefarbig. Das Schleifen geſchieht mit Schmirgel auf einer Bleiſcheibe und das Polieren mit Tripel und Vitriolöl auf Zinn. Ganz große Stücke werden auch zu kleinen Luxusgegenſtänden (Doſen) verarbeitet. Unbrauchbares Material wird geglüht, raſch abgelöſcht, zu Pulver geſtoßen und alsdann als Granatbort oder roter Schmirgel zum Schleifen gebraucht. Die Preiſe ſtehen ſich für ſchöne Steine auf 5—20 ℳ pro 1 g. — 2. Groſſular, Kalktongranat $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$ (37,2% CaO, 22,8% Al_2O_3, 40% SiO_2), teils farblos, teils gelb und grün in verſchiedenen Tönen (eigentlicher Groſſular, Allochroit), ſmaragdgrün als Demantoid oder auch hyacinthrot als Heſſonit (Kaneelſtein). Härte 6,5—7,0, ſpez. Gew. 3,3—3,6. Die ſchöngefärbten (roten und ſmaragdgrünen) Steine werden wie Almandin zu Schmuckſtein verſchliffen. — 3. Melanit, Kalkeiſengranat $Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$ (33,1% CaO, 31,5% Fe_2O_3, 35,4% SiO_2), zumeiſt ſchwarz, doch auch gelb, grün oder rot. Härte 7,0, ſpez. Gew. 3,8—4,1. Kommt in jungen vulkaniſchen Geſteinen vor. Ihm nahe ſteht der pechglänzende, gelbe bis braune Kolophonit (Pechgranat). — 4. Gemeiner Granat, mit Eiſen, Kalk und Tonerde, beſonders im Glimmerſchiefer und Eklogit verbreitet; braun, grün. Härte 7,0, ſpez. Gew. 3,3—3,8. Wird, in größeren Mengen vorkommend, wie auch Kolophonit, als Zuſchlag beim Schmelzen der Eiſenerze verwendet. — 5. Pyrop, Magneſiatoneiſenkalkgranat (15% MgO, 10% FeO, 5% CaO, 2,5% MnO, 4% CaO), von blut- oder ponceauroter (Vermeille) Farbe. Härte 7,5, ſpez. Gew. 3,7—3,78; ſchwer ſchmelzbar. Kommt meiſt in loſen Körnern vor, in Serpentin, aber auch in Sand und lockerer Erde, beſonders in Böhmen (Gitſchin, Meronitz). Die angeſchwemmten Pyropkörner werden meiſt zu Schmuckſteinen verſchliffen, wie Almandin. — 6. Uwarowit, Kalkchromgranat; ſmaragdgrün. Härte 7,5—8,0, ſpez. Gew. 3,42—3,5; ſelten.

Der Wert der Granaten als Edelſtein wird durch Schönheit der Farbe, Reinheit und Größe beſtimmt. In manchen Fällen erreicht er den Wert des Saphirs. Die Preiſe böhmiſcher Pyrope ſchwanken zwiſchen 20 und 200 ℳ pro Kilogramm. Die dunkle Färbung der meiſten Granate verlangt, daß der geſchliffene Stein möglichſt dünn iſt, wenn die Färbung zur Geltung kommen ſoll.

Literatur: Bauer, Edelſteinkunde, Leipzig 1896; Blum, R., Taſchenbuch der Edelſteinkunde, Leipzig 1887; Dölter, C., Edelſteinkunde, Leipzig 1893. *Leppla.*

Granaten, ſ. Munition.

Granatfels, ſ. v. w. Eklogit (ſ. d.).

Grand (Grant), ſ. Sand.

Granit, in der Geſteinskunde ein körniges, aus Quarz, Feldſpat und Glimmer beſtehendes Geſtein.

Von dem mineraliſch gleich zuſammengeſetzten Gneis unterſcheidet ſich der Granit durch ſein nach allen Seiten richtungslos körniges, nicht ſchichtiges Gefüge. Die Glimmerblättchen ſind nicht wie beim Gneis parallel angeordnet, ſondern regellos verteilt. Der Quarz der Granite erſcheint gewöhnlich farblos oder grau, zuweilen etwas getrübt durch zahlloſe und ſehr kleine Flüſſigkeitseinſchlüſſe oder durch feinverteiltes Eiſenerz rötlich oder bräunlich gefärbt. Zumeiſt beſitzt er keine äußere Kriſtallbegrenzung. Als Feldſpat ſind gewöhnlich Orthoklas und Plagioklas vorhanden, erſterer allerdings am häufigſten. Beide ſind friſch, klar und durchſichtig, umgewandelt meiſt jedoch trüb, entweder durch ſehr kleine Gas- und Flüſſigkeitseinſchlüſſe oder infolge der Zerſetzung durch Neubildung von Kaolin oder Muskovit. Die Feldſpatkörner zeigen oft äußere Kriſtallform, ſind milchig weiß, gelblich, grünlich oder rötlich gefärbt. Als Glimmer ſind Muskovit und Biotit vertreten, beide einzeln oder zuſammen nebeneinander. Erſterer widerſteht lange der Verwitterung, dieſer ſehr wenig. Biotit blättert ſich auf, ſcheidet Eiſenerz aus und geht in Chlorit über. Neben den Hauptgemengteilen kommen noch Hornblende und Augit, dieſer allerdings ſelten, als charakteriſtiſche Gemengteile vor. Titanit, Apatit ſind immer, Zirkon, Turmalin, Andaluſit zuweilen vorhanden.

Die regellos körnige Struktur der Granite wird nur in untergeordneten Fällen abgeändert. Treten die Glimmerblättchen in parallele Lage zueinander, dann werden Uebergänge in Gneis erzeugt; bilden einzelne Gemengteile größere kriſtallographiſch begrenzte Einſprenglinge in einer ſonſt äußerlich gleichmäßig beſchaffenen Grundmaſſe, ſo entſteht Granitporphyr. Iſt der Quarz in den Feldſpat wie verzapft oder zackig eingewachſen, ſo entſteht die pegmatitiſche (granophyriſche) Struktur. Solche Geſteine heißen Pegmatite, Pegmatitgranit, Schriftgranit, Judenſtein. Die Größe des Korns bewegt ſich für gewöhnlich zwiſchen 1 und 5 mm. Größeres Korn kommt ſelten vor, wenngleich bei den porphyriſchen Arten Feldſpate bis zu 10 cm Länge haben können. Als Rieſengranit werden außergewöhnlich grobkörnige Geſteine bezeichnet. Blaſige und zellige und daher Mandelſteinbildungen fehlen durchſchnittlich den Graniten.

In der Natur bilden die Granite meiſt runde, ſtockförmige Gebirgsmaſſen, deren Material in glutflüſſigem Zuſtand zwiſchen die Schichten eingepreßt wurde. Der Gehalt an löſenden Flüſſigkeiten, die Temperatur zur Zeit der Erſtarrung und vielleicht der Druck müſſen ſehr hoch geweſen ſein, damit das Magma durchaus und gleichmäßig körnig kriſtalliſieren konnte. Wenn man auch die urſprünglich feurig-flüſſige Natur nicht leugnet, ſo unterſcheiden ſich die Granite nach Struktur und Kriſtalliſation ſehr viel von den jungen Eruptivgeſteinen. Namentlich auch das Verhältnis des Granites zum ähnlich zuſammengeſetzten Gneis iſt nicht aufgeklärt. Die außergewöhnliche Höhe der Temperatur des Granitmagmas und ſein Reichtum an gasförmigen und flüſſigen Beſtandteilen wird bewieſen durch die weitreichenden Veränderungen (2 km), die Granite in den ſie umgebenden Tonſchiefern hervorbringen. Außer den ſtockförmigen Gebirgsmaſſen bildet der Granit noch Gänge. Sie erzeugen mannigfach Veränderungen im Nebengeſtein, führen Brocken desſelben in verändertem Zuſtand und zeigen Verſchiedenheiten der

Korngröße (dichter am Salband als im Innern). Manche gangförmigen Ausläufer (Apophyſen) von ſtockförmigen Graniten haben ein ganz feines bis dichtes Korn und gehen in Felſitporphyre über. In den kriſtallinen Schiefern, und zwar eigentlich nur im Gneis, bildet Granit Lager zwiſchen den Gneisſchichten. Die Hauptmaſſe der Granite entſtand zur Zeit der Bildung der kriſtallinen Schiefer und iſt von ihnen eingeſchloſſen, doch fanden in den älteren Formationen bis in die untere Steinkohlenformation noch zahlreiche Graniteruptionen ſtatt. In einigen Gegenden (Pyrenäen) ſollen noch jüngere Granite auftreten.

Die Abſonderung der Granite iſt meiſt plump prismatiſch oder ſäulenförmig. Liegen die Säulen wagerecht, ſo entſteht eine bankförmige Abſonderung. Je feiner das Korn iſt, deſto enger treten die Abſonderungsklüfte aneinander, deſto kleiner wird das Bruchſtück. Die Waſſerfaſſung beträgt im ſatten Zuſtand 0,2—0,7 %. — Die Granite gehören durch ihren hohen Quarzgehalt zu den an Kieſelſäure reichſten Geſteinen (zwiſchen 60 und 82 %). Der Gehalt an alkaliſchen Erden (Kalk und Magneſia) iſt meiſt ſehr gering, dafür derjenige an Kali und Natron ziemlich beträchtlich. Man nimmt im Mittel eine Zuſammenſetzung aus 72 % SiO_2, 16 % Al_2O_3, 1,5 % $Fe_2O_3 + FeO$, 1,5 % CaO, 0,5 % MgO, 2,5 % Na_2O, 6,5 % K_2O an. Das ſpez. Gew. ſchwankt zwiſchen 2,6 und 2,73. Die Härte der Gemengteile iſt beim Quarz 7 und beim Feldſpat 6, beim Glimmer dagegen 2. Hinſichtlich der Mengenverhältniſſe der einzelnen Hauptgemengteile iſt zu bemerken, daß der Feldſpat in der Regel vorherrſcht, Quarz an zweiter und Glimmer an dritter Stelle folgt. Im Mittel beſtehen die Granite aus 30 % Quarz, 55—60 % Feldſpat und 10—15 % Glimmer. — Bei der Verwitterung der Granite werden meiſt nur Feldſpat und dunkler Glimmer angegriffen. Letzterer wird gebleicht, blättert ſich auf, und wenn zu gleicher Zeit der Feldſpat in Kaolin umgewandelt iſt, zerfällt das Geſtein zu einem lockeren Grus (Rapakivi, Treberſtein), der aus unzerſetzten Granitbröckchen, Quarzkörnern und Ton beſteht. Quarz widerſteht außerordentlich lange den Einflüſſen der Verwitterung, beſonders der Löſung; das läßt ſich auf den verwitterten Felsflächen an dem Hervorſtehen der Quarzkörner erkennen. Feldſpatreiche Granite liefern oft einen mit Quarz vermengten Kaolin (Chinaclay von St. Auſtell in Cornwall, Kaolin von St. Yrieix bei Limoges). In chemiſcher Beziehung zeigen die verwitterten Granite eine Abnahme des Gehalts an Kalk, Natron und Kali, dieſes in geringerem Maße als Natron. Dieſe Verbindungen ſind als kohlenſaure in Löſung gegangen und fortgeführt worden, der Waſſergehalt iſt wie derjenige an Kieſelſäure geſtiegen. Die Verwitterung beginnt meiſt von den Ecken und Kanten der Blöcke, alſo von den Klüften aus. Dadurch, daß hier das Geſtein zuerſt zerfällt, entſtehen die runden Formen der Granitfelſen. Das gewöhnliche Endprodukt der Verwitterung der Granite iſt ein quarzreicher und durch Brauneiſenerz gelb gefärbter Ton oder Lehm. — Vorwiegend nach ihrem mineraliſchen Beſtand teilt man die Granite ein in: 1. Eigentlichen Granit, zweiglimmeriger Granit, aus Feldſpat, Quarz, Muskovit und Biotit. 2. Muskovit-Granit, aus Feldſpat, Quarz und Muskovit beſtehend. Sie ſind ziemlich ſelten. Hierher gehören die Pegmatite, groß- bis grobkörnige Muskovitgranite von gangartigem Auftreten. Sie enthalten zahlreiche Mineralien. 3. Biotit-Granit, Granitit, aus Feldſpat, Quarz und Biotit beſtehend, häufig noch Hornblende enthaltend. Dieſe Art iſt die häufigſte. 4. Hornblende-Granit mit Feldſpat, Quarz und Hornblende als Hauptgemengteile, häufig auch mit Biotit. Dazu kommen noch einige weniger wichtige Abarten, wie Aplit (Halbgranit, Granitello), ein glimmerarmer, aber an Feldſpat reicher Granit, Protogingranit oder Alpengranit, ein Biotit und grünen Chlorit (Sericit) in dünnen Häutchen führender, etwas ſchieferiger Granit. Als Strukturvarietäten ſind anzuſehen: der Granitporphyr, enthaltend Feldſpat und Quarz als Einſprengling in einer Feldſpat, Quarz und Glimmer enthaltenden körnigen Grundmaſſe; hierher gehört auch Haplophyr und der augithaltige Aſchaffit. Der Schriftgranit (Judenſtein) iſt ausgezeichnet durch das Hieroglyphen oder hebräiſche Schriftzeichen nachahmende Verwachſen des Quarzes mit Feldſpat.

Die Verwendungsart des Granits als Baumaterial iſt bedingt durch ſeine Färbung, ſeine Politurfähigkeit, ſeine Feſtigkeit und ſeinen Widerſtand gegen Zerſetzung und Verwitterung. Die Färbungen des Granits werden im allgemeinen durch die Farbe des Feldſpats und des Glimmers ſowie deſſen Menge bedingt. Der friſche Feldſpat iſt an und für ſich farblos; aber nur ſelten findet man den Feldſpat friſch, meiſt iſt er durch Verwitterung getrübt. Hierbei werden durch mehr oder minder ſtarke Oxydation und Hydratiſierung des in ihm oder im Granit enthaltenen Eiſenerzes die Färbungen des Feldſpates erzeugt, welche ins Gelbe, Braune und Rote überſpielen. In einzelnen Fällen nimmt er auch hellgrüne Töne an. Der dunkle Glimmer trägt durch zahlreiches Erſcheinen zu einer Dunkelung des Geſteins bei. Auch Quarz, an und für ſich farblos, wird durch auf Riſſen eingedrungenes Eiſenoxyd rot gefärbt; für gewöhnlich bedingt er die blaßblauen Töne des Geſteins. Muskovitgranite ſind demgemäß licht, grau oder gelblich, bläulich; ihr Glimmer zeigt weiße, perlmutterglänzende Flächen und Reflexe. Biotitgranite ſind im allgemeinen dunkler, grau, graublau, gelb, rot und rotbraun, aber auch ſehr hell, wenn der Feldſpat hell iſt und der Glimmer an Menge zurücktritt. Iſt der Glimmer oder die Hornblende chloritiſiert, ſo erhält das Geſtein noch grüne Färbungen. Auch die Hornblendegranite beſitzen dunkle Färbungen. — Für die Politurfähigkeit des Granits kommt in Betracht, daß die Härte der beiden Hauptgemengteile nicht weit auseinander liegt (6—7). Stark umgewandelte Feldſpate werden eine ſchöne Politur verhindern, ebenſo der Glimmer, welcher keine Politur annimmt. — Die hohe Druckfeſtigkeit des Granits wird durch den reichen Gehalt an Quarz bedingt, ferner durch die Friſche des feldſpatigen Gemengteils und durch die Gegenwart von Hornblende. Glimmer, insbeſondere Biotit, iſt nicht geeignet, die Druckfeſtigkeit zu erhöhen. Seine chloritiſche Umwandlung hebt dieſen Nachteil wieder etwas auf. Die Druckfeſtigkeit der Granite wird ſich im Mittel zwiſchen 1000 und 1500 kg pro 1 qcm bewegen; ſie geht in wenigen Fällen noch über 2000 kg hinaus. Im allgemeinen iſt ſie trotz des hohen Quarzgehaltes keine ſehr hohe, und wie es ſcheint, beeinfluſſen das grobkörnige

Gefüge und die Sprödigkeit der Gemengteile die Feſtigkeit nicht in günſtigem Sinn. Schieferige oder durch Druck veränderte Granite widerſtehen Druck und mechaniſchem Zerfall weit weniger als unveränderte. Gegen Diabas und Baſalt ſtehen Granite in ihrer Verwendbarkeit zum Straßenbau (Pflaſter und Beſchotterung) zurück. Die Abnutzungsfähigkeit iſt eine größere. Dagegen bleibt die Oberfläche des Granitpflaſters ſtets rauh und der Reibungswiderſtand groß, was die Verwendung als Belagmaterial für Bürgerſteige, Flure u. ſ. w. begünſtigt. Für die Benutzung zur Herſtellung von Packlagen für Straßen und den Oberbau von Eiſenbahnen beſitzt der Granit große Vorzüge durch Feſtigkeit und Widerſtand gegen Verwitterung. Letzterer iſt ein ſehr großer und erleichtert die Verwendung für Waſſerbauten, Sockel und Grundmauern von Monumentalbauten. Treppenſtufen, Bordſchwellen, Tür- und Fenſtergewände, Fußbodenplatten, Werkſteine aller Art, Verkleidungen für Mauern, Grenz- und Prellſteine, Gruftplatten, Waſſertröge, Mühlſteine, Ackerwalzen, Säulen u. ſ. w. werden aus Granit verfertigt. — Die Verwitterung des Granits liefert einen lockeren Grus und Sand, welcher zur Beſchotterung von Fußwegen und Bahnſteigen und zur Mörtelbereitung verwendet wird. Das endliche Umwandlungsprodukt, der quarzreiche Kaolin, wird je nach ſeiner Reinheit zur Herſtellung von Ziegeln, Schamotteſteinen oder Porzellan gebraucht.

Literatur: Kalkowsky, E., Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886; Zirkel, F., Lehrbuch der Petrographie, Bd. 2, 2. Aufl., Leipzig 1894; Roth, J., Allgemeine und chemiſche Geologie, Bd. 2 u. 3, Berlin 1887 u. 1890; Dietrich, E., Die Baumaterialien der Steinſtraßen, Berlin 1885; Herrmann, O., Die techniſche Verwertung der Lauſitzer Granite, Zeitſchr. f. prakt. Geologie 1895, S. 483; Koch, H., Die natürlichen Bauſteine Deutſchlands, Berlin 1892; Bauſchinger, J., Mitteilungen aus dem mech.-techniſchen Laboratorium der Kgl. Techn. Hochſchule in München, Heft 10 (1884), 11 (1884), 18 (1889), 19 (1889), München; Mitteilungen aus den Kgl. techn. Verſuchsanſtalten in Berlin, 1883, I, 2. u. 4. Heft; 1885, III, 1. Heft; 1892, X, 5. Heft; Herrmann, O., Steinbruchinduſtrie und Steinbruchgeologie, Berlin 1899. *Leppla.*

Granitello, ſ. Granit.

Granite petit, Granitmarmor, ſ. Kalkſtein.

Granitomarmor, von J. Monod & Froideville in Potsdam hergeſtellte Nachahmungen natürlicher Steine (Syenit, Granit u. ſ. w.); findet zu Tür- und Wandverkleidungen, Treppenſtufen und Tiſchplatten Verwendung und beſteht im weſentlichen aus Portlandzement und Marmorſtaub. *L. v. Willmann.*

Granitone, ſ. Gabbro.

Granitpapier, ſ. Buntpapierſorten, Bd. 2, S. 402.

Granophyr, ſ. Quarzporphyr.

Granthaſpel, ſ. Seidenſpinnerei.

Granulieren, die Zerkleinerung von Metallen oder Schlacken zu unregelmäßig geformten Körnern (Granalien) durch Schmelzen und Eingießen oder Einfließenlaſſen in lebhaft bewegtes Waſſer. *Beckert.*

Granulierwalzen, kleine mit „Korn“ oder „Linien“ verſehene, zum „Tönen“ der Kupferdruckplatten benutzte Stahlwalzen mit einem Y-förmigen Griff.

Granulit, Weißſtein, Leptinit, Eurit, in der Geſteinskunde ein weſentlich aus Feldſpat und Quarz beſtehendes ſchieferiges, hell gefärbtes Geſtein, das den kriſtallinen Schiefern angehört. Das Geſtein unterſcheidet ſich alſo von Gneis nur durch den Mangel an Glimmer. Durch Erſcheinen des letzteren gehen die Granulite in Gneiſe über.

Unter den Gemengteilen walten die Feldſpate vor. Sie ſind bald Orthoklas, bald Mikroklin und andre Plagioklaſe. Die Farbe iſt entweder weiß oder blaßgelb und rötlich. Quarz iſt durchweg waſſerklar und farblos, ohne Kriſtallbegrenzung und oft in dünne Lamellen ausgezogen. Ein ſehr häufiger und oft weſentlicher Gemengteil iſt Granat in unregelmäßig begrenzten roten Körnern von geringer Größe. Nebenſächliche Gemengteile ſind Glimmer, Turmalin, Augit, Hornblende, Rutil, Apatit, Graphit, Magnetit u. ſ. w. Die Korngröße der Granulite iſt eine geringe. Die Geſteine ſind meiſt fein- und gleichmäßigkörnig. Selten treten Feldſpate oder Granate durch beſondere Größe porphyriſch hervor. Quarz und Feldſpat ſind oft ſchriftgranitartig verwachſen. Die parallele Lage der Gemengteile, vornehmlich der Quarzlamellen, erzeugt eine ausgezeichnete Schieferung oder Parallelſtruktur; außerdem beſitzen die Granulite noch eine meiſt deutliche Schichtung in dünne Platten. In ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung ähneln ſie den Graniten. Sie beſitzen einen hohen Kieſelſäuregehalt (70—80%), viel Kali, weniger Natron und wenig alkaliſche Erden. Das ſpez. Gew. bewegt ſich in denſelben Grenzen wie beim Granit, zwiſchen 2,6 und 2,7. Aehnlich verhält es ſich mit der Härte, 6–7. Bei der Verwitterung beginnt die Zerſetzung von den zahlreichen, quer zur Schichtung gerichteten Klüften auszugehen und befällt zuerſt die Granate, die in Chlorit umgewandelt werden. Aehnlich ergeht es der Hornblende. Die Feldſpate erleiden eine Umwandlung in weiße, ſehr dichte Glimmeraggregate und Kaolin. Die Geſteine gehen in einen tonigen und durch Eiſenhydroxyd gelb gefärbten, lehmigen Grus über, deſſen Körner aus Quarz beſtehen. — Da die Granulite ein Glied in der Reihe der kriſtallinen Schiefer bilden und mit Gneis die engſte Verwandtſchaft haben ſowie mit demſelben wechſellagern, ſo ſind auch ihre Entſtehungsbedingungen die nämlichen, aber wie bei dieſen noch nicht genügend bekannt. Ihr Hauptvorkommen haben ſie in Sachſen, den Südvogeſen, dem böhmiſch-bayriſchen Walde, Schweden, Norwegen.

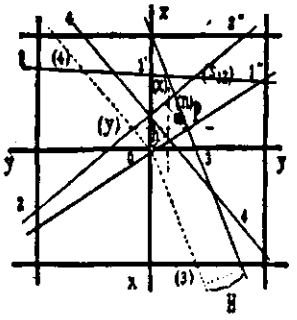
Die Verwendung ist durch die Schichtung und Schieferung ziemlich beschränkt. Große Blöcke lassen sich durchschnittlich wenig gewinnen, wohl aber plattige Stücke. Wenn Glimmer fehlt, bilden sie ein sehr gutes Material für Straßenbeschotterung. In einigen Fällen dienen Granulite auch für rauhes Mauerwerk und als Pflastermaterial (sehr dichte Steine werden übrigens bald glatt). Der Bearbeitung stehen durch die Sprödigkeit des Gesteins oft große Hindernisse entgegen. *Leppla.*

Granulose, derjenige Teil der Stärkekörner, welcher sich beim Erhitzen der Stärke mit Wasser — bei der Bereitung des Stärkekleisters — im Wasser auflöst, im Gegensatz zu dem in Wasser unlöslichen Teil, der Stärkecellulose (s. Stärke). *Bujard.*

Granulotypie, Verfahren zur Reproduktion von Kreidezeichnungen mittels Buchdrucks.

Es beruht darauf, daß eine Zink-, Kupfer- oder Messingplatte mit Harzstaub versehen und dieser angeschmolzen wird, worauf eine schwache Aetzung (s. d.) erfolgt. Die solcherart gekörnten Platten werden unter einem nach dem Originale photographisch erzeugten Negativ kopiert und nun scharf geätzt. Der Zweck dieser Methode ist, die Autotypie (s. d.) mit ihrer Anwendung von Rastern zu umgehen. Die erzielten Erfolge sind jedoch viel minderwertiger als die mittels der Autotypie. *A. W. Unger.*

Graphische Ausgleichungen beim trigonometrischen Einschneiden. Bei den Punktbestimmungen der Kleintriangulierung (s. Triangulierung) kann in manchen Fällen an Stelle der Ausgleichung der Richtungsfehler nach der Methode der kleinsten Quadrate mit Vorteil eine graphische Ausgleichung zur Anwendung kommen. Das Prinzip dieser Ausgleichungen ist das folgende: Wegen der unvermeidlichen Fehler der bestimmenden Richtungen und gegebenen Punkte schneiden sich die zur Bestimmung eines trigonometrischen Punktes gemessenen Richtungen nicht in einem einzigen Punkte, sondern verfehlen denselben um gewisse Beträge, so daß an Stelle eines Schnittpunktes eine durch die Richtungslinien gebildete „Schnittfigur", eine „fehlerzeigende Figur", entsteht (vgl. die Figur).



Die Aufgabe besteht nun darin: 1. die fehlerzeigende Figur graphisch darzustellen, 2. in derselben die endgültige Punktlage so zu bestimmen, daß die Quadratsumme der Richtungsverbesserungen wie bei der Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate ein Minimum wird.

1. Die Konstruktion der fehlerzeigenden Figur. Der einfachste Fall liegt vor bei der Punktbestimmung durch Vorwärtseinschneiden (s. d.) aus „äußeren" Richtungen φ (s. d.). Je zwei Schnitte dieser Richtungen mit passend gewählten Koordinatenlinien (sogenannte Achsenschnitte) bestimmen die Lage einer jeden Richtung. Je nach der Richtung des Strahles können Schnittpunkte mit zwei Abszissen- oder zwei Ordinaten- oder je einer Abszissen- und Ordinatenlinie gewählt werden. Zur Bestimmung solcher Schnittpunkte, z. B. 1—1″ für den Strahl 1, 2—2′ für den Strahl 2, dient die Gleichung $\operatorname{tg}\varphi = (\eta - y_n) : (\xi - x_n)$, worin $\eta\,\xi$ die in der Nähe des Punktortes auf Grund einer vorläufigen Berechnung (sogenannter „genäherter" Koordinaten) passend angenommenen Koordinatenwerte und $y_n\,x_n$ die Koordinaten der gegebenen Punkte bedeuten.

Wird von einem bestimmten sogenannten genäherten Punktort $\eta_0\,\xi_0$ ausgegangen, z. B. 0, so können die beobachteten Richtungen, z. B. 3, von diesem Punkte aus mit Hilfe eines geteilten Kreises (welcher auf dem für die Herstellung der Schnittzeichnung benutzten Schema gleich aufgezeichnet sein kann [1]) aufgetragen werden, so daß zur Auszeichnung der Richtung die Berechnung des Schnittpunktes mit einer Achsenrichtung η oder ξ, z. B. 3, genügt. Die Richtung wird dann durch diesen Schnittpunkt 3 parallel zu der vom Kreis entnommenen Richtung ausgezogen, wodurch die Konstruktion erleichtert wird. Vgl. [1] und [2], ebenda zweckmäßige Schnittformulare.

Man kann bei der Konstruktion auch ausgehen von den Abweichungen f des beobachteten Richtungssystems φ von dem auf den genäherten Koordinatenort $\eta_0\,\xi_0$ bezogenen n, wobei $f = n - \varphi$ ist. Dabei werden zunächst vom Zentrum $\eta_0\,\xi_0$ aus die Richtungen φ nach der Kreisteilung aufgezeichnet, sodann nach Abfetzen der rechtwinkligen Abstände $h = f\,s : \varrho$ oder deren auf die Achsen η bezw. ξ bezogenen Projektionen $h : \cos\varphi$ bezw. $h : \sin\varphi$ die Strahlen gezogen, z. B. 4 (s bedeutet die Strahlenlänge). Dieses letztere Verfahren ist einzuschlagen, wenn nur „innere" Richtungen (s. d.) vorhanden sind, d. h. der Fall des „Rückwärtseinschneidens" (s. d.) vorliegt, wobei zunächst die Abweichungen f von dem gemeinschaftlichen Orientierungsfehler des Systems zu befreien sind, das graphische Verfahren aber weniger korrekt und nur für untergeordnete Punkte empfehlenswert ist. Nach [1] ist hierfür die graphische Ausgleichung nicht zulässig. Bei der Ableitung der Querabstände h oder den entsprechenden dy und dx können wieder tabellarische oder graphische Hilfsmittel verwendet, wie sie z. B. auch für die Richtungskoeffizienten bei der Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate benutzt werden, vgl. [3], Bd. 1, 5. Aufl., 1904, § 88.

Beim „kombinierten Einſchneiden“ (ſ. Triangulierung) aus „inneren“ und „äußeren“ Richtungen iſt es am beſten, die „inneren“ Richtungen durch die „äußeren“ im Koordinatenſyſtem zu orientieren, wozu erforderlich wird, daß die Anzahl der doppelt beobachteten Richtungen eine genügende iſt [1] und [2a].

Ein älteres Verfahren, ſchon etwa um 1815 in Baden von dem Oberſten Tulla eingeführt und ſeitdem angewendet (ſogenannter Badiſcher Ausgleich), geht bei der Konſtruktion der Schnittfigur aus von den Unterſchieden der aus verſchiedenen Dreiecken berechneten Seitenlängen, wobei dann die Schnittfigur nicht von vornherein im Koordinatenſyſtem orientiert iſt [3]. Die Auftragung der Schnittfigur nach gemeſſenen Winkeln wird gezeigt in [3], 6. Aufl., 1904, S. 373.

2. Die Ableitung der endgültigen Punktlage *P* in der Schnittfigur geſchieht am einfachſten durch Schätzung (eine Erleichterung gewährt dabei die Zuſammenfaſſung annähernd gleichlaufender Richtungen zu einer). Wenn, wie es in einem rationell angelegten trigonometriſchen Netze der Fall ſein ſoll, die Strahlenlängen ungefähr gleich oder doch die Abweichungen nicht zu erheblich ſind, können alle Richtungen als gleichgewichtig behandelt werden; wenn dies nicht der Fall iſt, müſſen die Strahlengewichte entſprechend berückſichtigt werden, vgl. [1]—[3]. (Es genügt übrigens eine ganz ſummariſche Berückſichtigung der Gewichtsverhältniſſe.) An Stelle der unmittelbaren Schätzung kann auch eine analytiſche Ableitung der Punktlage treten, für welche verſchiedene Verfahren zur Anwendung kommen.

Man kann ausgehen von einem aus der Schnittfigur ohne weiteres zu entnehmenden (oder durch arithmetiſche Mittelbildung gewonnenen) Punktort, dann in dieſem Punkte Parallele (x) (y) zu den Koordinatenachſen ziehen und das arithmetiſche Mittel der Achſenſchnitte unter Berückſichtigung der Strahlen- und Achſenſchnittpunktgewichte ableiten [4]; oder man kann ausgehen von den durch die Strahlenſchnitte beſtimmten Punktorten (z. B. $s_{1\,2}$ = Schnitt von Richtung 1 und 2) und das arithmetiſche Mittel aller Schnitte mit oder eventuell ohne Berückſichtigung der Gewichte der Strahlenſchnitte (Schnittwinkel und Strahlenlänge) beſtimmen [2]. — Ein ſehr elegantes Verfahren iſt das von Bertot angegebene [5], auf das Helmert [6] aufmerkſam macht und welches in der preußiſchen Vermeſſungsanweiſung [1] eingeführt wurde. Das Verfahren beruht auf der Theorie der Trägheitsmomente und beſtimmt den Punktort *P* in Uebereinſtimmung mit der Methode der kleinſten Quadrate als Schwerpunkt des Syſtems der Fußpunkte der auf die Strahlen bezogenen Normalen (n) [1], [2a], [3], 3. Aufl., 1888, vgl. a. [7]—[14]. Ueber graphiſche Ausgleichung bei Meßtiſchaufnahmen ſ. d. Eine neue Methode der mechaniſchen Ausgleichung, bei der die Richtungen durch elaſtiſche Nadeln dargeſtellt werden, behandelt Fiſcher in [15], vgl. a. [16].

Literatur: [1] IX. Anweiſung für die trigonometriſchen und polygonometriſchen Arbeiten bei Erneuerung der Karten und Bücher des Grundſteuerkataſters, Berlin 1894. — [2] Gauß, F. G., Die trigonometriſchen und polygonometriſchen Rechnungen in der Feldmeßkunſt, 1. Aufl., Berlin 1876, und [2a], 2. Aufl., Halle 1893. — [3] Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Stuttgart 1877, 2. Aufl., Bd. 1, S. 385, vgl. a. 3. Aufl., 1888, Bd. 2, S. 268, und 6. Aufl., 1904, Bd. 2, S. 366. — [4] Franke, Die Grundlehren der trigonometriſchen Vermeſſung, Leipzig 1879, S. 242. — [5] Compt. rend. des séances de l'acad. des sciences, Bd. 82, 1876. — [6] Zeitſchr. f. Vermeſſungsw. 1877, S. 53. — [7] Helmert, Zeitſchr. f. Mathem. u. Phyſik 1868. — [8] Klingatſch, Die graphiſche Ausgleichung bei der trigonometriſchen Punktbeſtimmung, Wien 1894. — [9] Gengl, Beiträge zur graphiſchen Ausgleichung, Vierteljahrsſchrift der Naturforſch. Geſellſchaft, Zürich 1886. — [10] Puller, Zeitſchr. f. Vermeſſungsw. 1895, S. 553. — [11] Ebend. 1892, S. 618, Notiz über D'Ocagne, Compt. rend., Bd. 111. — [12] Hammer, Zeitſchr. f. Vermeſſungsw. 1896, S. 611. — [13] Runge, ebend. 1900, S. 581. — [14] Inſtruktion zur Ausführung der trigonometriſchen und polygonometriſchen Vermeſſungen behufs Herſtellung neuer Pläne für die Zwecke des Grundſteuerkataſters, Wien 1896, S. 126. — [15] Zeitſchr. f. Vermeſſungsw. 1899, S. 55, Verfahren zur Ausgleichung von Beobachtungsgrößen auf mechaniſchem Wege und Anwendung auf Ausgleichung nach der Methode der kleinſten Quadrate, und ebend., S. 655, Fehlerausgleichung auf mechaniſchem Wege. — [16] Hohenner, Graphiſch-mechaniſche Ausgleichung trigonometriſch eingeſchalteter Punkte, Stuttgart 1904.

Reinhertz.

Graphiſche Künſte, heute im weiteren Sinne alle Verfahren, die zur Vervielfältigung des Gemalten, Gezeichneten oder Geſchriebenen, ſowie überhaupt zur druckbildlichen Darſtellung irgend eines Objektes dienen. Einige gehören den bildenden Künſten an, wie z. B. der Holzſchnitt, die Radierung, der Kupferſtich und die Künſtlerlithographie, der größte Teil aber den reproduzierenden Künſten, alſo den mit mechaniſchen und photomechaniſchen Methoden arbeitenden.

Die graphiſchen Künſte ſcheiden ſich in zwei Hauptgruppen: 1. die rein photographiſchen Verfahren, bei welchen die Bilder durch Lichteinwirkung auf empfindlich gemachte Unterlagen entſtehen und durch geeignete Prozeſſe dauernd gemacht werden, und 2. die verſchiedenen Druckverfahren, deren Erzeugniſſe dadurch erhalten werden, daß eine Druckform mit Farbe verſehen und auf die zu bedruckende Unterlage durch Preſſen abgeklatſcht wird. Je nach der Art der Druckform teilt man die zweite Hauptgruppe in drei Klaſſen: A. Hochdruck; die druckenden Stellen der Form liegen höher als die nichtdruckenden und kommen daher allein mit der färbenden Walze und dem Papierblatte in Berührung (Holzſchnitt, Autotypie u. ſ. w.); B. Flachdruck; die druckenden Stellen der Form liegen mit den nichtdruckenden in einer Ebene, wobei letztere — wäſſerig feucht erhalten — die fette Farbe abſtoßen (Kreide-, Feder- und Photolithographie und -Algraphie, Lichtdruck); C. Tiefdruck; die druckenden Stellen liegen in der Form tiefer als die nichtdruckenden, von denen die im Ueberſchuſſe aufgetragene Farbe durch Wiſchen entfernt wird, während die Vertiefungen ſie feſthalten (Radierung, Kupferſtich, Heliogravüre, Steingravüre, Guillochierung u. ſ. w.).

Literatur: Weſſely, J. E., Geſchichte der graphiſchen Künſte, ein Handbuch für Freunde des Kunſtdrucks, Leipzig 1891; Seemann, Lehrbuch der vervielfältigenden Künſte, Dresden 1894; Goebel, Th., Die graphiſchen Künſte der Gegenwart, Stuttgart 1895, neue Folge, ebend. 1902; Kampmann, C., Die graphiſchen Künſte, 2. Aufl., Leipzig 1905; Die graphiſchen Künſte, Wien, ab 1879 (Publikation der Geſellſch. für vervielf. Kunſt); Adeline, Les arts de reproduction, Paris 1893.

A. W. Unger.

Graphiſches Rechnen, der Inbegriff aller Methoden zur Löſung von Aufgaben der Analyſis durch mit Lineal, Zirkel, Maßſtab und andern Zeichenwerkzeugen auszuführende Konſtruktionen. Man ſtellt hierbei die reellen Zahlgrößen in der Regel durch Strecken dar, die nach einem gewöhnlichen (gleichmäßig geteilten) oder auch z. B. einem logarithmiſchen Maßſtab (ſ. unten) aufgetragen ſein können.

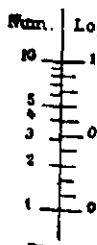


Fig. 2.

Vielfach wird das graphiſche Rechnen zuſammen mit der graphiſchen Statik (ſ. d.) in denſelben Lehrbüchern behandelt, und es wird darin oft auch auf graphiſche Tafeln (ſ. d.), auf Rechenapparate und auf die Verwandlung der Flächen und Körper eingegangen. — Abgeſehen davon, daß manche analytiſche Aufgaben ſich bis jetzt überhaupt nur graphiſch direkt löſen laſſen, beſtehen die Vorzüge der graphiſchen Methoden hauptſächlich darin, daß ſie anſchaulich und bequem ausführbar ſind; anderſeits iſt ihre Genauigkeit eine beſchränkte. Zeichnung und Rechnung ergänzen einander, und man wird oft gut tun, beide anzuwenden. Die genannten Vorzüge kommen bei den gewöhnlichen arithmetiſchen Operationen weniger zur Geltung als bei der Berechnung der Werte von Funktionen und der Auflöſung von Gleichungen.

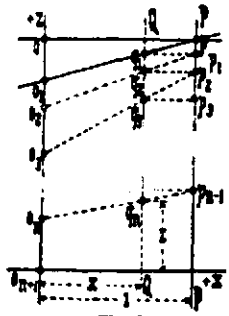


Fig. 1.

Von den zahlreichen Methoden zur graphiſchen Berechnung des Wertes, den eine gegebene rationale ganze Funktion

$$z = f(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_{n-1} x + a_n$$

für einen gegebenen Wert von x annimmt, iſt, falls ein gewöhnlicher Maßſtab benutzt wird, wohl die einfachſte (und zugleich eine der älteſten) diejenige von A. v. Segner [1]. Man trägt zur Vorbereitung (ſ. Fig. 1) in einer ſenkrechten Geraden, der z-Achſe, die Strecken $o\,o_1 = a_0$, $o_1\,o_2 = a_1$, $o_2\,o_3 = a_2$, $\ldots$ $o_n\,o_{n+1} = a_n$ auf, und zwar jede abwärts oder aufwärts, je nachdem ſie zu einem poſitiven oder negativen Koeffizienten gehört, zieht durch den letzten Punkt o_{n+1} eine Wagerechte, welche die x-Achſe gibt, ferner im Abſtand $+1$ von der z-Achſe eine Parallele P zu dieſer, welche die Wagerechte durch o in p ſchneiden möge, und noch die Gerade $p\,o_1$. Iſt dann ein beſtimmter Wert von x gegeben, ſo zieht man im Abſtand x die Parallele Q mit der z-Achſe, durch ihren Schnittpunkt q_1 mit $o_1\,p$ die Wagerechte $q_1\,p_1$, von deren Schnittpunkt p_1 mit P eine Gerade nach o_2, durch deren Schnittpunkt q_2 mit Q eine Wagerechte $q_2\,p_2$ bis P u. ſ. w. Der geſuchte Wert von $f(x)$ iſt dann gleich der Höhe (z-Koordinate) des Punktes q_n. Wird die Gerade Q parallel mit der z-Achſe ſtetig verſchoben, ſo beſchreibt der Punkt q_n die Kurve zur Gleichung $z = f(x)$. Die Abſziſſen der Schnittpunkte derſelben mit der x-Achſe ſind die Wurzeln der Gleichung $f(x) = o$.

Noch vorteilhafter, namentlich bei der Auflöſung von Gleichungen höheren Grades, iſt die logarithmographiſche Methode [2]. Nachdem die linke Seite der gegebenen Gleichung $f(x) = o$ auf irgend eine Weiſe in eine Differenz $f_1(x) - f_2(x)$ zweier Funktionen zerlegt worden iſt, ſetzt man jede gleich z, wodurch die beiden Gleichungen

$$z = f_1(x), \qquad z = f_2(x)$$

entſtehen. Indem man $\log x$ und $\log z$ zu Koordinaten eines veränderlichen Punktes nimmt, erhält man zu jeder dieſer Gleichungen eine Kurve; dann ſind die Abſziſſen der Schnittpunkte beider Kurven die Logarithmen der reellen poſitiven Wurzeln der Gleichung $f(x) = o$. Die negativen Wurzeln ergeben ſich durch die Beſtimmung der poſitiven Wurzeln der Gleichung $f(-x) = 0$. Bei einer algebraiſchen Gleichung gewöhnlicher Form geſchieht jene Zerlegung von $f(x)$ am einfachſten durch Trennung der poſitiven und negativen Glieder; oft iſt es zweckmäßig, die ganze Gleichung überdies mit einer Potenz von x zu dividieren. Die Logarithmentafel wird entbehrlich gemacht durch Benutzung eines logarithmiſchen Maßſtabes — auch logarithmiſche Skala oder Teilung genannt, ſ. Fig. 2, links —, wie ſie auf den logarithmiſchen Rechenſchiebern (ſ. Rechenmaſchinen) vorkommen und dadurch erhalten werden, daß man im Maßſtab der Zeichnung die Logarithmen der Zahlen in einer Geraden von einem Punkt aus abträgt und an die Endpunkte der abgetragenen Strecken die betreffenden Zahlen ſchreibt.

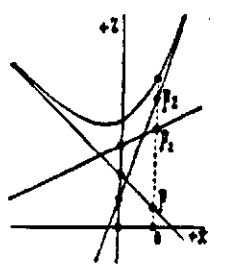


Fig. 3.

Zur Konſtruktion der fraglichen Kurven iſt folgendes zu bemerken. Beſteht die Funktion z aus einem einzigen Gliede $z = a x^n$, ſo gehört dazu (wegen $\log z = n \log x + \log a$) eine Gerade, die durch den Punkt $\log a$ der z-Achſe geht und deren Neigung gegen die x-Achſe $n : 1$ beträgt; es darf n auch negativ, gebrochen und irrational ſein. Beſteht z aus mehreren Gliedern, etwa

$$z = a x^n \pm a_1 x^{n_1} \pm a_2 x^{n_2} \pm \ldots,$$

ſo zeichnet man zuerſt die den einzelnen Gliedern entſprechenden Geraden. Schneidet dann (ſ. das Beiſpiel $z = 2x^3 + 7\sqrt{x} + \frac{3{,}5}{x}$ in Fig. 3) eine beliebige Parallele zur z-Achſe die x-Achſe

in o, jene Geraden in $p, p_1 \ldots$, ſo könnte man die Strecken $op, op_1 \ldots$ mit dem logarithmiſchen Maßſtab meſſen und die algebraiſche Summe der gefundenen Zahlenwerte mit demſelben Maßſtab in der Senkrechten auftragen, wodurch ſich ein Punkt der verlangten Kurve ergeben würde.

Schneller gelingt aber die logarithmiſche Addition bezw. Subtraktion zweier Strecken, wie op und op_1, mittels einer beſonderen Additions- bezw. Subtraktionskurve (Fig. 4) — man ſucht (ſ. Fig. 5 bezw. Fig. 6) zu pp_1 als Abſziſſe die zugehörige Ordinate der Additions- bezw. Subtraktionskurve und macht (unter Beachtung des Vorzeichens) $p_1 r$ gleich dieſer Ordinate, dann iſt $or = \log(\text{num}\, op + \text{num}\, op_1)$ bezw. $= \log(\text{num}\, op_1 - \text{num}\, op)$ — und am ſchnelliſten durch Anwendung des von E. A. Brauer in Karlsruhe konſtruierten logarithmiſchen Zirkels (ſ. [3] und Fig. 7): man braucht beiſpielsweiſe im Falle der Addition nur die erſten beiden Spitzen auf die Punkte p und p_1 zu bringen (Fig. 5), ſo gibt die dritte Spitze von ſelbſt die Lage des Punktes r an.

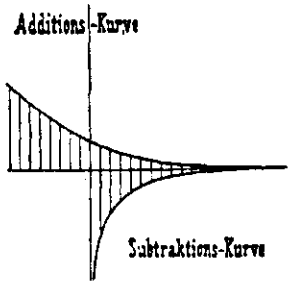


Fig. 4.

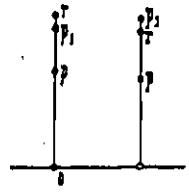


Fig. 5. Fig. 6.

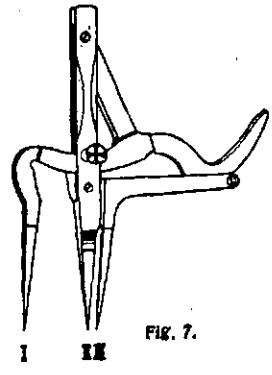


Fig. 7.

Unter Benutzung der Methoden der darſtellenden Geometrie laſſen ſich zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten $f(x,y) = 0$, $g(x,y) = 0$ logarithmographiſch auf folgende Art löſen [4]. Man zerlegt f und g auf irgend eine Weiſe in die Differenz zweier Funktionen $f_1(x,y)$ und $f_2(x,y)$ bezw. $g_1(x,y)$ und $g_2(x,y)$ und ſetzt jede gleich z, wodurch ſich die beiden Syſteme

$$z = f_1(x,y),\ z = f_2(x,y) \text{ und } z = g_1(x,y),\ z = g_2(x,y)$$

ergeben. Betrachtet man $\log x$, $\log y$, $\log z$ als Koordinaten eines veränderlichen Punktes, ſo ſtellt jede der vorhergehenden Gleichungen eine verhältnismäßig leicht zu konſtruierende Fläche, jedes der beiden Gleichungsſyſteme eine Raumkurve, nämlich die Schnittkurve der zugehörigen Flächen dar, und die Koordinaten der Schnittpunkte, welche die xy-Projektionen jener beiden Raumkurven liefern, ſind die Logarithmen der poſitiven reellen Wertepaare x, y, welche den gegebenen Gleichungen genügen. Ausdehnung der Methode auf Syſteme von mehr als zwei Gleichungen in [4 a].

Zur graphiſchen Auflöſung eines Syſtems von n linearen Gleichungen mit n Unbekannten ſind verſchiedene Methoden vorgeſchlagen worden, unter denen eine von van den Berg (ſ. [5], woſelbſt viele Literaturangaben) und diejenige von Klingatſch [7] erwähnt werden mögen. Die erſtere, von Mehmke vereinfacht [6], beſteht in einer graphiſchen Ausführung der bekannten Eliminationsmethode (ſ. Gleichungen, S. 565); bei der letzteren werden die Unbekannten als Hebelarme von parallelen Kräften betrachtet, deren Intenſitäten gleich den Koeffizienten der Unbekannten in den gegebenen Gleichungen ſind; die zu den Koeffizienten einer und derſelben Gleichung gehörigen Kräfte werden zu einem Syſtem zuſammengefaßt und es gelingt durch Konſtruktion der den einzelnen Kräfteſyſtemen entſprechenden Kräfte- und Seilpolygone, die Lage der Wirkungslinien der Kräfte und damit die Unbekannten zu beſtimmen.

Literatur: [1] Segner, A. v., Novi Commentarii Acad. Petrop., 1761, S. 111. — [2] Mehmke, R., Neue Methode, beliebige numeriſche Gleichungen mit einer Unbekannten graphiſch aufzulöſen, Civilingenieur, Bd. 35, S. 617, 1889. — [3] Katalog mathematiſcher ... Modelle, Apparate und Inſtrumente, im Auftrage der Deutſchen Mathematikervereinigung herausgegeben von W. Dyck, Nachtrag, Nr. 97, S. 40, München 1893. — [4] Mehmke, R., Neues Verfahren zur Beſtimmung der reellen Wurzeln zweier numeriſcher algebraiſcher Gleichungen mit zwei Unbekannten, Zeitſchr. f. Mathem. u. Phyſik, Bd. 35, 1890, S. 174. — [4 a] Derſ., Ueber die darſtellende Geometrie der Räume von vier und mehr Dimenſionen, mit Anwendungen auf die graphiſche Mechanik, die graphiſche Löſung von Syſtemen numeriſcher Gleichungen und auf Chemie, Mathem.-naturw. Mitteil. (2), 6, 1904, S. 44. — [5] Van den Berg, F. J., Over de graphiſche oplossing van een stelsel lineaire verglijkingen, Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenſchappen, Afdeeling Natuurkunde, 3. Reeks, Deel IV, 1887. — [6] Mehmke, R., Mathem. Sammlung der Moskauer Mathem. Geſellſch., Bd. 16, 1892, S. 342; ſ. a.: Des Ingenieurs Taſchenbuch, herausg. von der „Hütte", z. B. 16. Aufl., Berlin 1896, Abt. 1, S. 51. — [7] Klingatſch, A., Wiener Monatshefte für Mathem. u. Phyſik, 3. Jahrg., 1892, S. 169. Eine gedrängte Ueberſicht über das graphiſche Rechnen, mit zahlreichen Literaturangaben, iſt gegeben in der Enzyklop. der mathemat. Wiſſenſch., Leipzig 1902, Bd. 1, 2. Teil, S. 1006. — Unter den folgenden Lehrbüchern iſt das von Favaro-Terrier das ausführlichſte und durch reiche Literaturangaben ausgezeichnet. Conſinery, B.-E., Le calcul par le trait, Paris 1839; Cremona, L., Elemente des graphiſchen Calcul, aus dem Italieniſchen überſetzt von M. Curtze, Leipzig 1875; Culmann, C., Die graphiſche Statik, 2. Aufl., Zürich 1875, Bd. 1; Ott, K. v., Das graphiſche Rechnen und die graphiſche Statik, 4. Aufl., 1. Teil, Prag 1879; Favaro, A., Terrier, P., Leçons de statique graphique, 2e partie, Calcul graphique, Paris 1885. — Unter zahlreichen Schriften über graphiſche Integration verdienen als bahnbrechend hervorgehoben zu werden: Maſſau, J., Mémoire sur l'intégration graphique et ses applications (Extrait de la Revue universelle des mines, Bd. XVI, S. 243, 1884), Paris u. Liège 1885; Massau, J., Appendice au Mémoire sur l'intégration graphique et ses applications, Paris 1890.

Mehmke.

Graphiſche Statik iſt die von C. Culmann in Zürich († 1881) begründete Wiſſenſchaft, nach der die Aufgaben der Statik, insbeſondere der Bauſtatik, auf zeichneriſchem Wege mittels Zirkel, Lineal und Maßſtab gelöſt werden, im Gegenſatz zur „analytiſchen“ Statik, die ſich zu dieſem Zwecke algebraiſcher Formeln, der analytiſchen Geometrie und der Differentialrechnung bedient.

Eine Kraft wird in der graphiſchen Statik durch eine gerade Linie von beſtimmter Lage, Richtung und Länge dargeſtellt (vgl. Kräftemaßſtab). Die Zuſammenſetzung von Kräften erfolgt mittels Kräfte- und Seilpolygon (ſ. d.). Darauf geſtützt, laſſen ſich auf einfache Weiſe die an Balkenträgern wirkenden Momente und Querkräfte finden (vgl. Balken, graphiſche Berechnung). Die Erweiterung des Verfahrens führt zur Berechnung von Trägheits- und Zentrifugalmomenten (ſ. d.). Ebenſo einfach können Kräfte in Komponenten zerlegt werden. Eine nützliche Anwendung des Verfahrens der Zerlegung bildet die Ermittlung der Stabkräfte in einem ebenen, ſtatiſch beſtimmten Fachwerke (vgl. Cremonaſcher Kräfteplan). Verwickelter ſind die Methoden, nach denen durchlaufende Balken- und Bogenträger (ſ. d.) berechnet werden. Großen Vorteil bietet das graphiſche Verfahren bei der Ermittlung des Erddrucks auf Stützmauern, namentlich ſeiner großen Anpaſſungsfähigkeit wegen (vgl. Erddruck, graphiſche Berechnung). In neuerer Zeit erhielt die graphiſche Statik durch die Einführung der Einflußlinien (ſ. d.) eine wertvolle Bereicherung.

Die Vorteile des graphiſchen Verfahrens beim Löſen ſtatiſcher Aufgaben ſind größere Ueberſichtlichkeit und Allgemeinheit; der Gang der Arbeiten ſchließt ſich meiſtens unmittelbar der geſtellten Aufgabe an und kann leichter als die Formelrechnung überblickt werden. Die erzielte Genauigkeit iſt in den meiſten Fällen eine genügende. Auf der andern Seite ſind manche Fragen und Aufgaben der Bauſtatik der graphiſchen Behandlung unzugänglich und die Großzahl der alltäglichſten Aufgaben wird ſchneller mittels einfacher Formeln oder Zahlentabellen gelöſt. Am fruchtbarſten iſt für den Bautechniker eine zweckmäßige Verbindung der zeichneriſchen und der analytiſchen Methoden; häufig iſt es von Vorteil, die eine Methode durch die andre zu kontrollieren.

Literatur: Culmanns Hauptwerk „Die graphiſche Statik“ erſchien in Zürich 1866, die erſte Hälfte desſelben in 2. Auflage 1875. Zahlreiche andre Schriftſteller, auch außerdeutſche, haben die von Culmann entwickelten Theorien und Methoden vervollſtändigt und erweitert. Zurzeit beſteht, abgeſehen von Zeitſchriftenartikeln, eine größere Anzahl von Werken über den Gegenſtand, und er wird an faſt allen techniſchen Schulen mit mehr oder weniger Ausführlichkeit gelehrt. Herrmann in Aachen verfaßte auch eine „Graphiſche Statik der Maſchinengetriebe“ (Braunſchweig 1879). Vgl. auch Weyrauch, Ueber die graphiſche Statik, zur Orientierung, Leipzig 1874. *(W. Ritter) Mörſch.*

Graphiſche Summe. Reiht man auf einer geraden Linie Strecken von gegebener Länge mit dem Zirkel oder mit dem Maßſtab aneinander, ſo erhält man die Summe dieſer Strecken. Kommen in einem Summenausdruck poſitive und negative Glieder vor, ſo trägt man erſtere in dem einen Sinne, letztere im entgegengeſetzten Sinne auf. Die Reihenfolge, in der die gegebenen Strecken aufgetragen werden, iſt für das Endergebnis gleichgültig. Im weiteren Sinne nennt man graphiſche Summe das Ergebnis der Zuſammenſetzung von Strecken verſchiedener Richtung (vgl. Achſenpolygon, Kräftepolygon). *(W. Ritter) Mörſch.*

Graphiſche Tafel, auch Abakus (franz. abaque), oder Rechenblatt, oder Nomogramm genannt, heißt jede geometriſche Darſtellung einer Funktion von zwei oder mehreren Veränderlichen durch Reihen bezifferter Elemente (Punkte, Geraden oder Kurven), welche ebenſo wie eine Zahlentafel (numeriſche Tabelle) den Zweck hat, zu gegebenen Werten der Veränderlichen die Werte der Funktion zu liefern. Gut konſtruierte graphiſche Tafeln erfüllen ihren Zweck beſſer als numeriſche, weil bei ihnen das Interpolieren wegfällt bezw. durch das leichter und ſchneller ausführbare Schätzen mit dem Auge erſetzt wird; ſie gewähren einen guten Ueberblick, laſſen ſich abſolut fehlerfrei, in der Regel auch leichter als numeriſche Tafeln, herſtellen und ſind oft noch anwendbar, wo letztere, weil ſie zuviel Raum einnehmen würden oder die Zahl der Veränderlichen zu groß iſt, den Dienſt verſagen.

Eine Funktion $z = f(x, y)$ wird am einfachſten dargeſtellt, indem man die Schnitte der Fläche $z = f(x, y)$ mit einer Reihe wagerechter Ebenen, deren Höhen $z_0, z_1, z_2 \ldots$ ſein mögen, im Grundriß zeichnet und an jede der erhaltenen Kurven, welche nach Vogler [2] Iſoplethen genannt werden, den betreffenden Wert von z anſchreibt. Iſt dann ein beſtimmtes Wertepaar $x = a$, $y = b$ gegeben, ſo wird der zugehörige Funktionswert $f(a, b)$ an der durch den Punkt (a, b) gehenden Iſoplethe abgeleſen. Durch Einführung neuer Koordinaten, bezw. dadurch, daß man ungleichmäßig geteilte Achſenmaßſtäbe annimmt, laſſen ſich oft krummlinige Iſoplethen in geradlinige verwandeln, was Lalanne, von dem dieſer Gedanke herrührt, Anamorphoſe genannt hat [1]. Damit dieſelbe möglich ſei, muß die Funktion $f(x, y)$ einer gewiſſen partiellen Differentialgleichung genügen, welche Lecornu aufgeſtellt und allgemein integriert hat [3].

Iſt z. B. $z = a\,x^m y^n$, ſo genügt es, x und y mit einem logarithmiſchen Maßſtabe aufzutragen, denn durch Logarithmieren erhält man $\log z = m \log x + n \log y + \log a$, welche

Gleichung in $\log x$ und $\log y$ linear iſt, alſo, falls letztere Größen zu Koordinaten eines Punktes genommen werden, bei konſtantem z eine Gerade vorſtellt. Mitunter iſt es zweckmäßig, die Iſoplethen in Kreiſe oder andre einfache Kurven ſtatt in gerade Linien zu verwandeln (Beiſpiele in [4]). Dieſe Art von Tafeln haben ſich in techniſchen Werken und Zeitſchriften längſt eingebürgert.

Einen großen Fortſchritt hat in neuerer Zeit M. d'Ocagne durch Ausbildung der zuerſt von A. Adler [7] allgemein angegebenen Methode der fluchtrechten Punkte („points alignés") gemacht [6], [8], [9]. Jede der Veränderlichen x, y, z wird durch eine bezifferte (geradlinige oder krummlinige) Punktreihe dargeſtellt, und es finden ſich zuſammengehörige Werte der Veränderlichen ſtets an drei ſolchen Punkten, die in einer Geraden liegen. Tafeln dieſer Art ſind überſichtlicher, genauer, bequemer zu handhaben, leichter herzuſtellen und können mehr Veränderliche umfaſſen als die vorher beſprochenen.

Zu den beliebteſten Anwendungen der verſchiedenen Methoden graphiſcher Darſtellung gehören Tafeln zur mechaniſchen Auflöſung numeriſcher Gleichungen. Lalanne hat ſolche für dreigliedrige Gleichungen angegeben [1]; M. d'Ocagne für Gleichungen mit drei und vier Gliedern [6], [8], [9]; Reuſchle für Gleichungen, die bis zu vier Parameter enthalten [10]; Mehmke für Gleichungen mit bis zu ſechs Gliedern [11], [12], ferner für Syſteme von zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten [13] und für Gleichungen mit komplexen Koeffizienten [12]. — M. d'Ocagne hat für die Lehre von der graphiſchen Darſtellung geſetzmäßiger Beziehungen zwiſchen veränderlichen Größen die Bezeichnung Nomographie (vom griechiſchen nomos = Geſetz) vorgeſchlagen [8].

Literatur: Die ältere Theorie iſt am beſten in [2] entwickelt und durch ungemein zahlreiche Beiſpiele erläutert. Zur Methode der fluchtrechten Punkte iſt zu bemerken, daß vereinzelte Anwendungen davon zwar ſchon früher gemacht worden ſind, vgl. [5] und [14], daß jedoch M. d'Ocagne zuerſt ihre Tragweite erkannt und ihre Entwicklung am meiſten gefördert hat. Gedrängte Darſtellung des ganzen Gebietes mit zahlreichen Literaturangaben in [14]. — [1] Lalanne, Léon, Mémoire sur les tables graphiques et sur la géométrie anamorphique, Annales des ponts et chaussées, Mém. et documents, 1846, 1er semestre, S. 1. — [2] Vogler, Chr. A., Anleitung zum Entwerfen graphiſcher Tafeln und zu deren Gebrauch beim Schnellrechnen ſowie beim Schnellquotieren mit Aneroid und Tachymeter, Berlin 1877. — [3] Lecornu, Sur le problème de l'anamorphose, Comptes rendus de l'académie des sciences de Paris, 1886, Bd. 102, S. 813. — [4] Helmert, Ueber graphiſche Tafeln mit zwei Eingängen, Zeitſchr. f. Vermeſſungsweſen 1876, S. 24. — [5] Ganguillet u. Kutter, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1869, Taf. 9, Fig. 8; ſ. a. Handbuch d. Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 3, 1. Abt., Taf. 4. — [6] d'Ocagne, M., Procédé nouveau de calcul graphique, Annales des ponts et chaussées, Mémoires et documents, 1884, 2me semestre, S. 531. — [7] Berichte der Wiener Akademie, 1886, Bd. 94, 2. Abt., S. 404. — [8] d'Ocagne, M., Nomographie, les calculs usuels effectués au moyen des abaques, Paris 1891; vollſtändig neu bearbeitet unter dem Titel Traité de Nomographie, Paris 1899. — [9] Derſ., Le calcul simplifié, Paris 1894; 2. Aufl., Paris 1905. — [10] Reuſchle, C., Graphiſch-mechaniſche Methode zur Auflöſung der numeriſchen Gleichungen, Stuttgart 1884. — [11] Mehmke, R., Neue Methode, beliebige numeriſche Gleichungen mit einer Unbekannten graphiſch aufzulöſen, Civilingenieur 1889, Bd. 35, S. 617. — [12] Katalog mathematiſcher ... Modelle ..., im Auftrag der Deutſchen Mathematikervereinigung herausgegeben von W. Dyck, Nachtrag, München 1893, S. 10 u. 16. — [13] Mehmke, R., Neues Verfahren zur Beſtimmung der reellen Wurzeln zweier Gleichungen mit zwei Unbekannten, Zeitſchr. f. Mathem. u. Phyſik 1890, Bd. 35, S. 174. — [14] Encyklopädie d. mathem. Wiſſenſch., Leipzig 1902, Bd. 1, 2. Teil, S. 1024. *Mehmke.*

Graphit, auch Aſchblei, Potelot (Pottlot), Ofenfarbe, Ofenſchwärze, Graphitglimmer, Reißblei, fälſchlich Molybdän, Waſſerblei, Plumbago, kriſtalliſierter Kohlenſtoff, in einer beſonderen, von den übrigen Kohlenſtofformen abweichenden Aggregationsform, außerordentlich ſchwer verbrennbar, ſo daß man feuerfeſte Tiegel — Paſſauer Tiegel — daraus fertigt, erſcheint in horizontalen Kriſtallen, und zwar gewöhnlich in Geſtalt von ſechsſeitigen Tafeln. Eine aus Amerika kommende Sorte zeichnet ſich durch Blättchenform und ſilbergraue glänzende Färbung aus und ſteht hoch im Preis. Die Hauptmaſſen treten in derben Stücken auf, in denen man wohl kriſtalliniſche Struktur, aber keine deutlichen Kriſtalle unterſcheiden kann.

Er iſt von mehr oder weniger tief grauſchwarzer, mitunter bleigrauer Farbe, glänzend, beſonders beim Reiben mit dem Fingernagel; die Härte ſchwankt in ziemlich weiten Grenzen zwiſchen 0,5 und 1,0; das ſpez. Gew. iſt 1,8018—1,0440, doch zeigen unreine Stücke ein größeres ſpezifiſches Gewicht, das bis 1,9—2,2 geht. Beim Verbrennen hinterläßt er 0,3—30% Aſche je nach ſeiner Reinheit; die Aſche enthält Kieſelſäure, Tonerde, Kalk, Magneſia, Mangan, Eiſenoxyd u. ſ. w.; er läßt ſich mit chromſaurem Kali und Schwefelſäure oxydieren und gibt mit chlorſaurem Kali und Salpeterſäure Graphitſäure. Graphit hat eine ſehr ausgedehnte Verbreitung in der Natur; ſo zeichnet ſich namentlich Oeſterreich (Böhmen, Mähren), Bayern (in der Nähe von Paſſau), England (Borrowdale und Cumberland), Nordamerika (Maſſachuſetts, Kalifornien, Connecticut u. ſ. w.), Grönland, Spanien, Sibirien (Allibertſche Minen, die einen namentlich zur Bleiſtiftfabrikation vorzüglich geeigneten Graphit liefern), Ceylon, Finnland durch reiche Graphitlager aus. Graphit wird in gleicher Form und allgemeiner Beſchaffenheit wie natürlicher auch künſtlich gewonnen; ſo bildet er ſich beim Ausbringen von Eiſen aus den Schmelzöfen, in den Retorten der Leuchtgasgewinnung und bei Zerſetzung gewiſſer Cyanverbindungen.

Viele der natürlichen Graphitlager gestatten eine Ausbeutung nicht, weil das Material so mit fremden Mineralien verunreinigt ist, daß die Kosten der Reinigung den Wert des Produktes übersteigen würden. Die Reinigung des Graphits wird auf mechanischem Wege durch Pochen, Mahlen und Schlämmen, auf chemischem Wege durch Kochen mit Salzsäure, Auswaschen mit Wasser, Behandeln mit einer Lösung von kohlensaurem Kali und Glühen, Auswaschen mit Wasser und neuerliches Kochen mit Salzsäure vorgenommen und das Endprodukt endlich ausgewaschen und getrocknet. Auch durch Glühen des gemahlenen Graphits mit einem Gemenge von Soda und Schwefel, Auswaschen mit Wasser, Behandeln mit Salzsäure und hierauf folgendes Auswaschen kann Graphit gereinigt werden; Bronic empfahl folgendes Verfahren: Durch Mahlen in grobes Pulver verwandelter Graphit wird mit dem 14. Teil seines Gewichtes mit Kaliumchlorat gemengt, mit dem doppelten Gewichte dieses Gemenges mit Schwefelsäure so lange im Wasserbad erhitzt, als sich noch Unterchlorsäure entwickelt, worauf man erkalten läßt, mit großen Wassermengen auswäscht, trocknet und bis zum Rotglühen erhitzt. Der Graphit nimmt an Volumen zu und bildet ein ungemein zartes Pulver, das nach nochmaligem Auswaschen aus beinahe reinem Kohlenstoff besteht.

Graphit dient in gereinigter Form zur Bleistiftfabrikation (s. Bd. 2, S. 76); die gemahlenen und geschlämmten gewöhnlichen Sorten finden Anwendung zu Schmelztiegeln und feuerfesten Kompositionen, als Elektrizitätsleiter in der Galvanoplastik, zum Putzen und Polieren von Metall, zum Schwärzen und Glänzen von Eisenwaren, namentlich Oefen, zum Bronzieren von Gipsfiguren, zum Mischen unter Kalkmilch, als dauerhafte Oelanstrichfarbe für Eisen, Stein und Holz, als Kitte für Eisen (Mastic Serbat), als trockenes und mit Fett gemischtes Schmiermittel (trocken namentlich für Uhren), als Zahnradglätte, zur Ausführung der Sgraffitodekoration u.s.w.

Literatur: Wagner, Der Graphit, Berlin 1872. *Andés.*

Graphitpapier, s. Papiersorten.

Graphitschiefer werden die in den kristallinen Schiefern eingelagerten, sehr graphitreichen Schiefer genannt.

Sie sind meist feinschuppige bis dichte schwarze Aggregate von metallglänzendem, weichem und abfärbendem Graphit. Zumeist erhalten sie zwischen den Graphitschüppchen noch Quarz in größerer oder geringerer Menge, oft auch Glimmer, Chlorit u. s. w. Durch Aufnahme von Feldspat, Glimmer und Quarz gehen sie in Gneise, durch Aufnahme von Glimmer in Glimmerschiefer über. Ihr spez. Gew. ist 1,9—2,2. Die Graphitschiefer bilden regelmäßige Zwischenlager im Gneis und im Glimmerschiefer (Mähren, Schlesien, Böhmen, Passau in Niederbayern, Kärnten, Neubraunschweig, Ural u. s. w.).

Bei einiger Mächtigkeit werden die Graphitschiefer zur Gewinnung von Graphit benutzt, indem derselbe nach dem Mahlen des Rohgutes durch Schlämmen von den Verunreinigungen befreit wird. *Leppla.*

Graphitstifte, s. Bleistiftfabrikation.

Graphittiegel (Passauer Tiegel), feuerfester Schmelztiegel aus Graphit.

Graphitwiderstand, s. Widerstand, elektrischer.

Graphitzement, s. Kitte.

Graphometer (graphomètre), französische Bezeichnung für ein einfaches Winkelmeßinstrument wie das Astrolabium (s. d.), in der Regel bestehend aus einem mit Gradteilung versehenen Halbkreis (oder Kreis) mit einem in der Nullinie der Teilung angebrachten Diopter und einer mit Diopter versehenen Alhidade.

Die beiden Schenkel des zu messenden Winkels werden mit den beiden Dioptern einvisiert und an dem Index oder Nonius der Alhidade unmittelbar der Winkel abgelesen. Die zentrische Drehachse des Instrumentes wird von einem Kugelgelenk gehalten, so daß der Kreis in jede beliebige Ebene eingestellt werden kann. Zur Horizontal- oder Vertikaleinrichtung dient eine Libelle (eventuell ein Senkel), zuweilen ist auch in der Kreisebene ein Kompaß angebracht. *Reinhertz.*

Graphotypie, Verfahren zur Herstellung von Klischees für die Buchdruckpresse.

Erfunden wurde es von Clinton Hitchcock in New York und besteht darin, daß man feingemahlene Kreide mit schwachem Leimwasser anfeuchtet, auf einer Metallplatte ausbreitet und durch starken Druck in eine feste Platte verwandelt. Auf diese zeichnet jetzt der Künstler in Strichmanier mittels eines feinen Pinsels und mit einer die Kreide bindenden Flüssigkeit. Alle nicht von der Tinte getroffenen Stellen werden dann mit Wasser herausgebürstet, das resultierende Relief nochmals gehärtet und sodann stereotypisch oder galvanoplastisch abgeformt.

Graptolithenschiefer, in der Geologie, graue bis schwarze Tonschiefer der unteren Silurformation, die auf den Schichtflächen oft Abdrücke von Graptolithen (Resten von ausgestorbenen, zu den Cölenteraten [Medusen] gehörigen Tieren) enthalten. Die Schiefer sind oft bituminös und führen Kalksteinbänke. Manche Lagen werden als Dachschiefer benutzt. *Leppla.*

Grasmähmaschine, s. Mähmaschine.

Grasnarbe, s. Berasung.

Grasöle, indische, ätherische Oele aus verschiedenen Gräsern der Gattung Andropogon, die besonders in Ostindien, auf den Inseln des Indischen Archipels und im nördlichen Afrika heimisch sind.

Die aus ſolchen Gräſern gewonnenen Oele ſind das Zitronellöl aus Andropogon Nardus *L.*, das Palmaroſaöl aus Andropogon Schoenanthus *L.*, das Gingergrasöl, ein geringes Palmaroſaöl, das Lemongrasöl oder indiſche Verbenaöl aus Andropogon citratus *D. C.* und das Votiveröl oder Iwarankuſaöl aus Andropogon muricatus *Retz.* Sie finden vielfach Verwendung in der Parfümerie- und Toilettenſeifenfabrikation, das Palmaroſaöl beſonders auch zum Verfälſchen von Roſenöl und Geraniumöl.

Literatur: Gildemeiſter und Hoffmann, Die ätheriſchen Oele, Berlin 1899. *Deite.*

Grasſamen, die meiſt beſpelzten (d. h. von den bleibenden Deckblättern umhüllten) trockenen einſamigen Schließfrüchte (Caryopſen) gewiſſer Gramineen. Letztere ergeben durch reichliche Beſtockung, energiſches Wachstum und Dauerhaftigkeit einen geſchloſſenen Pflanzenverband, die Wieſe.

Den Naturwieſen, die übrigens auch nur dem Menſchen ihre Entſtehung verdanken [1], ſtehen die Kunſtwieſen gegenüber, die hauptſächlich durch den Anbau von paſſenden Grasſamen erzielt werden. Als ſolche ſind anzuführen: Timotheegras (Phleum pratense *L.*), engliſches und italieniſches Raigras (Lolium perenne und italicum), franzöſiſches Raigras (Arrhenaterum elatius), Wieſenſchwingel (Festuca pratensis), Knäuelgras (Dactylis glomerata); dieſe Pflanzen werden zur Gewinnung eines Saatgutes im großen gebaut. Von wildwachſenden Pflanzen werden ebenfalls Grasſamen eingeſammelt, und zwar von den Riſpengräſern (Poa pratensis und trivialis), vom Honiggras (Holcus lanatus), Treſpe (Bromus mollis), Ruchgras (Anthoxanthum odoratum) u. v. a. Der Handel mit Grasſamen iſt in hohem Grade Vertrauensſache, weil Fälſchungen, Vermiſchungen mit minderwertigem oder keimkraftloſem Saatgut außerordentlich häufig vorkommen [2], [3].

Den Techniker intereſſieren beſonders jene Grasſamen, die auf beweglichem Terrain (Sandböſchungen u. ſ. w.) anzubauen ſind, um eine feſte Decke zu bilden. Hierzu eignen ſich das franzöſiſche Raigras, der Wieſenhafer (Avenastrum pratense *Jessen*), vor allem aber die Quecke, Agropyrum repens *Beauv.*, die Binſenquecke, Agropyrum junceum (Meeresküſten), der Hundszahn, Cynodon dactylon *Pers.* (in Südſtaaten Nordamerikas die Grundlage des Weidegebietes, dort Bermudas-grass genannt) und Stenotaphrum americanum *Schrank* (Tropen und Subtropen, gegenwärtig ſchon im Süden Frankreichs, zum Binden des Uferſandes der Flüſſe) [4], die in kurzer Zeit den Sandboden überwuchern. Vor der Verwendung ſind die Grasſamen am beſten den Samenkontrollanſtalten behufs Prüfung auf Reinheit und Keimkraft vorzulegen.

Literatur: [1] Beck, G., und v. Mannagetta, Flora von Niederöſterreich, allgem. Teil, S. 57, Wien 1893. — [2] Nobbe, Handbuch der Samenkunde, Berlin 1876. — [3] Derſ. in Dammers Lexikon der Verfälſchungen, S. 348, Leipzig 1886. — [4] Hackel in Engler-Prantl, Pflanzenfamilien, II. Gramineen, Leipzig 1889. *T. F. Hanauſek.*

Grat, ſcharfe Kante; in der Baukunſt ſ. v. w. Firſt. — Grat (Gratlinien), die Waſſerſcheiden der Hochgebirgsformation mit dachförmiger Entwicklung. Kamm (Kammlinie), diejenigen der Mittelgebirgsformation mit gewölbter Rückenform.

Grat (Grad), im Bauweſen, ſtumpf- oder ſpitzwinklige Kante, insbeſondere ausſpringende Kante zweier zuſammenſtoßender Walmflächen des Daches. Auch an Gewölben die Kanten, in welchen die Kappen zuſammentreffen.

Gratabſchneider (Randſchneider), Schneideinrichtung an Fuß- oder Kraftpreſſen, gebildet durch zwei gegeneinander geſtellte zweiſeitig (Fig. 1) oder einſeitig (Fig. 2) geſchärfte Meißel zum Entfernen des Grates oder Randes *a* vom Gußteil *b*.

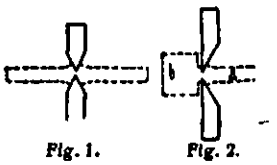


Fig. 1. Fig. 2.

Daichow.

Gratanfall erfolgt an dem Lehrgebinde eines Satteldaches nach verſchiedenen Methoden (ſ. die Figur), bei welchen die Gratlinien immer an der Außenkante des Geſpärres zuſammentreffen, der Anſchluß des längſten Walmſparrens aber verſchieden gebildet werden kann (ſ. Anfallspunkt). *Weinbrenner.*

Gratbalken, der zur Aufnahme des Gratſparrens dienende, lotrecht unter dieſem liegende Balken; er iſt bei den neueren Dachkonſtruktionen außer Uebung und bei Anwendung eines Gratgebindes durch einen Schuh (ſ. d.) erſetzt. *Weinbrenner.*

Gratbiege, im Bogen ausgeſchnittener oder geſchweifter Sparren eines Kuppel- oder Turmdaches; ſ. Dachſtuhl.

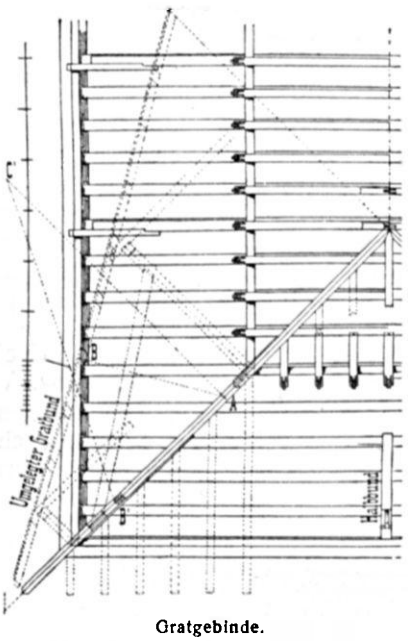
Gratblech, Blechverwahrung des Dachgrates. Ueber die Ausbildung der Konſtruktion ſ. Firſtblech.

Gratbogen, Diagonalbogen, Gratlinien, Grate oder Gierungen (arrêtes) heißen die Bogenlinien, nach welchen ſich zwei oder mehrere zylindriſche Gewölbe unter Bildung von Kreuz- bezw. Kloſtergewölben durchdringen. Werden

ſie vor die Gewölbelaibung vortretend profiliert, ſo werden ſie Gratrippen, Diagonalrippen oder Kreuzrippen genannt; ſ. Gewölbe.
L. v. Willmann.

Gratgebinde, Gebinde eines Walmdaches, in dem ſich der Gratſparren befindet.

Mit Vorteil wird dasſelbe als Halbgebinde ausgebildet, wobei die ſich am Grat treffenden Pfetten in ihrer Eckverbindung eine gute Unterſtützung und Verſteifung erhalten. In nebenſtehendem Werkſatzriß iſt ein ſtehender Dachſtuhl mit Kehlgebälke und dem Gratſparren dargeſtellt. $AB'C'$ iſt die Umklappung des ſenkrechten Schnittes AB durch den Gratſparren zur Feſtſtellung der Flucht $B'C'$ des letzteren in der Dachfläche. *Weinbrenner.*



Gratgebinde.

Grathobel, mit ſchräganliegender Sohle und Anſchlag zur Herſtellung einer Nut von keilförmigem Querſchnitt (eines Grates). Zum Arbeiten auf Querholz beſitzt der Grathobel einen Vorſchneider und einen auf der Sohle verſchiebbaren Anſchlag. Fig. 1 zeigt einen Grathobel ohne Stellung, Fig. 2 einen ſolchen mit Holzſtellung und Vorſchneider. *Dalchow.*

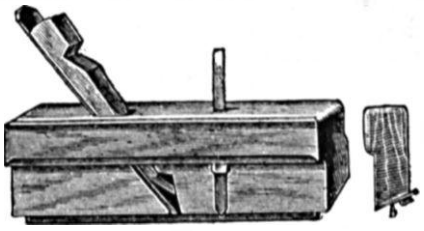


Fig. 2. Grathobel mit Holzſtellung und Vorſchneider.

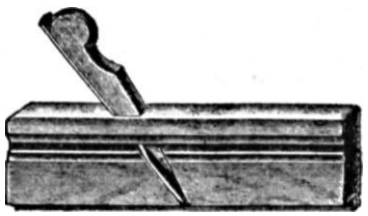


Fig. 1. Grathobel ohne Stellung.

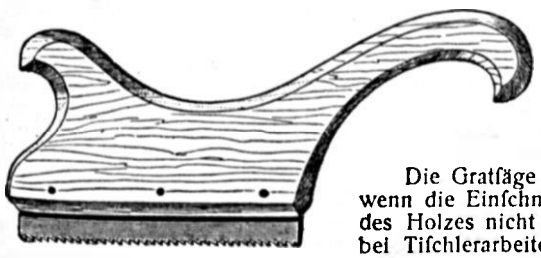
Gratkante, Kante zwiſchen zwei geneigten Flächen, die in ſcharfem oder ſtumpfem Winkel zuſammentreffen.

Gratleiſte, 1. auf den Grat eingeſchobene Leiſte (ſ. Einſchieben); 2. ſ. v. w. Firſtleiſte (ſ. Firſtlatte).

Gratlinie, Schnurſchlag auf dem Werkſatz zur Feſtſtellung der Ebene des Grates. Auch die Linie des Grates ſelbſt, als vorſpringende Kante des Schnittes zweier Dachflächen oder Gewölbelaibungen. Vgl. a. Gratbogen und Raumkurven. *L. v. Willmann.*

Gratrippe, ſ. Gratbogen.

Gratſäge, Säge mit 170 mm langem Blatt nebenſtehender Form, das in ſeiner ganzen Länge ſo in einen Holzgriff eingelegt iſt, daß von ſeiner Breite nur etwa 12 mm vorſtehen. Die Zähne (30 auf 100 mm) ſind mit den Spitzen nach dem Arbeiter hin gerichtet (ſtehen auf Zug), greifen alſo an, wenn der Arbeiter die Säge auf ſich zu zieht.



Die Gratſäge dient zum Einſchneiden ſehr breiter Hölzer, wenn die Einſchnitte mit einem Ende den Rand der Fläche des Holzes nicht erreichen; beſonders bei Holzverbindungen bei Tiſchlerarbeiten, bei der ſogenannten Zuſammenfügung auf den Grat. *Dalchow.*

Gratſeite, richtiger Walmſeite, Walmfläche, ſ. Dach, Bd. 2, S. 489.

Gratſparren, ein in der Ebene eines Dachgrates liegender Sparren. Näheres ſ. bei Dachſtuhl, ſpeziell Holzdachſtuhl, Bd. 2, S. 513.

Gratſtreifen, Metallſtreifen zur Abdeckung des Dachgrates; ſ. Firſtblech.

Gratwulſt, ſ. v. w. Firſtwulſt (ſ. d.).

Gratziegel, ähnlich dem Firſtziegel (ſ. d.) gebildet, oft kleiner oder

ſchmäler. Zur Befeſtigung dient am beſten ein Feſtnageln auf dem Gratſparren oder der Gratleiſte; daher ſollte der Ziegel mit Nagelloch verſehen ſein. *Wetzbrenner.*

Graubraunſteinerz, ſ. Braunſtein.

Graugüldigerz, ſ. Fahlerz.

Grauliegendes, ſ. Weißliegendes.

Graupe, ſ. Erze, Bd. 3, S. 507.

Graupel, etwa erbſengroße, meiſt runde, ſchneeballartige Kondenſationsprodukte des Waſſerdampfes der Atmoſphäre von ca. 2—5 mm Durchmeſſer, zuweilen mit einem Eisüberzug verſehen. Graupeln treten in Schauern bei böigem Wetter, beſonders im Frühjahr (März und April) und teilweiſe während der ſogenannten Kälterückfälle noch ſpäter, ſeltener im Herbſte auf, unter Bevorzugung der Tagesſtunden. *Großmann.*

Graupenbett, ſ. Setzarbeit.

Grauſpießglanz, ſ. v. w. Antimonglanz (ſ. d.).

Grauwacke iſt ein klaſtiſches oder Trümmergeſtein, das außer Quarz noch Feldſpat, Glimmer und Bröckchen von andern Geſteinen (Kieſelſchiefer, Tonſchiefer) in feſter Verkittung durch ein kieſeliges Bindemittel enthält.

Die Geſteine ſind grau, grünlichgrau, auch wohl rötlich gefärbt und nähern ſich in vielen Fällen den Quarziten, Sandſteinen und Arkoſen. Der Quarz als Hauptbeſtandteil zeigt eckige und abgerundete Formen. Feldſpat iſt häufig in glimmerige oder Tonſubſtanz umgewandelt. Der Glimmer kann in Grauwacken fehlen und iſt, wenn vorhanden, meiſt Muskovit. In vielen Fällen ſtellt er nicht einen urſprünglichen Gemengteil, ſondern eine Neubildung vor. Außerdem finden ſich oft noch grüne chloritiſche Faſeraggregate, Ton- und Kieſelſchieferbröckchen von eckiger Form und andre Geſteinsbruchſtücke unter den trümmerigen Gemengteilen. Eiſenerze als feinverteiltes Eiſenhydroxyd und Schwefelkies fehlen ſelten. Das kieſelige Bindemittel wird oft durch ein mehr dem Tonſchiefer ähnliches erſetzt. Iſt es mehr toniger Natur, dann iſt die Bindung des Geſteins eine geringe. Auch Kalkſpat als Bindemittel wurde beobachtet. Man darf die Grauwacken hinſichtlich ihrer Entſtehung als Sandſteine betrachten, in denen eine Reihe von Umwandlungen und Neubildungen (Quarz, Tonſchieferſubſtanz, Glimmer, chloritiſche Aggregate) beſondere Abweichungen, vor allem aber eine feſtere Bindung geſchaffen haben.

In bezug auf Struktur und Korngröße herrſcht unter den Grauwacken viel Wechſel. Bald ſind die Gemengteile parallel gelagert und die Geſteine ſchiefrig und deutlich geſchichtet, bald iſt die Anordnung der Gemengteile, ſelbſt des Glimmers, eine durchaus regelloſe und nur in dicken Bänken eine Schichtung zu erkennen. Sehr feinkörnige und dichte Grauwacken mit Glimmerſchüppchen, tonigem Bindemittel und ſchiefriger Parallelſtruktur werden als „Grauwackenſchiefer" bezeichnet. Sie bilden den Uebergang zu Tonſchiefer, ſind aber durchgehends härter als dieſer. Von ihm unterſcheidet ſich der Grauwackenſchiefer im Querbruch durch ein feinſandiges Ausſehen, das Zeichen dafür, daß er Quarz in Trümmern enthält. Fehlt bei den feinkörnigen und dichten Grauwacken eine Parallelſtruktur oder Schieferung, ſo erhalten die grünlichgrauen Geſteine das Ausſehen eines erhärteten Tones von ſplitterigem oder muſcheligem Bruch. — Die Grauwacken nehmen an dem Aufbau der älteren Formationen einen großen Anteil und vertreten hier vielfach die Stellen der Sandſteine. Beſonders das Kambrium, Silur und Devon ſowie das ältere Karbon oder Kulm ſind reich an Grauwacken. In den jüngeren und nicht gefalteten Schichtgeſteinen vermißt man ſie nahezu gänzlich.

Iſt das Bindemittel ein kieſeliges oder aus Tonſchieferſubſtanz beſtehend und das Korn kein allzu grobes, ſo erreichen die Grauwacken einen hohen Feſtigkeits- und Zähigkeitsgrad. Es wurden Druckfeſtigkeiten bis zu 3000 kg pro 1 qcm beobachtet. Iſt der Feldſpat noch leidlich friſch oder in glimmerige Aggregate, nicht in Kaolin umgewandelt, ſo ſind die Grauwacken mit kieſeligem Bindemittel ſehr widerſtandsfähig gegen Verwitterung. Zum Straßenbau eignen ſie ſich in ganz hervorragender Weiſe. Ihre Bearbeitung iſt aber der Zähigkeit halber und ſelbſt beim Mangel ſchiefriger Struktur ziemlich ſchwer und die Herſtellung von Pflaſterſteinen oft koſtſpielig. Als Mauerſtein und beſonders zu Waſſerbauten laſſen ſich die feſten Grauwacken mit Vorteil verwenden. Geſteinen, die Kaolin und ein toniges oder kalkiges Bindemittel enthalten, kommt ein beſonderer Vorzug nicht zu.

Literatur: Zirkel, F., Lehrbuch der Petrographie, Bd. 3, S. 740, Leipzig 1894. *Leppla.*

Grauwackenformation oder Grauwackengebirge wurden in der älteren Geologie die älteſten Sedimentärformationen des Kambrium, Silur und Devon zuſammengenommen bezeichnet.

Der Ausdruck war gleichbedeutend mit Uebergangsformation. Neben dem Hauptgeſtein der Schichtenreihe, der Grauwacke ſelbſt, unterſchied man noch Grauwacke-Kalkſtein, -Konglomerat, und -Sandſtein und verſtand darunter ganz allgemein die in der Grauwackenformation eingelagerten Kalkſteine, Konglomerate, Sandſteine ohne beſtimmte Geſteinsmerkmale. *Leppla.*

Gravieren [1] bedeutet, eine Zeichnung, Verzierung oder Schrift in einen Gegenſtand einſchneiden, eingraben, vertiefen oder auf demſelben erhaben ausarbeiten.

Zweck der Gravierkunſt iſt entweder Verzierung von Gegenſtänden (Gravieren von Gold-, Silber- und andern Metallarbeiten, von Waffen, Eiſen- und Stahlwaren, von Elfenbein,

Perlmutter, Schildpatt, Muſcheln, Leder, das Schriftſtechen und im weiteren Sinne das Gravieren von Linienteilungen auf mathematiſchen und andern Inſtrumenten, das Glasſchneiden [vgl. Glasſchneidewerkzeuge], das Steinſchneiden, das Emailgravieren, die Holzſchnitzerei, das Intarſienſchneiden, das Ziſelieren, Guillochieren u. a. m.) oder die Herſtellung von Vorrichtungen zum Abdruck oder Abguß in weichen Maſſen ſowie zum Druck mit Farbe (Stempelſchneidekunſt, das Siegel- und Wappenſtechen, die Schriftſtempelgravierung, die Stanzengravierung, die Gravierung für Buchbinder- und Ledergalanteriearbeiten, das Ausſchneiden von Schablonen, Anfertigung der Platten für Stahl- und Kupferſtich, Notenſtich u. ſ. w.).

Für die Flachgravierung wird die beabſichtigte Zeichnung zunächſt auf Papier entworfen und nachher auf dem Metalle mittels harter Spitze der Radier- oder Reißnadel (Spitzſtichel) eingeritzt, worauf ſie mit dem gewöhnlichen quadratiſchen oder rautenförmigen Grabſtichel (Flachſtichel) ausgeführt wird. Der Grat oder die rauhe Kante, welche der Grabſtichel zu beiden Seiten des geſtochenen Striches aufwirft, wird mittels Schabers oder mittels Schleifens u. ſ. w. beſeitigt.

Das Schraffieren, d. h. das Nebeneinanderlegen mehrerer Linien, wird entweder durch die mittels freier Hand geführten Grabſtichel oder durch Schraffiermaſchinen ausgeführt. Die Maſchine wird vorzüglich angewendet zum Kupferſtechen (Kupferſtechmaſchine) [2], Bd. 9, S. 84; zum Eingraben der Schraffierungen in Petſchaften u. dergl. [2], Bd. 7, S. 211; zum mechaniſchen Abbilden von Reliefs als Münzen u. ſ. w. (Reliefmaſchine, Glyptographiſche Maſchine [3]; Graviermaſchine, Reduziermaſchine der Leipziger Maſchinenbaugeſellſchaft vormals Elektrogravüre [6]. Die Maſchinen der letzteren Art bilden den Uebergang zu den Guillochiermaſchinen.

Das Guillochieren beſteht in dem Hervorbringen feiner oder ſtärkerer vertiefter Linien mittels einer Grabſtichelſpitze, welche ſeitens der Guillochiermaſchine [4] in eigenartigen Bahnen geführt wird. S. Guillochieren.

Statt des Abhebens einzelner Späne wird bei den Metallgravierungen auch das Punzen und Rändeln benutzt, welches Teile der bildſamen Metalloberfläche mittels Punzen und Gegenpunzen nach einem andern Orte verdrängt (vgl. Molettieren). Für die Hervorbringung des Muſters bei den Kattundruckwalzen hat man in dieſem Sinne auch Punziermaſchinen ausgeführt ([2], Bd. 8, S. 279), während es zum Gravieren und Guillochieren dieſer Walzen mancherlei Maſchinen gibt (Pantographengravüre [5]).

Das Punzen wird namentlich verwendet beim Gravieren von Petſchaften, Münzprägeſtempeln u. dergl. ſowie bei Verfertigung von Aufſchriften auf Metall u. ſ. w. Die Punzen des Graveurs unterſcheiden ſich von jenen des Goldarbeiters dadurch, daß ſie nicht bloß einfache Glieder einer Zeichnung enthalten, ſondern ganze Beſtandteile derſelben (Kronen, Helme, Sterne, Kreuze, Buchſtaben, Zahlen, Tierfiguren u. ſ. w.), die dann in ihrer Mehrzahl in vollkommenſter Gleichheit hervorzubringen ſind. Vgl. a. Grabſtichel, Edelſteinſchleiferei, Glasgravieren.

Literatur: [1] Karmarſch-Fiſcher, Mech. Technologie, Leipzig 1890, Bd. 2, S. 396; Stahl, Die moderne Gravierkunſt, Wien-Leipzig 1906. — [2] Prechtl, Technol. Encykl., Stuttgart 1830—69. — [3] Karmarſch, Beſchreibung einer Reliefmaſchine zur getreuen bildlichen Darſtellung von Münzen u. ſ. w. auf mechaniſchem Wege, Hannover 1836; Dinglers Polyt. Journ. 1837, Bd. 63, S. 95. — [4] Geißlers Drechsler, Bd. 2 u. 3, Leipzig 1796—1801; Prechtl, a. a. O., Bd. 7, S. 220; Jahrb. d. Wiener Polyt. Inſt., Bd. 8, S. 1. — [5] Bull. de la soc. ind. de Mulh., Bd. 27, S. 484, 491; Polyt. Zentralbl. 1856, S. 1362; Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1888, S. 340; Zipſer, Apparate u. ſ. w. der Wäſcherei u. ſ. w., Leipzig-Wien 1894, S. 96 ff. — [6] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1906, S. 25.

E. Müller-Dresden.

Gravierfarbe, -manier, ſ. Lithographiefarben, Lithographie.

Graviermaſchine, Maſchine zum Einſchneiden, Eingraben, Vertiefen u. ſ. w. gleichweit voneinander entfernter Linien in Metall, was ſich mit der Radiernadel oder dem Grabſtichel nicht ſo genau erreichen läßt.

Zu den Graviermaſchinen gehören die Teilmaſchinen, Guillochiermaſchinen, Schraffiermaſchinen und Pantographen, letztere beſonders zur Herſtellung von Prägeſtempeln und Petſchaften. *Dalchow.*

Gravitation, ſ. Schwere.

Gravitationsleitung, jene Waſſerleitung, bei der die Bewegung durch ein ſogenanntes natürliches Gefälle, alſo ohne Benutzung eines Motors lediglich unter dem Einfluſſe der Schwere erfolgt.

Gravüre, Zeichnung, die entweder mit freier Hand oder mittels Maſchinen in die beim Zeugdruck verwendeten metallenen Druckwalzen oder Platten eingegraben bezw. eingepreßt und eingeätzt wird.

Bei der ſogenannten Freihandſtecherei bedient man ſich verſchieden geformter Grabſtichel, Stempel, eventuell auch noch der Schraffiermaſchine. Im andern Falle werden jetzt faſt ausſchließlich der Pantograph und der Molettierſtuhl verwendet. *Singer.*

Greenheart, ſ. Nutzhölzer.

Greenockit, ſ. v. w. Kadmiumblende (ſ. d.).

Greenovit, ſ. Titanit.

Greenſand, ſ. Grünſand.

Greenſche Funktion, ſ. Potential.

Greenwicher Zeit, ſ. Zeit.

Greifer (Selbſtgreifer, Zangengreifer, Greifbagger, Löffelbagger, Drehſchaufelbagger, Exkavatoren) [1] dienen zur Ausführung von Erdarbeiten ſowie zum Verladen von Getreide, Kohlen, Koks, Müll, kleinen Eiſenteilen und Maſſeln (in Verbindung mit Magneten) u. ſ. w., d. h. alſo von körnigen und ſtückigen Stoffen (ſ. a. Elevator und Maſſentransport). Man unterſcheidet Seil- bezw. Kettengreifer und Stielgreifer.

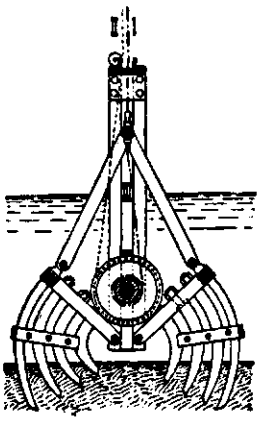


Fig. 1.

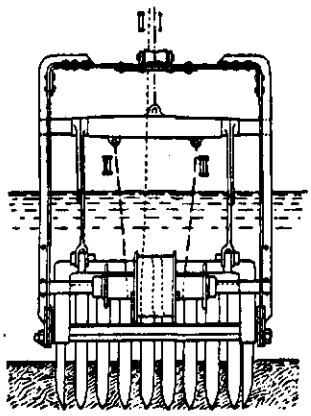


Fig. 1a.

Die Seilgreifer (Fig. 1—8) werden ausgeführt als Zweikettengreifer — die eine Kette (*A*, Fig. 7a) dient zum Schließen und zum Heben des gefüllten Greifers, die andre (*B*) iſt mit dem feſten Geſtell des Greifers verbunden und dient zum Tragen desſelben, während er geöffnet und entleert wird, was durch Nachlaſſen der erwähnten Schließkette *A* geſchieht;

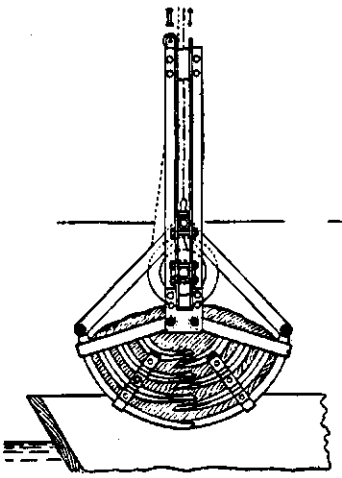


Fig. 3.

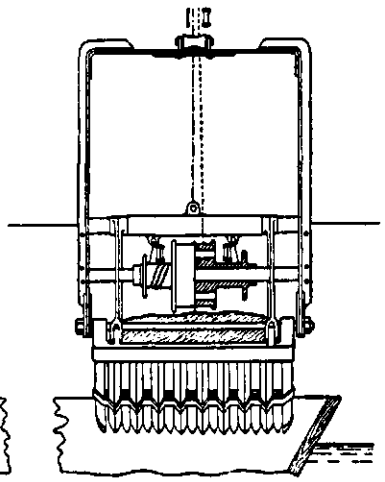


Fig. 3a.

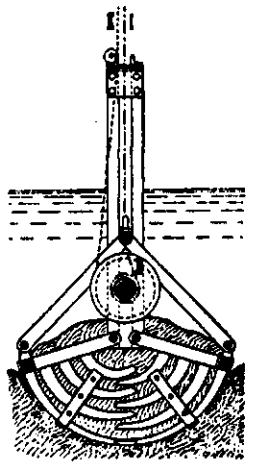


Fig. 2.

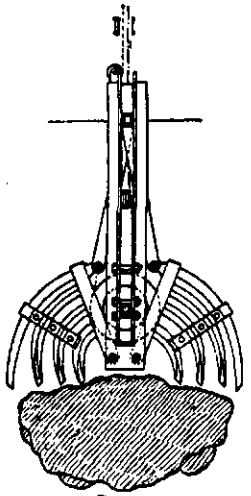


Fig. 4.

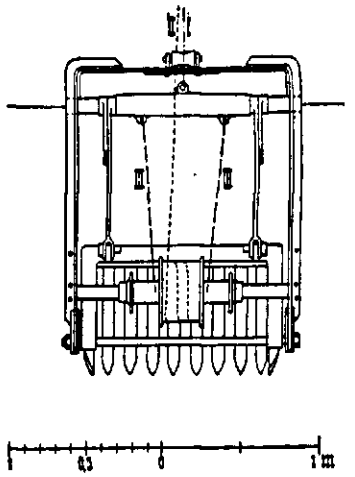


Fig. 4a.

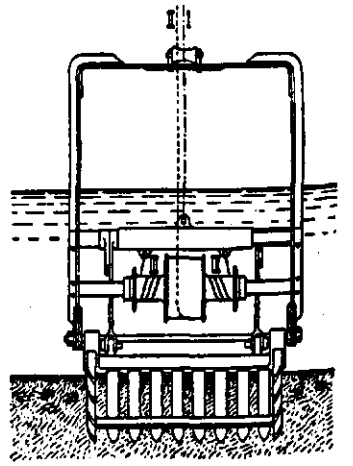


Fig. 2a.

die beiden Ketten müſſen unabhängig voneinander bewegt werden können; daher erfordert der Greifer eine beſondere Winde mit zwei voneinander unabhängigen Trommeln — oder als Einkettengreifer — der Greifer enthält in ſich ſelbſt eine geeignete Vorrichtung, welche

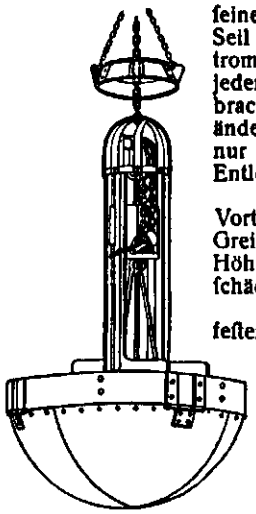


Fig. 5a.

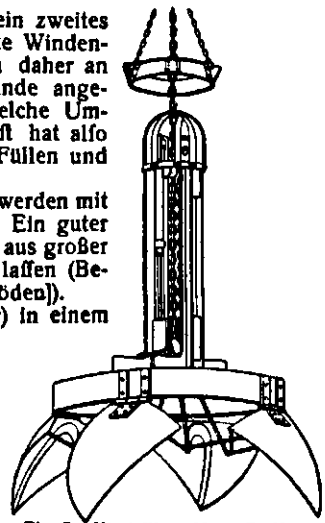


Fig. 5. Vierteiliger Hone-Greifer.

feine Entladung geſtattet, ohne daß hierzu ein zweites Seil bezw. eine zweite Kette und eine zweite Windentrommel erforderlich iſt. Dieſer Greifer kann daher an jedem beliebigen Kran mit einfacher Hubwinde angebracht werden, ohne daß am Kran irgendwelche Umänderungen vorzunehmen ſind; der Maſchiniſt hat alſo nur den Greifer zu heben und zu ſenken, das Füllen und Entleeren geſchieht ganz ſelbſttätig.

Beſonders für große Leiſtungen (ſ. unten) werden mit Vorteil Stielgreifer (Fig. 9) verwendet. — Ein guter Greifer ſoll arbeiten, ohne daß es nötig iſt, ihn aus großer Höhe mit Gewalt auf das Material fallen zu laſſen (Beſchädigung der Greifer wie der Fahrzeuge [Böden]).

Die Greifer beſitzen zwei oder mehr (vier) in einem feſten Geſtell drehbar gelagerte Schaufeln, vielfach aus Keſſelblech mit glatten Stahlſchneiden oder aufgenieteten Stahlzähnen (vgl. Fig. 5 und 5a, Zahlentafel I und [2]). Den Arbeitsvorgang der älteſten (heute noch viel gebauten) Zweikettengreifer von Prieſtman veranſchaulicht Fig. 1—4. Bei neueren Bauarten von Hunt ([3] und Zahlentafel II), Hone (ausgeführt von J. Pohlig, A.-G. in Köln; ſ. a. Fig. 5 und 5a, [4] und Zahlentafeln III und IV), Hoppe in Berlin [5], A. Bleichert & Co. in Leipzig [6], Schenck in Darmſtadt, Menck & Hambrock in Altona (Zahlentafel V) Bünger & Leyrer in Düſſeldorf, Mohr & Federhaff in Mannheim [7], Düſſeldorfer Kranbaugeſellſchaft [8], Lofenhauſen in Düſſeldorf [9] und W. Fredenhagen in Offenbach a. M. [10] ſind die Drehpunkte der Schaufeln an den äußeren Kanten des Rahmens angeordnet, ſo daß möglichſt viel Material gefaßt und beim Schließen ein langer Weg ausgeführt werden kann (Fig. 6 und 6a). Beim Zweikettengreifer von Jäger in Duisburg (Fig. 7 und 8, vgl. Zahlentafel VI und [11]) beträgt die Ueberſetzung des zum Schließen eingebauten Flaſchenzuges von 1 : 6 bis 1 : 8.

Zahlentafel I (zu Fig. 5 und 5a). Mehrteiliger Einkettengreifer von Hone (Pohlig).

Nr.	Breitenabmeſſung des Greifers geſchloſſen	Breitenabmeſſung des Greifers geöffnet	Gewicht	Inhalt	Stündl. Hubzahl bei 12 m
	m	m	kg	cbm	
1	1,22	2,14	1118	0,57	80
2	1,37	2,36	1321	0,86	70
3	1,52	2,60	1524	1,15	60
4	1,68	2,90	2032	1,53	50

Zahlentafel II. Zweiteiliger Zweikettengreifer von Hunt (Pohlig).

Nr.	Höhe des Greifers geöffnet	Höhe des Greifers geſchloſſen	Breitenabmeſſung des Greifers geöffnet	Breitenabmeſſung des Greifers geſchloſſen	Gewicht	Inhalt
	mm	mm	mm	mm	kg	cbm
1	2240	1920	2040×1340	1935×1340	1600	1,0
2	2350	2020	2570×1480	1870×1480	1900	1,75
3	2500	2250	3300×1680	2100×1680	2300	2,5

Zahlentafel III. Hone-Greifer für gewöhnliche Drehkrane mit beliebigem Windwerk.

Nr.	Höhe des Greifers geöffnet	Höhe des Greifers geſchloſſen	Breitenabmeſſung des Greifers geöffnet	Breitenabmeſſung des Greifers geſchloſſen	Gewicht	Inhalt
	mm	mm	mm	mm	kg	cbm
1	2700	2520	1770×1300	1370×1300	970	0,6
2	2900	2700	2100×1200	1500×1200	1150	0,8
3	2900	2700	2100×1450	1500×1450	1325	1,0
4	3210	2910	2200×1560	1680×1560	1425	1,25
5	3210	2910	2200×1860	1680×1860	1650	1,5
6	3520	3200	2550×1960	1860×1960	2150	2,0
7	3520	3200	2550×2060	1860×2060	2450	2,25

Zahlentafel IV. Hone-Greifer für Hunt-Elevatoren (ſ. Elevator).

Nr.	Höhe des Greifers geöffnet	Höhe des Greifers geſchloſſen	Breitenabmeſſung des Greifers geöffnet	Breitenabmeſſung des Greifers geſchloſſen	Gewicht	Inhalt
	mm	mm	mm	mm	kg	cbm
1	3400	3200	2100×1200	1500×1200	1600	0,8
2	3400	3200	2100×1450	1500×1450	1800	1,0
3	3600	3300	2200×1560	1680×1560	2000	1,25
4	3600	3300	2200×1860	1680×1860	2200	1,5
5	4200	3880	2550×1960	1860×1960	2400	2,0
6	4200	3880	2550×2060	1860×2060	2550	2,25

Zahlentafel V. Greifer von Menck & Hambrock in Altona a. E.

Faſſungsvermögen des Greifers	cbm	0,5	0,75	1,00
Annähernde Leiſtung für den Tag von 10 Arbeitsſtunden in weichem Boden bei 6 m Hebehöhe	t	240	340	440
Annähernde Leiſtung für den Tag von 10 Arbeitsſtunden in weichem Boden bei 12 m Hebehöhe	t	175	250	325
Ausladung des Kranes	m	4,5	4,75	5,00
Gewicht des vollſtändigen Greifbaggers:				
a) mit feſtſtehendem Dampfkran und einem Greifer mit glatter Stahlſchneide etwa	kg	9700	13000	16500
b) mit fahrbarem Dampfkran und einem Greifer mit glatter Stahlſchneide etwa	t	10200	13750	17500

Zahlentafel VI (zu Fig. 8). Greifer von Jäger in Duisburg.

Nr.	Inhalt	b	h	b_1	h_1	w	Länge der Schaufel	Gewicht
	cbm	mm	mm	mm	mm	mm	cm	kg
1	1	1410	705	2150	1450	2000	1400	1200
2	1,5	1560	780	2400	1600	2250	1550	1400
3	2	1730	865	2650	1750	2500	1700	1600
4	2,5	1880	940	2900	1950	2750	1850	1800

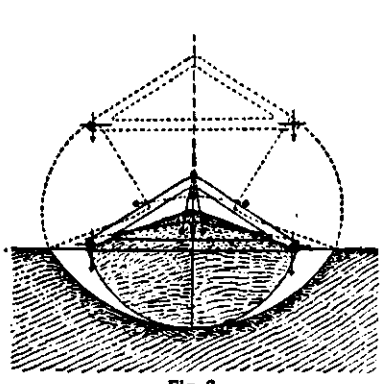


Fig. 6.

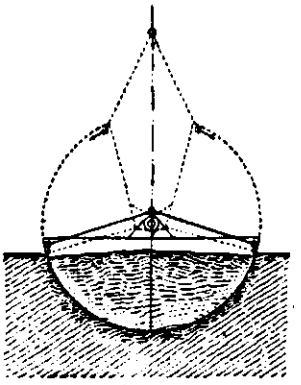


Fig. 6a.

Vergleich der Wirkung von Greifern älterer und neuerer Bauart.

Zu den größten Greifern gehören die von Hulett (Nordamerika) gebauten Stielgreifer (Fig. 9). Auf dem längs der Kaimauer fahrbaren Vollportal *a* mit nach hinten auskragendem oberen Hauptträgerpaar ist senkrecht zur Ufermauer eine Plattform *b* mit einem dreieckigen Fachwerkstück *c* fahrbar angeordnet, dessen Pfosten *d* einem großen ungleicharmigen Winkelhebel *e* als Drehachsenlagerung dient. Letzterer trägt an dem vom Hafen aus gesehenen vorderen Ende die um eine senkrechte Achse drehbare kastenförmige, zugleich als Wärterhaus dienende Greifersäule *f* mit außerachsig daranhängendem Greifer *g*, an dem hinteren Ende dagegen als Gegengewicht den für die Erzeugung des Preßwassers für den hydraulischen Antrieb des gesamten Greiferhebel-

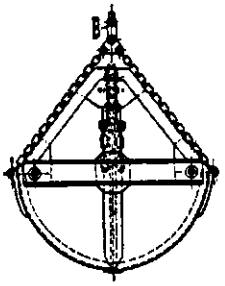


Fig. 7.

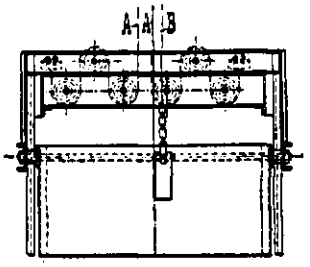


Fig. 7a.

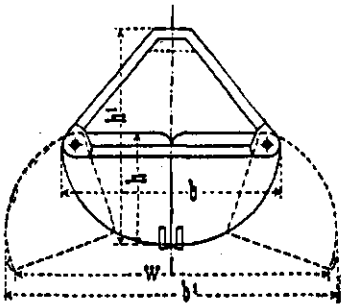


Fig. 8.

Greifer von Jäger in Duisburg.

systems erforderlichen Dampfdruckwasserakkumulator *h*. Die durchschnittlich 9 t Erz fassenden Greifer entleeren meist in Selbstentladereisenbahnwagen; für den Fall, daß leere Wagen nicht schnell genug verholt sind, schütten die Greifer in fahrbare Gefäße *t*, die als Zwischenrümpfe aufzufassen sind. Abmessungen und Leistungen (122, 250 und 450 Tonnenstunden) s. [12].

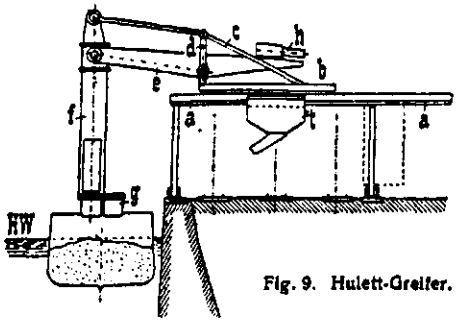


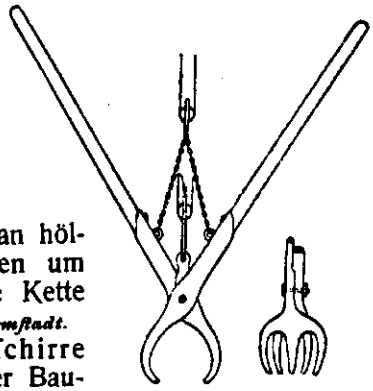
Fig. 9. Hulett-Greifer.

Literatur: [1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886, Nr. 46 ff. (Modellversuche von Salomon); Buhle, Technische Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern, Berlin 1906, 3. Teil, S. 1, 70 ff. (Weismüller-Greifer) und S. 235 ff. (Magnete); ebend., S. 155, und 2. Teil, S. 192 ff.; Elektr. Bahnen und Betriebe, 1905, S. 600 ff. (Maßeln u. s. w.). — [2] Buhle, Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1905, S. 415, bezw. Technische Hilfsmittel u. s. w., 3. Teil, S. 66 ff. (Müll u. s. w.). — [3] Derf., Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1899, S. 1252 ff., bezw. Technische Hilfsmittel u. s. w., 1. Teil, S. 40 ff. — [4] D.R.P. Nr. 89881; ferner Buhle, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 514, und 1902, S. 1471; Derf., Technische Hilfsmittel u. s. w., 1. Teil, S. 81, 2. Teil, S. 48, 3. Teil, S. 7; Derf., Deutsche Bauztg. 1904, S. 527 (vgl. a. 1906, S. 30 ff., und „Stahl und Eisen" 1906, Nr. 14; v. Hanffstengel, Dingl. Polyt. Journ. 1903, S. 308 ff. — [5] Buhle, Glasers Annalen 1898, II, S. 49 ff. — [6] Derf., Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1905, S. 426, bezw. Technische Hilfsmittel u. s. w., 3. Teil, S. 141 und 237. — [7] Dingl. Polyt. Journ. 1903, S. 295 ff.; Ernst, Hebezeuge, 4. Aufl., 1. Teil, S. 607. — [8] v. Hanffstengel, Dingl. Polyt. Journ. 1903, S. 103. — [9] Derf., ebend. 1902, S. 556. — [10] Derf., ebend. 1903, S. 306 ff. — [11] Derf., ebend. 1903, S. 282 und 310. — [12] Suchoviak, Glasers Annalen

1904, I, S. 41 ff.; Buhle, Technifche Hilfsmittel u.f.w., 3. Teil, S. 171; Derf., „Stahl und Eifen" 1906, Nr. 14; Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1904, S. 1550. *M. Buhle.*

Greifer, f. Nähmafchinen.

Greifzange (Teufelsklaue) dient zum Befeitigen von Steinen oder ähnlichen Hinderniffen unter Waffer. Sie befteht aus zwei kräftigen, gekrümmten eifernen Armen, wovon entweder nur einer oder auch beide (bei genügendem Raum) an hölzernen Stangen befeftigt find. Die Arme werden um den zu hebenden Stein gelegt und alsdann eine Kette angezogen. *Schmitt-Darmftadt.*



Greifzange.

Greifzeuge oder Hebezeuge, auch Hebegefchirre genannt, find Vorrichtungen zum Erfaffen größerer Bauftücke, um fie mittels mafchineller Vorrichtungen heben und verfetzen zu können.

1. Für Quaderfteine find für diefen Zweck am gebräuchlichften die Keilklauen oder Wölfe (f. Fig. 1—5), die in die fchwalbenfchwanzförmig in den Stein eingemeißelten Löcher gefteckt und deren Keilflächen in der in Fig. 3 angegebenen Weife eingeklemmt werden,

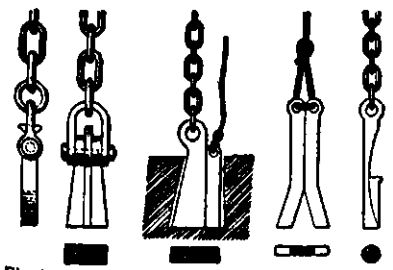


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

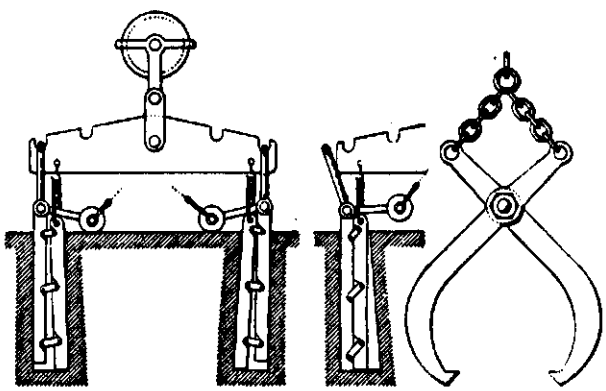


Fig. 6. Fig. 7. Fig. 10.

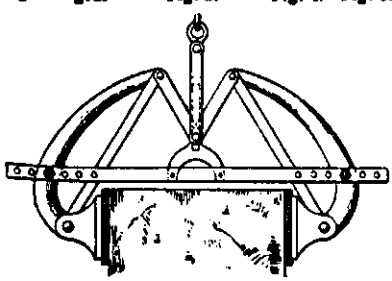


Fig. 8.

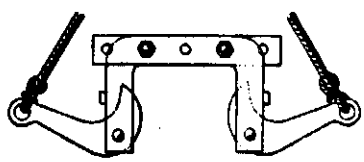


Fig. 9.

Fig. 11.

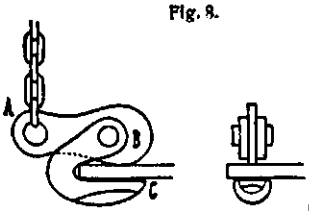


Fig. 12.

wodurch das Anheben erfolgen kann [1]. Der von Matthew ausgebildete Doppelwolf [2] mit Wagbalken (f. Fig. 6 und 7) ermöglicht beim Auffetzen des Steins ein felbfttätiges Auslöfen der in die Löcher gefteckten, beim Anheben auseinander gedrängten Schienen. Die Wirkung der Kniehebelfteinzange von J. Wolf & Cie. in Heilbronn (f. Fig. 8) beruht auf Reibung, indem die Greifbacken durch das Eigengewicht des Steins mittels ftarker Kniehebelüberfetzung gegen die Steinfläche gepreßt werden. Bei glatten und naffen Steinen müffen entfprechende Vertiefungen angebracht werden, um ein Abrutfchen zu verhüten. Auf demfelben Gedanken beruht die Barrèrefche Steinzange [3] fowie die Daumenzange (Fig. 9) und der Steingreifer von Perdriel [4] fowie die Patentdaumenzange von Huffony [5]. Bei fehr harten Steinen, bei denen das Einmeißeln von Wolflöchern zu zeitraubend ift, werden die angeführten Greifzeuge fowie die Greiffchere (f. Fig. 10) mit Vorteil zu verwenden fein, welch letztere bezüglich der Form der Zangenarme durch Zimmermann eine wefentliche Verbefferung erfahren hat [6].

2. Für Hölzer werden, wenn vom Anbinden mittels entfprechender Seile abgefehen werden muß, Klammern, in Geftalt von Gerüftklammern (f. Baugerüft), oder Spitzhaken verwendet, die in das Holz einzufchlagen find. Auch fogenannte Teufelsklauen, in Form zweier an einer Kette einander zugekehrt lofe an Ringen hängenden Haken, ebenfo wie Holzfcheren, die ähnlich der Fig. 10 ausgebildet find, werden angewendet. Bei den letzteren werden die Spitzen durch die Hebelwirkung der oberen Arme beim Aufziehen feft in das Holz eingedrückt [7].

3. Für Eisenteile von einem Gewicht über 500 kg werden entweder Zugringe in vorhandene oder besonders zu bohrende Bolzenlöcher geschraubt, oder es werden auch hier scherenartige oder auf Klemmwirkung beruhende Greifzeuge zur Anwendung gebracht.

Die Trägerzange von Jul. Wolf & Cie. in Heilbronn a. N. (D.R.G.M. Nr. 188969) (Fig. 11) besitzt besonders ausgebildete, den Profileisen angepaßte Greifbacken, durch welche nicht nur in der Zangenebene, sondern, je nach der Stellung des Trägers, auch in einer zu ihr geneigten Richtung eine Klemmwirkung ausgeübt wird, die ein Herausgleiten des Trägers verhindert. Die Zange wird in zwei Größen, und zwar für die Normalprofile 8 bis 30 zu 20 ℳ, für die Normalprofile 20 bis 50 zu 30 ℳ geliefert.

Zum Anpacken schwerer Bleche, die aber mindestens an zwei gegenüberliegenden Stellen erfaßt werden müssen, dient die in Fig. 12 dargestellte Daumenzange [8]. Die klemmende Wirkung erfolgt durch den ungleicharmigen Hebel AB, der, bei A angezogen, in B einen entsprechenden Druck auf das unten vom Daumen C unterstützte Blech ausübt.

Literatur: [1] Vgl. a. den Wolf von F. Minthe (D.R.P. Nr. 30461), Deutsche Bauztg. 1885, S. 448. — [2] Handbuch d. Ingenieurwissensch., Bd. 4, Abt. 2, Kap. 6, Leipzig 1885, S. 24; Zeitschr. d. Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1875, S. 573. — [3] Bull. d. l. soc. d'encour. pour l'industrie nat. 1877, S. 269, und Dinglers Polyt. Journ. 1877, Bd. 225, S. 334; Steinhebezeug von Darnton Hutton, Handbuch d. Ingenieurwissensch., Bd. 4, Abt. 3, 1. Lief., Leipzig 1887, S. 19, Taf. 1, Fig. 8; Schwedische Steinklaue, Zeitschr. d. Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1876, S. 594; Klauen und Kloben zum Versetzen von Lasten, Haarmanns Zeitschr. f. Bauhandw. 1876, S. 143. — [4] Zentralblatt d. Bauverwaltung 1899, S. 580 und 607. — [5] D.R.G.M. Nr. 14027, Baugewerksztg. 1894, Jubiläumsbeilage VII. — [6] Zentralblatt d. Bauverwaltung 1884, S. 82. — [7] Zeitschr. d. Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1889, S. 451, und Bl. 11. — [8] Zeitschr. d. Vereines deutscher Ingen. 1904, S. 1628.

L. v. Willmann.

Greifzirkel, s. Meßwerkzeuge.

Greisen, in der Gesteinskunde ein granitartiges, aus Quarz und Glimmer bestehendes, feldspatfreies Gestein, das wahrscheinlich aus Granit entstanden und mit ihm in seinem Auftreten eng verbunden ist.

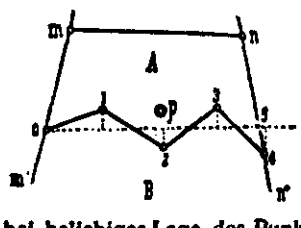
Der Greisen ist körnig, ungeschichtet und ungeschiefert, zuweilen drusig, die Farbe grau. Der Glimmer hat meist eine graue, gelbliche oder grüne Farbe und ist lithionhaltig. Wichtig ist der Greisen wegen des Reichtums an Zinnerz (Zinnstein) im sächsischen Erzgebirge, Cornwall, Insel Banka.

Leppla.

Grenadillholz, s. Nutzhölzer.

Grenzausgleichung (Grenzberichtigung, Grenzherstellung, Grenzverlegung). — Soll eine Grundstücksgrenze, etwa ein vielfach gebrochener (also im allgemeinen unzweckmäßig verlaufender) Grenzzug, begradigt (ausgeglichen) werden, so daß die mehrfach gebrochene in eine ungebrochene oder nur einmal oder wenig gebrochene Grenze verwandelt wird, so handelt es sich um eine Grenzausgleichung oder Begradigung. Für dieselbe sind in der Regel durch die obwaltenden Umstände gewisse Bedingungen für die Lage der Linie gegeben, die mehr oder weniger streng zu erfüllen sind.

So kann für den gebrochenen Grenzzug *o*—4 (s. die Figur) zwischen den Grundstücken *A* und *B* die Bedingung vorliegen, daß die neue Grenzlinie parallel zu einer gegebenen Linie *m n* (Grenzlinie, Weg, Graben) oder rechtwinklig zu einer gegebenen Linie, etwa zu *m m'* oder *n n'*, liegen soll, oder daß sie einen Punkt mit dem alten Grenzzug gemeinsam haben soll, z. B. *o* oder 4 oder 2, oder einen gar nicht dem Grenzzuge angehörenden Punkt wie *p*. Am einfachsten wird hierbei von einer Hilfslinie ausgegangen, welche die eine Bedingung bezüglich der Lage der Linie (also z. B. parallel zu *m n*, rechtwinklig zu *m m'*, oder durch Punkt *o* oder *p* u. s. w.) streng erfüllt, die Flächenbedingung aber nach Schätzung soweit möglich. Von dieser Hilfslinie als Abszisse (z. B. der in der Figur punktierten *o*—5) wird dann der vorhandene Grenzzug mit rechtwinkligen Abständen (Ordinaten) aufgemessen und die Fläche zwischen der Hilfslinie und der Grenze berechnet (s. Flächenberechnung). Die Flächensumme muß Null sein. Ist das nicht der Fall, so ist die Abweichung so zu beseitigen, daß sowohl die Bedingung für die Lage der Linie als auch diese Flächenbedingung erfüllt wird. Beträgt die Abweichung ΔF, so ist bei Parallelverschiebung die Linie um $\Delta F : s$ zu verschieben (s = Länge der Abszisse), bei Schwenkung um einen Endpunkt, z. B. *o*, ist am andern Ende $2\,\Delta F : s$ rechtwinklig abzusetzen oder dieser Wert auf die Grenzlinie (z. B. *n n'*) umzurechnen. Weiteres über die Berechnung bei beliebiger Lage des Punktes, sowie die Begradigung von Wegen, Bächen u. s. w., auch unter Berücksichtigung verschiedener Bonitäten, s. [1]. Das Allgemeine findet sich behandelt in den im Art. Geodäsie genannten Lehrbüchern.



Um Grenzherstellung (auch -regulierung, -berichtigung genannt) handelt es sich, wenn eine Grenze „verdunkelt", d. h. nicht mehr erkennbar oder verschoben ist und Grenzzeichen nicht mehr vorhanden oder nicht aufzufinden sind. Die Herstellung der Grenze erfolgt auf Grund der vorhandenen Vermessungsakten, Vermessungshandrisse oder der Karte.

Im ersten Fall sind die für die Grenze in Betracht kommenden Messungslinien wiederherzustellen und von diesen die für die Aufmessung der Grenze erhaltenen Zahlen abzusetzen und sodann die Absteckung zu kontrollieren. Geschieht die Wiederherstellung auf Grund der

Karte, ſo ſind die Maße für die Abſteckung aus dieſer im Anſchluß an unzweifelhafte feſte Punkte zu entnehmen, vorher aber ſorgfältig die Uebereinſtimmung der Karte mit der Wirklichkeit (unter Berückſichtigung des Papiereinganges) zu prüfen. Grenzwiederherſtellungen auf Grund alter Karten können ſehr unſicher ſein, wie überhaupt ſelbſtverſtändlich bei der Wiederherſtellung die unvermeidlichen Meſſungsfehler der Urmeſſung, der Abſteckung bezw. der Karte zuſammenwirken. Entſpricht die Wiederherſtellung einer Grenze dem Augenſcheine nach nicht der Wirklichkeit, ein Fall, der bei Grenzwiederherſtellungen auf Grund alter Karten nicht ſelten eintritt, ſo iſt am zweckmäßigſten eine Einigung unter den Intereſſenten auf dem Vergleichswege (etwa auf Grund der Ausſagen unbeteiligter ortskundiger Zeugen) herbeizuführen. Ein weiteres Mittel bietet die Neubeſtimmung der Grenze auf Grund der im Flur- bezw. Grundbuche u. ſ. w. gegebenen Flächen für die in Betracht kommenden Grundſtücke. Dadurch wird eine Scheidung der Grundſtücke nach den als richtig und unanfechtbar anzuerkennenden Flächenangaben erzielt.

Die neue Grenze bedarf der Anerkennung aller Intereſſenten, bezw. bei Herſtellung der Grenze im Prozeßwege des auf die Ausſagen des landmeſſeriſchen Sachverſtändigen oder Zeugenausſagen gegründeten richterlichen Urteils (vgl. hierzu § 920 des Bürgerlichen Geſetzbuches).

Literatur: [1] Gauß, F. G., Die Teilung der Grundſtücke, 4. Aufl., Berlin 1904. *Reinhertz.*

Grenzbeanſpruchungen, ſ. Grenzwerte.

Grenzdolomit wird in der Geologie die oberſte Schichtenſtufe der unteren Keuperformation (in Franken und Schwaben) genannt. Es ſind urſprünglich graue, durch Verwitterung gelbe oder braune, teils dichte, teils poröſe oder zellig blaſige, auch oolithiſche Dolomite. *Leppla.*

Grenzkohlenwaſſerſtoffe, Kohlenwaſſerſtoffe von der Reihe C_nH_{2n+2} führen den allgemeinen Namen geſättigte oder Grenzkohlenwaſſerſtoffe, weil ſie keine weiteren Waſſerſtoffatome mehr in ihrem Molekül aufnehmen können. Man nennt ſie auch Paraffine, abgeleitet von parum affinis: wenig verwandt. Petroleum, Petroläther, Petrolbenzin beſtehen aus ſolchen Grenzkohlenwaſſerſtoffen. Paraffin iſt ein Gemenge der höchſten Glieder der Reihe C_nH_{2n+2}. *Bujard.*

Grenzkurve, ſ. Dampf (Bd. 2, S. 538) und Kritiſche Temperatur.

Grenzmarke, Grenzpfahl, Grenzſtein u. ſ. w. dienen zur Bezeichnung der Grenzen von Grundſtücken. Im allgemeinen bezeichnet das Zentrum der Marke den Grenzpunkt.

Die ſchärfſte Bezeichnung gewähren daher glatt behauene Steine von dauerhaftem Material mit Kreuzſchnitt auf der Kopffläche, danach roh behauene oder regelmäßig geformte Steine (Baſaltſäulen), endlich unbehauene Steine (Feldſteine) mit oder ohne Marke. Bei Steinen ohne Marke bezeichnet die der äußeren Form entſprechende Mittellinie des Steines den Grenzpunkt. Als Erſatz der Steine (wegen der Koſten der Beſchaffung u. ſ. w.), beſonders aber in naſſen Wieſen oder Sümpfen dienen kräftige, gegen Fäulnis geſchützte Pfähle (unter dem Boden mit Querholz verſehen). Neuerdings werden als Erſatz der Steine auch aus einer paſſenden Miſchung hergeſtellte „Zementſteine“ (auch in Schraubenform zum „Einſchrauben“ in den Boden) verwendet. In manchen Fällen werden die Grenzmarken unter die Erdoberfläche verſenkt (Steine, Tonrohre, Ziegel). In Gegenden mit großen Beſitzſtänden ſowie im Walde finden ſich zuweilen als Grenzmarken Grenzhügel (kegelförmige Erdhaufen) oder Grenzbäume, oder auch im Boden ausgehobene Winkel. Unter die erwähnten Grenzmarken werden vielfach unterirdiſche Zeichen (Aſche, Kohle, Schlacken, Kieſelſteine, Scherben u. ſ. w.) als ſogenannte „Zeugen“, oder eine zweite exakte unterirdiſche Bezeichnung als Steinplatte, Drainrohr u. ſ. w. zur Sicherung der oberirdiſchen Marke angebracht. Ein ſehr zweckmäßiges Verfahren für das Setzen der Grenzzeichen findet ſich in der von der Kaiſerlichen Kataſterkommiſſion zu Straßburg für die Reichslande erlaſſenen Steinſetzerordnung vom 25. Oktober 1889.

Gemeinde-, Kreis-, Bezirks- und Landesgrenzen werden in der Regel durch deutlich hervortretende Grenzſteine oder Grenzſäulen bezeichnet. Die Grenzzeichen ſind durch das Geſetz geſchützt, falls ſie mit Uebereinſtimmung aller Intereſſenten geſetzt bezw. amtlich beurkundet ſind (§ 919 des Bürgerlichen Geſetzbuches).

An den Grenzlinien befinden ſich häufig beſondere Anlagen, wie Mauern, Hecken, Zäune, Steine, Wälle, Gräben, Wege und in vielen Fällen mehrere dieſer Anlagen gleichzeitig, wie z. B. Wall mit Hecke, Graben und Wall u. ſ. w., oder die Grenzen werden gebildet durch natürliche Linien, durch Bäche, Flüſſe, Seen. Die Lage der Grenzlinie bei derartigen Anlagen iſt verſchieden (z. B. Mauer, Hecke, Wall, Graben u. ſ. w., gemeinſchaftlich oder nicht, Grenzlinie am unteren oder oberen Rand oder in der Mitte des Walles), teilweiſe aber ortsüblich beſtimmt; in jedem Fall muß bei Vermeſſungen die Lage der Grenzlinie beſtimmt und, wenn möglich, durch Grenzſteine (auch bei Mauern, Hecken, Wällen u. ſ. w.) zweifellos bezeichnet werden. Die darüber aufgenommenen Verhandlungen ſind den Vermeſſungsakten beizufügen. In Handriſſen und Karten ſind für die verſchiedenen Grenzmale beſtimmte, unzweideutige Zeichen (Signaturen) anzuwenden.

Darüber ſind in den betreffenden amtlichen Vermeſſungsanweiſungen beſtimmte Vorſchriften gegeben. Für Preußen iſt maßgebend: Beſtimmung über die Anwendung gleichmäßiger Signaturen für topographiſche und geometriſche Karten, Pläne und Riſſe, Berlin 1880.

Ueber die Anordnung der Grenzbezeichnung bei Neumeſſungen ſ. Stückvermeſſung und Vermarkung. Von der rechtlichen Bedeutung der Grenzzeichen, der Grenzbeſtimmung und Grenzüberſchreitung handeln die §§ 907—923 des Bürgerlichen Geſetzbuches. *Reinhertz.*

Grenzmodul wurde von manchen, z. B. von Tetmajer (Mitteil. d. Anſtalt

zur Prüfung von Baumaterialien am Eidgen. Polytechnikum in Zürich u. ſ. w.), die Beanſpruchung pro Flächeneinheit an der Proportionalitätsgrenze genannt; ſ. Elaſtizitätsgrenze.

Grenzſicherheit, ſ. Sicherheit.

Grenzwerte. Unter Grenze verſteht man den Abſchluß einer ins Unendliche fortſchreitenden Vorſtellungsreihe durch eine neu hinzugedachte Vorſtellung. In dieſem Sinne iſt $^1/_3$ der Grenzwert, welchem die Reihe der Brüche 0,3, 0,33, 0,333, 0,3333... ſich immer mehr annähert. Man ſchreibt daher geradezu $\lim 0{,}3333\ldots = {}^1/_3$. Dabei wird die Differenz zwiſchen dem $n$ten Wert der Reihe und dem Grenzwert mit zunehmendem n immer kleiner, zuletzt unendlich klein; ſie kann ferner immer poſitiv oder immer negativ oder endlich bald poſitiv, bald negativ ſein. Wenn man den Wert einer Funktion $f(x)$ für einen Wert x_0 des Argumentes x nicht unmittelbar angeben kann (z. B. nimmt $\frac{\sin x}{x}$ für $x = 0$ die unbeſtimmte Form $^0/_0$ an), ſo bezeichnet man als Grenzwert der Funktion für den Argumentwert x_0 den Wert $\lim f(x_0 + \varepsilon)\big|_{\varepsilon = 0}$, welchem ſich $f(x_0 + \varepsilon)$ bei immer kleiner werdenden ε annähert (im obigen Beiſpiel $\lim \frac{\sin \varepsilon}{\varepsilon}\Big|_{\varepsilon = 0} = 1$). Ein wichtiges Beiſpiel iſt ferner $\lim (1+\varepsilon)^{\frac{1}{\varepsilon}}\Big|_{\varepsilon = 0} = e$.

Literatur: [1] Vogt, Der Grenzbegriff in der Elementarmathematik, Breslau 1885. — [2] Kerry, Syſtem einer Theorie der Grenzbegriffe, Bd. 1, Wien 1890. — [3] Dubois-Reymond, P., Die allgemeine Funktionentheorie, Bd. 1, Tübingen 1882. *Wölffing.*

Grenzwerte einer Beanſpruchung oder ſonſtigen Größe B (Stabkraft, Spannung, Stützenreaktion u. ſ. w.) bei veränderlichen Einwirkungen (Belaſtung u. ſ. w.) nennt man in der Ingenieurmechanik diejenigen beiden Werte von B, zwiſchen welchen alle ſonſt vorkommenden eingeſchloſſen ſind. Dieſe Grenzwerte und daneben etwa die Beanſpruchung durch die feſte Laſt allein (Eigengewicht der Konſtruktion) ſind für die Dimenſionenberechnung (ſ. d.) von beſonderer Bedeutung; am meiſten intereſſiert der numeriſch größte (obere) Grenzwert.

Für die Feſtſtellung der Grenzwerte ſind in erſter Linie die vorausgeſetzten (vertikalen) Belaſtungen maßgebend. Kommen auch andre Einwirkungen in Betracht (Seitendruck des Windes bei Brücken, ſchiefer Winddruck bei Dächern, Temperaturänderungen bei Bogen u. ſ. w.), ſo ſind deren Grenzbeiträge mit den von der Belaſtung allein herrührenden Grenzwerten ſo zu kombinieren, daß möglichſt ungünſtige, d. h. möglichſt weit auseinander gelegene Grenzwerte im ganzen entſtehen. Dies pflegt nachträglich zu geſchehen und bietet im allgemeinen keine Schwierigkeit, da die Bedingungen für jene Grenzbeiträge meiſt ohne weiteres angegeben werden können (ſtärkſter Winddruck von der einen und andern Seite, größte Temperaturänderung in poſitivem und negativem Sinne u. ſ. w.). Auch die Berückſichtigung von Nebenſpannungen (ſ. d.) hat nachträglich zu erfolgen, da ſie die Kenntnis der Dimenſionen vorausſetzt. Um die von der Belaſtung herrührenden Grenzwerte zu erhalten, ſind verſchiedene Methoden im Gebrauch. Am ſchnellſten gelangt man zum Ziel, wenn die Grenzwerte ſelbſt durch Formeln ausgedrückt ſind, ſo daß ſie durch Einſetzen bekannter Zahlenwerte ohne weitere Ableitungen berechnet werden können. Derartige Formeln exiſtieren für den beiderſeits frei drehbaren vollwandigen Balken (ſ. Balken, einfache), für die gebräuchlichen Balkenfachwerke einfachen Syſtems (ſ. Balkenfachwerke, Parallelträger, Parabelträger, Polonceauträger, Dreieckträger, Schwedler-Träger, Pauliſcher Träger), für ebenſolche Bogenfachwerke mit drei Gelenken (Bd. 2, S. 163), für feſte Hängebrücken, durchlaufende Gelenkträger und manche andre Fälle, wobei es ſich um gleichmäßig verteilte bewegte Laſt oder um bewegte Radlaſtzüge handeln kann [4]; Beiſpiele der Anwendung für alle dieſe Fälle in [5]. Auch für die Berechnung von Fachwerken doppelten Syſtems auf Grund der Zerlegung in einfache Syſteme hat man direkt verwendbare Formeln abgeleitet (ſ. Fachwerke mehrfachen Syſtems, Parallelträger, Parabelträger, Pauliſcher Träger und [4], [5]). Um für weniger häufig vorkommende oder zunächſt unbeſtimmt gelaſſene einfache Fachwerkſyſteme eine raſche Berechnung vorzubereiten, kann man die Grenzwerte derjenigen Schnittmomente M_s (ſ. Bd. 3, S. 549, und Schnittkräfte) ausdrücken, welchen die Stabkräfte proportional ſind [4] S. 86, 88, 193, 196, 236, 240 u. ſ. w. Werden die betreffenden Schnitte als Querſchnitte $s = x$ und die Momentendrehpunkte $u = x$ in der Trägerachſe gewählt, ſo gelten dieſe Grenzmomente auch für vollwandige Träger. Wenn die Formeln für die Grenzwerte zu umſtändlich werden, ſo kann es ſich empfehlen, wenigſtens die Belaſtungen für die Grenzwerte (ungünſtigſte Belaſtungen) ſoweit möglich im voraus zu beſtimmen, mit welchen dann der bei beliebiger Belaſtung gültige Ausdruck von B oder entſprechende Spezialformeln (für gleichmäßig verteilte Laſten u. ſ. w.) die Grenzwerte liefern. In dieſer Weiſe pflegt bei durchlaufenden Balken und den meiſten Bogenträgern verfahren zu werden (ſ. Balken, durchlaufende, Bogen, einfache, Bogenfachwerke und [12]). Selbſtverſtändlich kann man die Berechnung der Grenzwerte auch durch Tabellen oder graphiſche Darſtellungen erleichtern. So ſind in den preußiſchen Vorſchriften für die Berechnung von Eiſenbahnbrücken [20], [26] zur näherungsweiſen Berechnung der Momente M_x und Vertikalkräfte V_x durch die Verkehrslaſt pro Gleis in den Querſchnitten x gewöhnlicher Balkenträger (Fig. 1) drei Tabellen gegeben. Die eine liefert die beim Befahren entſtehenden abſoluten Maximalmomente M_m (Bd. 1, S. 522) für gegebene Spannweiten l von 1—150 m, eine andre gibt für $x/l = 0$ bis 0,5 Werte von $\max M_x/M_m$, wonach die zur Mitte ſymmetriſche Kurve

der max M_x verzeichnet werden kann, die letzte dient zur Abkürzung der Berechnung von Grenzwerten der Vertikalkräfte V_x und Stützenreaktionen. Sind für einen gegebenen Fall weder die Grenzwerte noch die Belaſtungen für dieſelben feſtgeſtellt, ſo können die im folgenden angedeuteten Methoden zu ihrer Ableitung dienen. Bei etwaigen vereinfachenden Annahmen iſt im Auge zu behalten, daß Reſultate für die Dimenſionenberechnung (ſ. d.) eher zu ungünſtig als zu günſtig ſein ſollen. Im folgenden werden die von der feſten Laſt allein herrührenden Teile von Größen B durch $\mathfrak{B}$ bezw. durch die den Bezeichnungen der ganzen Größen entſprechenden Buchſtaben des großen deutſchen Alphabets bezeichnet.

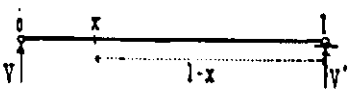


Fig. 1.

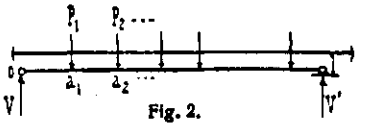


Fig. 2.

a) Berechnung für einen beſtimmten Laſtzug. Ein Radlaſtzug oder Laſtzug iſt ein Syſtem von Einzellaſten P in feſten Entfernungen (Fig. 2—4). Bewegt ſich ein ſolches Laſtſyſtem auf einem Träger, ſo ändern ſich mit jeder unendlich kleinen Verrückung die Abſziſſen a

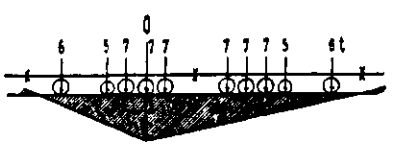


Fig. 3.

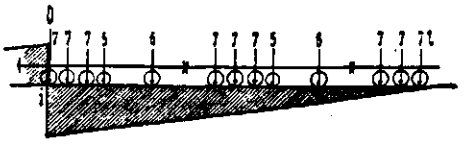


Fig. 4.

aller Laſten P um das gleiche da, der Wert von B ändert ſich um dB; für diejenigen Stellungen des Laſtſyſtems jedoch, welchen mathematiſche Maxima und Minima von B entſprechen, hat man:

$$\frac{dB}{da}=0. \qquad 1.$$

Iſt hiernach die ungünſtigſte Stellung des Laſtzugs beſtimmt, ſo liefert der allgemeine Ausdruck von B den entſprechenden Grenzwert. Auf die vorerwähnte Weiſe iſt z. B. aus der allgemeinen Formel für das Moment im Querſchnitt x eines gewöhnlichen Balkenträgers (Fig. 1, 2)

$$M_x=\mathfrak{M}_x+\frac{l-x}{l}\sum_0^x Pa+\frac{x}{l}\sum_x^l P(l-a)$$

die Bedingung für max M_x erhalten: $\sum_0^x P=\frac{x}{l}\sum_0^l P$ (vgl. Bd. 1, S. 519). Näheres [4], S. 32, Anwendungen des Verfahrens [4], S. 89, 198, 200, 202, 243, 288. In vielen Fällen läßt ſchon der allgemeine Ausdruck von B auf die Grenzwerte ſchließen. So würde im Falle der Fig. 2 die größte Stützenreaktion $V=\mathfrak{B}+\frac{1}{l}\sum_0^l P(l-a)$ für möglichſt kleine a, d. h. wenn der Laſtzug mit dem Vorderrad bei 0 ſteht, die kleinſte $V=\mathfrak{B}$ für die feſte Laſt allein eintreten.

b) Berechnung mit Hilfe von Einflußlinien (ſ. Bd. 3, S. 229). Nach dem Begriffe der Einflußlinie (Influenzlinie) einer Größe B liefern eine gleichmäßig verteilte Laſt von p pro Längeneinheit auf einer beliebigen Strecke, wenn F die Einflußfläche auf dieſer Strecke bedeutet:

$$B=pF, \qquad 2.$$

und beliebige Einzellaſten P an beliebigen Stellen a (Knotenpunkte oder Fahrbahnpunkte), wo b die Ordinaten der Einflußlinie bezeichnen:

$$B=\Sigma Pb. \qquad 3.$$

Der Verlauf der Einflußlinien läßt erkennen, auf welchen Strecken poſitive und negative Beiträge entſtehen und in welchem Punkte einer poſitiven oder negativen Beitragsſtrecke die Ordinate b und damit der Beitrag einer beſtimmten Laſt P größer als an allen andern Stellen der Strecke wird (Einflußpunkt). — Es handle ſich zunächſt um eine gleichmäßig verteilte bewegte Laſt, welche beliebige Strecken einnehmen kann. Bezeichnen dann F_1, F_2 die algebraiſchen Summen der Einflußflächen des einen und andern Sinnes, $\mathfrak{B}$ den Beitrag der feſten Laſt zu B, dann ſind die Grenzwerte von B:

$$B_1=\mathfrak{B}+pF_1, \qquad B_2=\mathfrak{B}+pF_2. \qquad 4.$$

Soll p nicht auf allen Strecken einerlei Sinns als gleichgroß gelten, ſo treten an Stelle von 4.:

$$B_1=\mathfrak{B}+\sum_1 pF, \qquad B_2=\mathfrak{B}+\sum_2 pF, \qquad 5.$$

worin die Summen $\sum_1$, $\sum_2$ alle Strecken des einen und andern Sinnes umfaſſen. Liegt die ganze Einflußfläche auf einer Seite der Abſziſſenachſe, dann hat man:

$$B_1=\mathfrak{B}+pF, \qquad B_2=\mathfrak{B}. \qquad 6.$$

Handelt es ſich dagegen um bewegte Radlaſtzüge, dann ſind mit Rückſicht auf 3. die Grenzwerte von B allgemein ausgedrückt:

$$B_1=\mathfrak{B}+\sum_1 Pb, \qquad B_2=\mathfrak{B}+\sum_2 Pb. \qquad 7.$$

Einzelne Laſten, welche bei unveränderlicher Abgrenzung der Fahrzeuge etwa auf eine Beitragsſtrecke des dem betreffenden Grenzwerte entgegengeſetzten Sinnes geraten, können einfach unberückſichtigt bleiben, ſo daß ſich auch hier $\sum_1$, $\sum_2$ auf die Beitragsſtrecken des einen und andern Sinnes beziehen, womit man etwas zu ungünſtig rechnet. Liegt die Einflußlinie ganz auf einer Seite der Abſziſſenachſe, dann folgen:

$$B_1=\mathfrak{B}+\Sigma Pb, \qquad B_2=\mathfrak{B}, \qquad 8.$$

worin die Summe Σ ſich auf den ganzen Träger bezieht.

Es fragt ſich noch, wie Züge aus mehreren Fahrzeugen behufs Erzeugung der Grenzwerte zuſammenzuſetzen ſind, falls nicht beſondere Vorſchriften darüber beſtehen. Da bei Berechnung eines Grenzwerts von B die Laſtzüge um ſo ungünſtiger wirken, je mehr durch dieſelben möglichſt große Laſten auf die Beitragsſtrecken des betreffenden Sinnes und möglichſt nahe an deren Einflußpunkte gelangen, ſo werden je nach der Lage des Einflußpunktes auf ſeiner Strecke und den in Frage kommenden Fahrzeugen beſonders zweierlei Laſtzüge Verwendung finden können: 1. Ein Zug I mit möglichſt großen Laſten von beiden Seiten möglichſt dicht um ein Rad O, aus Lokomotiven beiſpielsweiſe ſo gebildet, daß alle O nicht enthaltenden Lokomotiven mit den Schloten gegen dieſes Rad ſtehen (Fig. 3); 2. ein Zug II mit möglichſt großen Laſten möglichſt dicht beim Vorderrad O, aus Lokomotiven beiſpielsweiſe ſo gebildet, daß alle Lokomotiven mit den Schloten nach der gleichen Richtung O ſtehen (Fig. 4). Meiſt iſt vorgeſchrieben, daß nur zwei oder drei Lokomotiven verwendet und im übrigen ſchwerſte Güterwagen angeſchloſſen werden ſollen. Der Zug I mit Rad O über dem Einflußpunkt i wird gewöhnlich am ungünſtigſten wirken, wenn die Beitragsſtrecke zu beiden Seiten ihres Einflußpunkts liegt (Fig. 3), der Zug II mit Vorderrad O über i, wenn die Beitragsſtrecke nur auf einer Seite ihres Einflußpunktes liegt (Fig. 4), oder doch nahezu nur auf einer Seite desſelben. Im erſten Falle kommen noch zwei Fahrrichtungen in Betracht, deren ungünſtigſte jedoch meiſt leicht angegeben werden kann. Nötigenfalls wäre zu probieren. Nach dem obenangeführten Ausdruck der Stützenreaktion V für den Träger Fig. 2 erkennt man auch ohne Verzeichnung der Einflußlinie, daß Zug II mit Rad O über 0 deren oberen Grenzwert liefert, während derjenige des ebenfalls angeſchriebenen Moments M_x durch Zug I mit Rad O über x entſteht (Einflußlinien dieſer V, M_x ſ. Bd. 3, S. 230, Einfluß der Zwiſchenträger Bd. 3, S. 231 [5], S. 17). Die beiden unteren Grenzwerte treten für die feſte Laſt allein ein. Näheres über Berechnung mit Hilfe von Einflußlinien ſ. [3], I, S. 27, [4], S. 33, 35, 41, [12], S. 42, u. ſ. w.

c) Berechnung bei vorausbeſtimmten Knotenpunktslaſten. Die von der Verkehrslaſt herrührenden Knotenpunktslaſten werden von vornherein feſtgeſtellt. Sollen nun die Grenzwerte von B ermittelt werden, ſo denkt man ſich nach dem Vorgange von A. Ritter [10] zunächſt den ganzen Träger vollbelaſtet, leitet den entſprechenden Ausdruck von B allgemein oder numeriſch ab und ordnet ihn ſo, daß der Einfluß der Verkehrslaſt in jedem Knotenpunkt durch ein Glied von leicht erkennbarem Vorzeichen dargeſtellt iſt. Man erhält dann das größte poſitive B (oder kleinſte negative B), wenn man alle Verkehrslaſten von negativem Einfluß wegläßt, das größte negative B (oder kleinſte poſitive B), wenn man alle Verkehrslaſten von poſitivem Einfluß wegläßt, und B für die feſte Laſt allein, wenn keine Verkehrslaſt berückſichtigt wird. — Das Verfahren läßt ſich an einem einfachen Beiſpiele klar machen. Für das Balkenfachwerk Fig. 5 mögen die Knotenpunktslaſten G vom Eigengewicht der Konſtruktion, die Knotenpunktslaſten K von der Verkehrslaſt herrühren. Dann verlangt das Gleichgewicht der äußeren Kräfte (ſ. d.) des Trägerteils links vom Schnitte s:

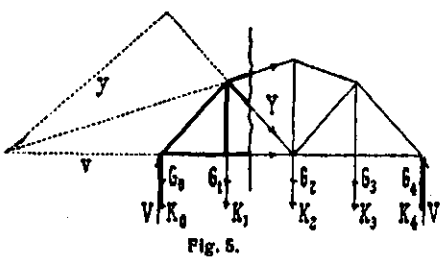


Fig. 5.

$$-Vv+(G_0+K_0)v+(G_1+K_1)\left(v+\frac{l}{4}\right)+Yy=0,$$

woraus mit

$$V=(G_0+K_0)+\frac{3}{4}(G_1+K_1)+\frac{1}{2}(G_2+K_2)+\frac{1}{4}(G_3+K_3)$$

die Stabkraft Y bei Vollbelaſtung des ganzen Trägers:

$$Y=\frac{1}{y}\left(-\frac{l+v}{4}G_1+\frac{v}{2}G_2+\frac{v}{4}G_3-\frac{l+v}{4}K_1+\frac{v}{2}K_2+\frac{v}{4}K_3\right).$$

Hiernach erhält man für Eigengewicht allein:

$$\mathfrak{Y}=\frac{1}{y}\left(-\frac{l+v}{4}G_1+\frac{v}{2}G_2+\frac{v}{4}G_3\right),$$

und als Grenzwerte:

$$Y=\mathfrak{Y}+\frac{1}{y}\left(\frac{v}{2}K_2+\frac{v}{4}K_3\right), \qquad Y=\mathfrak{Y}-\frac{1}{y}\frac{l+v}{4}K_1.$$

Greifen an einem gewöhnlichen Balkenträger der Spannweite l (z. B. Fig. 1, 2, 5, Blechträger, Gitterträger, Fachwerkträger) Verkehrslaſten $K_1, K_2, \ldots$ in Knotenpunkten der Abſziſſen $e_1, e_2, \ldots$ an, ſo iſt die Vertikalkraft in einem beliebigen Schnitte s durch den Träger (ſ. Schnittkräfte):

$$V_s=\mathfrak{V}_s-\frac{1}{l}\sum_0^s Ke+\frac{1}{l}\sum_s^l K(l-e),$$ wonach die Grenzwerte derſelben:

$$V_s=\mathfrak{V}_s+\frac{1}{l}\sum_s^l K(l-e), \qquad V_s=\mathfrak{V}_s-\frac{1}{l}\sum_0^s Ke.$$

Im gleichen Falle hat man das Moment der äußeren Kräfte des Trägers links vom Schnitte s in Hinſicht eines beliebigen Drehpunkts der Abſziſſe u (ſ. Schnittkräfte):

$$M_s=\mathfrak{M}_s+\frac{l-u}{l}\sum_0^s Ke+\frac{u}{l}\sum_s^l K(l-e).$$

Die Grenzwerte von M_s hängen hiernach von der Lage des Drehpunktes u ab, ſie treten für $0<u<l$ (Drehpunkt innerhalb der Spannweite) bei Vollbelaſtung des ganzen Trägers und feſter Laſt allein ein und ſind für $u<0$ oder $u>l$ (Drehpunkt außerhalb der Spannweite):

$$M_s=\mathfrak{M}_s+\frac{l-u}{l}\sum_0^s Ke, \qquad M_s=\mathfrak{M}_s+\frac{u}{l}\sum_s^l K(l-e).$$

Mit den Grenzwerten von M_s ſind z. B. bei einfachem Fachwerkſyſtem auch die Grenzwerte der Stabkräfte beſtimmt (Bd. 3, S. 549). Näheres [4], S. 38, 98, 110, 117, 136, zahlreiche Beiſpiele in [10].

d) Berechnung mit einzelnen Knotenpunktslaſten. Wird häufig bei ſtatiſch unbeſtimmten Konſtruktionen angewandt. Man berechnet die von einer Laſt oder ſonſtigen Einwirkung $Q = 1$ in jedem einzelnen Knotenpunkte herrührenden Beiträge c zu B und kann dann den Wert von B für beliebige Kombinationen dieſer Einwirkungen ſowie durch Berückſichtigung aller wechſelnden Beiträge von poſitivem oder negativem Einfluß allein auch die Grenzwerte von B erhalten. Sind die Beiträge der Q unabhängig voneinander, ſo liefern beliebige derſelben zuſammen:

$$B = \Sigma Q c, \qquad 9.$$

und bezeichnet $\mathfrak{B}$ den Beitrag der feſten Laſt allein, ſo hat man die Grenzwerte:

$$B_1 = \mathfrak{B} + \Sigma_1 Q c, \qquad B_2 = \mathfrak{B} + \Sigma_2 Q c, \qquad 10.$$

worin die Summen Σ_1, Σ_2 alle Beiträge des einen und andern Sinnes bei möglichſt großen Werten der Q umfaſſen. Tragen alle Q in gleichem Sinne zu B bei, dann ſind die Grenzwerte:

$$B_1 = \mathfrak{B} + \Sigma Q c, \qquad B_2 = \mathfrak{B}, \qquad 11.$$

worin die Summe Σ alle Q enthält und dieſe möglichſt groß zu wählen ſind. Bei manchen hierhergehörigen Ermittlungen können die Sätze von der Gegenſeitigkeit der Verrückungen (ſ. d.) zur Abkürzung dienen.

e) Berechnung für vorausgewählte Belaſtungsfälle. Kommt beſonders dann zur Verwendung, wenn die Ableitung der theoretiſchen Grenzwerte zu umſtändlich oder für den augenblicklichen Zweck nicht nötig iſt. Je nach der Auswahl und Anzahl berückſichtigter Belaſtungsfälle läßt ſich meiſt genügende Genauigkeit erreichen, doch werden mitunter zu wenig Fälle gewählt. Als Grenzwerte von B ſind diejenigen berechneten B anzuſehen, zwiſchen welchen alle andern für die berückſichtigten Belaſtungsfälle erhaltenen B liegen. Bei Berechnung der älteren Koblenzer Brücke beiſpielsweiſe (Zeitſchr. für Bauweſen 1864) teilte man die ganze Spannweite von 98,0775 m der Bogenträger mit Kämpfergelenken (ſ. Bogen, einfache) in 20 gleiche Teile und ließ die gleichmäßig verteilt gedachte Verkehrslaſt von einem Ende beginnend um je einen ſolchen Teil vorrücken, womit 21 Belaſtungsfälle berückſichtigt waren. Für die Fachwerkbogen mit Kämpfergelenken von 160 m Spannweite der Maria-Pia-Brücke über den Douro in Portugal (Bd. 2, S. 143, Mémoires et compte rendu de la société des ingénieurs civils, 1878, S. 741) wurden nur vier Belaſtungsfälle in Betracht gezogen: Eigengewicht allein, Vollbelaſtung des ganzen Bogens, einſeitige Belaſtung bis zur Bogenmitte und Belaſtung der mittleren Strecke von 80 m Länge. Entſprechend der geringeren Genauigkeit wurden aber auch die rechnungsmäßigen Beanſpruchungen verhältnismäßig gering gewählt (nicht über 620 kg pro Quadratzentimeter, vgl. Dimenſionenberechnung). Die beiden genannten Brücken dienen Eiſenbahnen. Bei den Bogenfachwerken ohne Gelenk der Neue-Mainzerſtraße-Brücke zu Frankfurt a. M. (Zeitſchr. f. Baukunde 1879) beſchränkte man die Berechnung auf zwei Belaſtungsfälle, Vollbelaſtung des ganzen Trägers und einſeitige Belaſtung bis zur Trägermitte, indem man ſich auf den überwiegenden Einfluß des Eigengewichts bei Straßenbrücken berief (in dieſem Falle $g/p = 3{,}25$). Für das große Gewölbe von 65 m Lichtweite der Pruthbrücke bei Jaremcze (Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- und Arch.-Vereins 1894) zog man ſogar nur einen Belaſtungsfall in Betracht: einſeitige Belaſtung bis zur Bogenmitte. Wenn dies allerdings bei Gewölben mehrfach geſchehen iſt, da die feſte Laſt hier noch mehr als bei eiſernen Bogen zu überwiegen pflegt (bei der Pruthbrücke durchſchnittlich $g/p = 12{,}3$), ſo läßt ſich doch nachweiſen, daß das Verfahren bei Brückengewölben im allgemeinen keineswegs genügt, um ſo weniger, als bei Gewölben auch auf möglichſte Vermeidung von Zugſpannungen Bedacht zu nehmen iſt.

Ueber die bei der Berechnung der Grenzwerte anzunehmenden Belaſtungen ſ. Eigengewicht, Verkehrslaſt, Dimenſionenberechnung, Winddruck und die untenangeführte einſchlagende Literatur. Ueber die Berechnung mit gleichmäßig verteilten Verkehrslaſten an Stelle von Radlaſtzügen vgl. Laſtäquivalente, über Berechnung einer Grenzbeanſpruchung aus der andern bei gleichmäßig verteilten Laſten ſ. [4], S. 37, 74, 312. Die oben unter a), b), c) angeführten Geſichtspunkte können ſelbſtverſtändlich nicht nur bei numeriſcher Berechnung der Grenzwerte, ſondern auch bei der Ableitung von Formeln für letztere Verwendung finden [4], [5].

Literatur: [1] Heinzerling, Die angreifenden und widerſtehenden Kräfte von Brücken- und Hochbaukonſtruktionen, Berlin 1876. — [2] Lukas, Studie über die Gewichte von Blechträgern unter ſpezieller Anwendung auf ſchmalſpurige Bahnen von 0,75 m Spannweite, Civilingenieur 1882, S. 37, 551. — [3] Winkler, Theorie der Brücken, I, Aeußere Kräfte gerader Träger, Wien 1886; II, Theorie der gegliederten Balkenträger, Wien 1881. — [4] Weyrauch, Theorie der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887. — [5] Derſ., Beiſpiele und Aufgaben dazu, Leipzig 1888. — [6] Ponts métalliques, Prescriptions relatives aux calculs, à la surveillance et à l'entretien des ponts métalliques en France et dans les différents pays d'Europe, Revue générale des chemins de fer 1891, S. 247 (Auszug der franzöſiſchen Vorſchriften: Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ingen. 1892, S. 659; Zentralbl. der Bauverwalt. 1892, S. 277). — [7] Verordnung betreffend Berechnung und Prüfung der eiſernen Brücken- und Dachkonſtruktionen auf den ſchweizeriſchen Eiſenbahnen, Schweiz. Bauztg. 1892, Bd. 20, S. 86. — [8] Seefehlner, Beiträge zu den bei eiſernen Balkenbrücken vorkommenden Berechnungen, Allgem. Bauztg. 1893, S. 25, 33, 49, 57, 73, 89. — [9] Engeſſer, Ueber das Eigengewicht ſchmiedeeiſerner Brückenpfeiler, Zeitſchr. des Arch.- und Ingen.-Ver. zu Hannover 1894, S. 319 (Bogenbrücken: Zeitſchr. für Bauweſen 1877, S. 207; Balkenbrücken: Zeitſchr. für Bauweſen 1878, S. 203; Straßenbrücken: Zeitſchr. für Baukunde 1881, S. 63). — [10] Ritter, A., Elementare Theorie und Berechnung

eiſerner Dach- und Brückenkonſtruktionen, Hannover 1894 (1. Aufl. 1863). — [11] Hauger, Belaſtung und Berechnung eiſerner Brücken, Allgem. Bauztg. 1896, S. 110. — [12] Weyrauch, Elaſtiſche Bogenträger, ihre Theorie und Berechnung entſprechend den Bedürfniſſen der Praxis, München 1897. — [13] v. Borries, Beitrag zur überſchlägigen Gewichtsermittlung eiſerner Brücken, Zentralbl. der Bauverwalt. 1897, S. 156. — [14] Mohr, Beitrag zur Theorie der Träger, Zeitſchr. für Arch.- und Ingenieurweſen 1899, S. 585. — [15] Handbuch der Architektur, 1. Teil, Bd. 1, Heft 2: Landsberg, Die Statik der Hochbaukonſtruktionen, Stuttgart 1899. — [16] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaft., Bd. 2, 2. Abt.: Brik u. Landsberg, Die eiſernen Brücken im allgemeinen, Leipzig 1901. — [17] Dirkſen, Die neuen Belaſtungsvorſchriften für die eiſernen Brücken der preuß. Staatsbahnverwaltung vom April 1901, Zentralbl. der Bauverwalt. 1901, S. 381. — [18] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Brückenkonſtruktionen, I und II, Leipzig 1901 und 1903. — [19] Förſter, Die Eiſenkonſtruktionen der Ingenieur-Hochbauten, Leipzig 1903. — [20] Vorſchriften für das Entwerfen der Brücken mit eiſernem Ueberbau, Zentralbl. der Bauverwalt. 1903, S. 301 (ſ. a. Eiſenbahnbau- und Betriebsordnung, Berlin 1905, Anhang B). — [21] Dirkſen, Eigengewichte eingleiſiger eiſerner Brücken der preuß. Staatsbahn, Zentralbl. 1904, S. 33. — [22] Dirkſen, Hilfswerte für die Berechnung eiſerner Eiſenbahnbrücken, Berlin 1904. — [23] Börner, Statiſche Tabellen, Belaſtungsangaben und Formeln, Berlin 1904. — [24] Einige neue Verſuche zur Ermittlung der Belaſtung durch Menſchengedränge (Reſultate 717 kg, 700 kg, 767 kg pro Quadratmeter), Zentralbl. der Bauverwalt. 1904, S. 380, 504, 520. — [25] Die neuen öſterr. Vorſchriften für den Bau und die Unterhaltung der Eiſenbahn- u. ſ. w. Brücken mit eiſernen und hölzernen Tragwerken, Zentralbl. der Bauverwalt. 1904, S. 581 (Wortlaut vom 8. Auguſt 1904 in der öſterr. Zeitſchr. für den öff. Baudienſt 1904). — [26] „Hütte", II, Berlin 1905, S. 223. — S. a. Dimenſionenberechnung, Eigengewicht, Verkehrslaſt, Winddruck, Einflußlinien und die Literatur über die einzelnen Konſtruktionen. *Weyrauch.*

Grezfeide (Greze), ſ. v. w. Kokonſeide, Rohſeide (ſ. Seidenſpinnerei).

Griechiſchrot, eine aus 98% Schwerſpat und 2% Teerfarbſtoff beſtehende rote Körperfarbe.

Gries, im allgemeinen ein feinkörniges, aus gröberen Stücken durch Zerkleinerung hergeſtelltes Produkt (vgl. Erze), im beſonderen ein Zwiſchenprodukt der Getreidemüllerei, mit Schalenteilchen mehr (rote Grieſe) oder weniger behaftete oder untermiſchte Teile des Getreidekornes, die durch Windſtrom (Putzmaſchinen) oder weitere Zerkleinerung (Dunſt) von den beigemengten oder anhaftenden Schalen befreit und ſchließlich entweder zu Mehl vermahlen oder, beſonders gut geputzt, als Kochgrieſe (Weizen) in den Handel gebracht werden. Reisgries wird in den Reisſchälereien aus zerbrochenen Körnern (Abfall) hergeſtellt, die entweder zu Gries oder weiter zu Mehl (Reismehl) vermahlen werden; vgl. Mehlfabrikation. *Arndt.*

Griesholm, -pfeiler, ſ. Schleuſenwehr.

Griesputzerei, die Arbeit oder auch die Geſamtheit der Apparate und Räumlichkeiten, die in einer Mühle dazu dienen, aus den Grieſen die ihnen beigemengten Schalenteilchen zu entfernen, ſie zu „putzen" und ſie zu ſortieren; ſ. Putzmaſchine. *Arndt.*

Griesſäule (Ständer, Griesſtänder), ſ. Schleuſenwehr.

Grieswerk (Fachzeug), ſelten gebrauchter Ausdruck für ein Schleuſenwehr (ſ. d.), beſonders für ein ſolches in einem Werksgerinne.

Griff, I. als Handhabe, Heft, Stiel oder Helm an einem Werkzeuge, meiſt aus zähem Holz erſtellt und von verſchiedener Größe, je nachdem dieſes mit einer oder zwei Händen zu führen iſt. II. Als Henkel an Gefäßen, in reicher, ſtiliſierter Form, beſonders in der Antike [1]. III. Befchlägteil von Türen, Fenſtern u. ſ. w. zum Zweck, den Verſchluß oder das Oeffnen der Flügel bequem und möglichſt mit einer einzigen Handbewegung zu bewirken. a) Bei Türen; 1. der Hebeldrücker (Fig. 1 und 2) zur Bewegung der hebenden Falle, mit dieſer aus einem Stück beſtehend oder durch den Dorn (ſ. d. 3.) verbunden; einſeitig nach der Seite gerichtet, wo das Türband befeſtigt iſt. 2. Der Knebeldrücker der ſchießenden Falle, von ähnlicher Geſtaltung wie 1. 3. Der Kreuzgriff zu demſelben Zwecke, zweiſeitig, mit gleichlangen

Fig. 2.

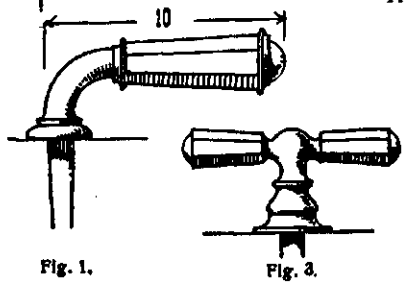


Fig. 1. Fig. 3.

Armen an einer Achſe befeſtigt, auch Olive, Krücke (Fig. 3 und 4) genannt. 4. Der Knopf in Kugel- oder Eiform dient ebenſo, ſowie zum Anſichziehen der Flügel. 5. Bei großen Türen und Toren der Bügel, feſt oder beweglich (Fig. 5 und 6), für eine oder zwei Hände, wird an beiden Enden, befeſtigt, auch

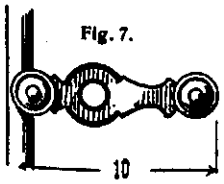


Fig. 7.

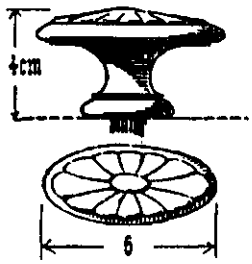


Fig. 4.

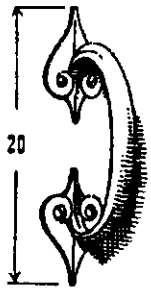


Fig. 5.

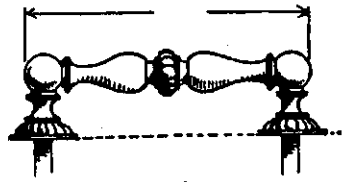


Fig. 6.

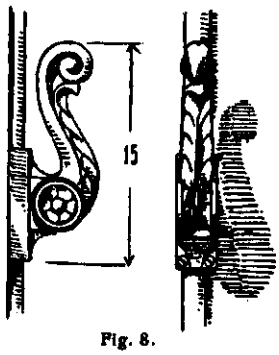


Fig. 8.

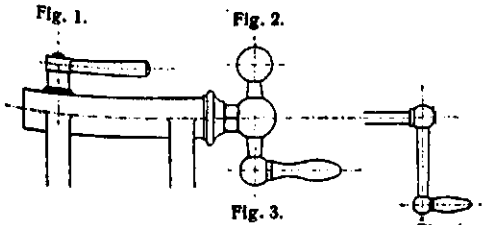
in Form eines Ringes (in antiker Zeit gehalten von einem Löwenkopf, Fig. 7a), in kleiner Form an Schiebladen. b) Bei Fenſtern (ſ. Fenſterbeſchläge); 1. der Kreuzgriff oder Olive (ſ. a. 3.); das Ruder (Fig. 7 und 8) dient zu wagerechter Drehung oder ſenkrechter Hebung der Verſchlußſtangen.

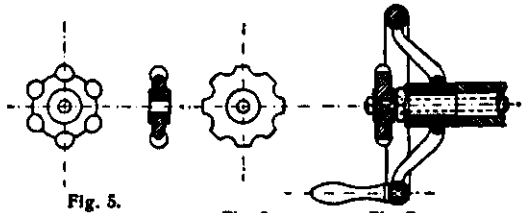
Fig. 7a.

Der Griff wird in einfachſter Geſtaltung aus Eiſen geſchmiedet oder in Weichguß erſtellt. In beſſerer Ausſtattung wird er in Bronze oder Meſſing, mit Vernickelung oder Vergoldung, auch mit Anwendung von Holz, Elfenbein, Horn, Glas oder Celluloſe ausgeführt. Letztere Herſtellung erfolgt fabrikmäßig. Für reichſte Ausführung bietet der Griff Gelegenheit, künſtleriſche Vollendung und Gediegenheit des Geſchmacks zu entfalten.

Literatur: [1] Semper, G., Der Stil, München 1863, Bd. 2, S. 106 ff. *Weinbrenner.*

Griffe an Maſchinen erhalten handliche Form und Größe.





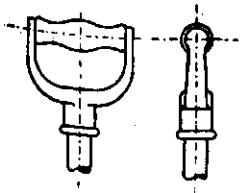


Fig. 8.

An Handkurbeln (ſ. d.) ſind 30—50 mm ſtarke Griffe gebräuchlich bei 150 mm Länge für eine Hand, 300 mm Länge für einmänniſche, 500 mm für zweimänniſche Kurbeln; Holzgriffe ſollen mit eingeſetzten Metallbüchſen drehbar auf einem durchgehenden Stifte ſtecken, eiſerne Griffe ſind bei Kälte nicht mit der bloßen Hand anzufaſſen. Die Fig. 1—4 zeigen übliche Formen, deren letzte von der Maſchinenfabrik Lorenz in Ettlingen (Baden) eingeführt iſt. Fig. 5—7 ſtellen Griffrädchen und Handrädchen dar, Fig. 8 einen Gabelgriff mit 120 mm Grifflänge. *Lindner.*

Griffelſchiefer, ſ. Tonſchiefer.

Griffith-Schraube, ſ. Propeller.

Griffiths Weiß (Zinkolith, Lithopone), weiße Farbe, beſteht aus einem Gemiſch von Zinkoxyd mit Zinkſulfid und wird am einfachſten hergeſtellt durch Fällen einer Löſung von rohem Schwefelbaryum mit Chlorzink und Zinkvitriol, Abpreſſen, Trocknen, Glühen und Mahlen des erhaltenen Niederſchlages. Die Farbe beſitzt ſehr große Deckkraft und iſt luftbeſtändig. Entſchwefelt man das Präparat durch überhitzten Waſſerdampf, ſo erhält man Meißners Weiß. *Andés.*

Griotte d'Italie, ſ. v. w. Marmor, ſ. Kalkſtein.

Grippen (Rinnen), die kleinſten Gräbchen zur Be- und Entwäſſerung der Wieſen; ſ. Bewäſſerungsſyſteme.

Grippen (Grupen), ſ. Rindviehſtälle.

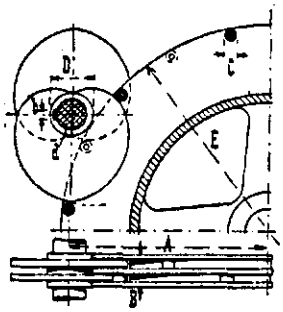
Griſaille, leichte, aus weißem und ſchwarzem oder dunkelm Garn feingitterig gewebte Seidenſtoffe.

Griſaillegarn iſt ein ganz oder teilweiſe aus mehrfarbigen oder mißfarbigen Abfällen (Lumpen) hergeſtelltes Kunſtwollgarn.

Infolge ſeiner Herſtellung aus Abfällen der bezeichneten Art beſitzt es eine trübe oder unbeſtimmte Färbung, welche ſeine Verwendung ohne neues Färben, ſei es im Strang oder im Stück, unmöglich macht. Eindrähtiges Griſaillegarn wird nicht als gefärbt, ſondern als roh verzollt. Griſaillegarn, welches eine Beimiſchung von Baumwolle im Höchſtbetrag von 5% enthält, wird als ungemiſchtes Griſaillegarn verzollt. *E. Müller-Dresden.*

Griſoutine, ſ. Sprengſtoffe.

Griffongetriebe geben ſtarke Ueberſetzung durch ein nur aus zwei Zähnen beſtehendes Daumenrad in Verbindung mit einem größeren Rollenrade.



Nach der Figur ſitzen die beiden herzförmigen Daumen auf der Nabe verſetzt als ein aus Stahl gegoſſenes Stück. Die nach der Triebſtockverzahnung (ſ. d.) geformten Daumenkurven ſind je nach dem Ueberſetzungsverhältnis verſchieden und müſſen ſehr genau gefräſt werden, wenn ruhiger Gang auch bei größerer Geſchwindigkeit von über 1000 Umdrehungen pro Minute gewahrt bleiben ſoll. Das gußeiſerne Rad enthält Triebſtöcke, nämlich gehärtete Stahlrollen auf durchbohrten Stahlzapfen in zwei nebeneinander umlaufenden Rillen oder als runde Zapfen auf den Seitenflächen einer Mittelſcheibe. Sein Außendurchmeſſer entſpricht dem Teilkreiſe und berührt leicht den Nabendurchmeſſer als Teilkreis des Daumenrades. Es ſind ſtets zwei oder drei Rollen ſo in Eingriff, daß die Bewegung nach beiden Drehrichtungen geſichert iſt. Bei der Uebertragung ins Langſame beträgt der Wirkungsgrad 80—95%, und bei der Uebertragung vom Rade auf die Daumen ins Schnelle 60—85%. Zur Schmierung der Rollen dient ein Oelbad.

Bei der Berechnung kann man von der Welle des Triebes ausgehen, d cm $= 12—13\sqrt[4]{N/n}$. Die folgende Tabelle gibt den zugehörigen Nabendurchmeſſer D an ſowie die Nutbreite für den Federkeil b und die äußere Breite B des Rades. Der Rollendurchmeſſer iſt $C = {}^6/_8 D$. Bei ψ-facher Ueberſetzung, wobei $\psi = 5—30$ oder größer iſt, wird der Außendurchmeſſer des Rades $E = \psi D$ und der Achſenabſtand $A = (D + E)/2$.

$d =$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100 mm,
$D =$	22	34	44	56	68	78	90	100	112	124 „
$b =$	4	7	10	12	15	17	20	22	25	28 „
$B =$	53	68	80	110	140	170	205	225	260	280 „

Literatur: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1903, S. 644. *Lindner.*

Griwe (Griwna, Griwennik), ruſſiſche Silbermünze = 10 Kopeken = $^1/_{10}$ Rubel (ſ. d.) = 32,393 Pfennige.

Grobblech (Keſſelblech), 5—18 mm ſtarkes Blech aus zähem Schweiß- oder Flußeiſen zur Herſtellung von Dampfkeſſeln, genieteten Trägern für Schiffs- und Brückenbau u. ſ. w. (ſ. a. Blech, Bd. 2, S. 45). *Dalchow.*

Grobeiſenwalzen, zum Auswalzen größerer Faſſonprofile von Eiſen (ſ. Walzwerk).

Grobkalk (Calcaire grossier), in der Geologie eine dem mittleren Eocän (ſ. Tertiärformation) in der Umgegend von Paris angehörige Schichtenreihe, die weſentlich aus Kalkſteinen zuſammengeſetzt iſt.

Die etwa 10—40 m mächtige Stufe zeigt Kalkſteine von der verſchiedenſten Beſchaffenheit teils konglomeratiſch und ſandig, teils glaukonitiſch, oft weich und zerreiblich, aber auch feſt, beſonders in den oberen Lagen. Viele derſelben beſtehen ganz aus Schalen von Foraminiferen (Miliolithen). Die als Baumaterial in großem Maßſtabe verwendeten Steine ſind ziemlich weich, von unregelmäßig großem Korn, laſſen ſich in feuchtem Zuſtand leicht bearbeiten und zurichten, auch oft mit der Säge ſchneiden und hobeln. Die Herſtellung und Haltbarkeit ſelbſt feiner Ornamente iſt ein beſonderer Vorzug dieſes Bauſteins. Ihre Farbe iſt hell, gelblichweiß oder ockergelb, auch grau. Die Druckfeſtigkeit iſt eine geringe, ſie überſchreitet kaum 90 kg pro 1 qcm und ſinkt bis zu 30 kg. Der Kubikmeter wiegt 1400—1700 kg und koſtet roh 15—25 Franken. Die feinkörnigen und weichen Bänke nennt man Pierre de Liais, den feinkörnigen aber feſten Cliquart. Die beſten Steine (Vergeles) haben gleichmäßiges Korn und werden zu feinen Steinmetzarbeiten gebraucht. Für gewöhnliches Mauerwerk wird der eigentliche Grobkalk (Lambourde) verwendet. Aber auch härtere Lagen fehlen nicht, ſo die Bancs royals, Bancs forts, Bancs francs (pierre de roche). Sie haben ein dichteres Korn, ſind kompakter, oft reich an Muſcheln, und beſitzen eine Druckfeſtigkeit von 149—400 kg. Für Monumentalfaſſaden eignen ſich nicht alle Lagen, da der Widerſtand gegen Verwitterung ein mäßiger iſt. Neben der wichtigſten Verwendung als Bauſteine für Paris werden poröſe Grobkalke auch als Filtrierſteine zur Waſſerreinigung benutzt. *Leppla.*

Grobkornſetzmaſchine, ſ. Setzarbeit.

Grobmörtel, f. Beton und Stampfbau.

Grobpapier, alle jene Papierforten, die, zum größten Teil aus Surrogaten und Papierabfällen hergeſtellt, alle charakteriſtiſchen Eigenſchaften eines zum Schreiben, Drucken und Zeichnen verwendeten feineren Papieres im verminderten Grade beſitzen, jedoch nicht in dem Maße, daß deren Gebiet unter den Sorten ſcharf abgegrenzt werden könnte. *Kraft.*

Grobſicherung, eine Vorrichtung, beſtehend aus einer Glaspatrone mit leicht ſchmelzbarem, 0,3 mm ſtarkem Rheotandraht, zum Schutz der Telegraphen- und Fernſprechanlagen ſowie des Bedienungsperſonals gegen Starkſtrom; ſ. Telegraphie und Telephonie. *O. Fentſch.*

Groden, der in gewöhnlicher Fluthöhe oder etwas darüber liegende Teil des Watts, der mit einer feſten grünen Grasnarbe bedeckt iſt und auch wohl Anwachs oder Maifeld (ſ. d.) genannt wird. Iſt der Groden bis auf 0,3—0,5 m über gewöhnliche Flut angewachſen, ſo iſt er „reif" zum Eindeichen und zur Bildung eines Polders. *Frühling.*

Grodendeich, ein Deich, der grünes, feſtes Vorland beſitzt, im Gegenſatz zum Schlickdeich, in dem das Vorland aus weichem, unbegrüntem Schlick beſteht.

Größe, ſ. Mathematik.

Gros de Naples, Gros de Tours, Gros grain, ſ. Weberei.

Großmaſt, -raa, -ſegel, -ſtag u. ſ. w., der Hauptmaſt mit ſeinen Teilen an Rundhölzern, Takelage und Segeln.

Großmeſſung, eine Bezeichnung für zuſammenhängende Vermeſſungen, z. B. diejenigen ganzer Feldmarken oder zuſammenhängender Geländeabſchnitte unter Zugrundelegung trigonometriſcher und polygonometriſcher Beſtimmungen (ſ. Triangulierung und Polygoniſieren), während man im Gegenſatz dazu mit Klein- oder auch Einzelmeſſung die Aufmeſſung der einzelnen Punkte (z. B. der Grenzpunkte) durch Meſſungslinien, oder vereinzelter Komplexe, einzelner Parzellen u. ſ. w. (z. B. für Teilungen) bezeichnet, wobei in der Regel nur Linienmeſſung ſtattfindet (ſ. Stückvermeſſung und Geodäſie). *Reinhertz.*

Großregiſtertonnage, Rauminhalt der Schiffe nach dem Meßverfahren von Moorſom; 1 Regiſtertonne = 2,83 cbm = 100 engl. Kubikfuß.

Großſegel, ſ. Beſegelung.

Großſtag, ſ. Takelage.

Groſſular, ſ. Granat.

Grotesk, ſ. Schriftarten.

Groveelement, ſ. Galvanismus.

Grubber, ſ. Kultivator.

Grubenaufnahmen, ſ. Markſcheidekunde, Grubenmeſſungen, -riſſe.

Grubenausbau, die Unterſtützung der Grubenräume, die anzuwenden iſt, falls dieſe nicht ſo lange von ſelbſt unverändert bleiben, als ſie dem Betriebe dienen ſollen.

In ſehr feſten Geſteinen iſt die Dauer der Grubenräume faſt unbegrenzt, z. B. im Gneis, im Kalkſtein; auch in manchen weniger feſten Geſteinen halten ſich die Grubenbaue gut, wenn der Gebirgsdruck nicht groß iſt, z. B. im Steinſalz, in der Braunkohle. Iſt jedoch das Geſtein rollig oder gebräch oder zerſetzt es ſich unter dem Einfluſſe von Luft und Feuchtigkeit, wie gewiſſe Tonſchiefer des Rotliegenden und der Steinkohlenformation und die Tone des Salzgebirges, oder iſt der Gebirgsdruck groß, ſo muß die Herſtellung des Grubenausbaues mit dem Fortſchreiten der Grubenbaue gleichen Schritt halten, weil ſonſt die offenen Räume oft ſchon nach kurzer Zeit wieder ungangbar werden, da das Hangende hereinbricht und auch Stöße und Sohle hereingedrückt werden.

Der Grubenausbau verurſacht erhebliche Koſten; man ſucht daher durch geeignete Querſchnittsform die Standfeſtigkeit der Baue zu erhöhen. In maſſigen Geſteinen werden für Schächte kreisrunde, für Strecken elliptiſche Querſchnitte gewählt, während man im geſchichteten Gebirge dahin ſtrebt, milde und gebräche Schichten mit hereinzunehmen, dagegen feſte Schichten im Dach und an der Sohle zu ſchonen, wodurch ſich rechteckige Querſchnitte ergeben. Das Stehenlaſſen von Teilen der Lagerſtätte als Sicherheitspfeiler oder Bergfeſten ſowie das Ausfüllen der abgebauten Räume durch dichten Bergeverſatz ſind Mittel, um den Gebirgszuſammenhang zu erhalten und zu vermeiden, daß der Gebirgsdruck rege wird. Iſt die Maſſe einer mächtigen Lagerſtätte feſter als das Nebengeſtein, wie das z. B. bei der Steinkohle häufig der Fall iſt, ſo beläßt man während der Streckenauffahrung, um das Nebengeſtein nicht freizulegen, an der Firſte und Sohle Schichten der Lagerſtätte (man baut ſie an) und gewinnt ſie erſt ſpäter beim Abbau.

Der Grubenausbau kann ausgeführt werden in Holz (ſ. Grubenzimmerung), in Stein

(f. Grubenmauerung) und in Eifen (f. Grubenausbau, eiferner); ferner ift der waſſerdichte Grubenausbau (f. S. 636) zu unterſcheiden, da er nicht nur dem Gebirgsdrucke widerſtehen, ſondern auch das Waſſer abhalten ſoll. Die älteſte Art des Grubenausbaues iſt die Zimmerung; die Mauerung hat ſich im Laufe des 18. Jahrhunderts in größerem Umfange eingebürgert, während der Eiſenausbau den letzten Jahrzehnten angehört und erſt durch Verbilligung des Preiſes für Walzeiſen ermöglicht wurde. Der Raumbedarf iſt bei gleicher Widerſtandsfähigkeit für Eiſenausbau am geringſten, bedeutender bei der Zimmerung, am größten für Mauerung. Zur Herſtellung erfordert Zimmerung die kürzeſte Zeit, Eiſenausbau (außer wenn abgepaßtes Material verwendet wird) wegen der Schwierigkeit der Materialbearbeitung ſchon mehr, und Mauerung am meiſten. Was die Haltbarkeit betrifft, ſo vermag erfahrungsgemäß nur „in ſich völlig geſchloſſener Ausbau" von entſprechenden Abmeſſungen, z. B. der waſſerdichte, dem ſtärkſten Gebirgsdruck Widerſtand zu leiſten; ſchwächerer Ausbau, aus welchem Material er auch hergeſtellt ſei, wird zerdrückt. Außerdem iſt Zimmerung der Fäulnis und Eiſenausbau der Zerſtörung durch ſaure Grubenwaſſer ausgeſetzt. Der Eigenart des Materials nach eignet ſich Holz am beſten für den häufig vorkommenden rechteckigen und trapezförmigen (bei Strecken) Querſchnitt, Eiſen und Mauerung paſſen ſich auch gerundeten Querſchnittsformen gut an. Das Erſetzen (Auswechſeln) ſchadhaften Ausbaues iſt bei der Zimmerung am einfachſten, da die zerdrückten Hölzer mittels der Axt leicht entfernt werden können, umſtändlicher iſt die Beſeitigung verbogenen Eiſenausbaues und ſchadhafter Mauerung; in allen Fällen müſſen die loſe gewordenen Gebirgsmaſſen bis auf den erforderlichen Querſchnitt hereingenommen und vorübergehend abgeſtützt werden; dann wird der neue Ausbau hergeſtellt. Etwa hinter demſelben verbleibende Hohlräume ſind ſorgfältig auszufüllen. Handelt es ſich, wie bei tonigen Geſteinen, darum, Luft- und Waſſerzutritt und damit eine Auflöſung zu verhüten, ſo erfüllt Mauerung dieſen Zweck am beſten. — Verloren nennt man den vorläufig vor dem endgültigen hergeſtellten Ausbau; vor Ausführung der Mauerung wird häufig zunächſt verlorene Zimmerung eingebaut (vgl. a. Grubenmauerung).

Meiſtens wird beim Betrieb der Baue zuerſt der nötige Raum hergeſtellt und dann der Ausbau; es gibt jedoch auch Fälle, z. B. im rolligen und waſſerreichen Gebirge, in denen Teile des Ausbaues in die Gebirgsmaſſen hineingetrieben und dann erſt unter dem Schutze des Ausbaues das Gebirge gewonnen wird (vgl. Grubenzimmerung und Schachtabteufen). Verſuche mit beweglichem Grubenausbau — eiſerne Vorrichtungen ähnlich den Bauſchrauben — an Stelle des feſteingebauten haben in letzter Zeit Erfolg gehabt (vgl. Grubenausbau, eiſerner). Das neuerdings angewendete Verfahren [2], in Druck geratene Zimmerung bezw. Eiſenausbau zu entlaſten, ehe durch die Beanſpruchung die Elaſtizitätsgrenze überſchritten wird, iſt zu empfehlen; es muß zu dieſem Zweck der Verzug (f. Grubenzimmerung) ſo eingerichtet werden, daß man ihn leicht beſeitigen, das vorgedrückte Geſtein nachnehmen und den Verzug dann wiederherſtellen kann.

Literatur: [1] Vgl. die unter „Bergbaukunde" angeführten allgemeinen Lehrbücher. — [2] Georgi, M., Der Gebirgsdruck und ſeine Bekämpfung im Kohlenbergbaue, in Jahrbuch für das Berg- und Hüttenweſen im Königreich Sachſen auf das Jahr 1894, S. 76. — [3] Banſen, H., Der Grubenausbau, Berlin 1906.

Treptow.

Grubenausbau, eiferner (Eiſenausbau), vertritt in neuerer Zeit, nachdem das Eiſen wohlfeiler geworden iſt, die Grubenzimmerung (f. d.) namentlich dort, wo dieſe leicht fault. Sehr ſtarker Gebirgsdruck verbiegt auch ſtarken Eiſenausbau, deſſen Entfernung behufs Erneuerung ſchwierig iſt; auch iſt zu berückſichtigen, daß Eiſenausbau durch ſaure Grubenwaſſer ſchnell zerſtört wird.

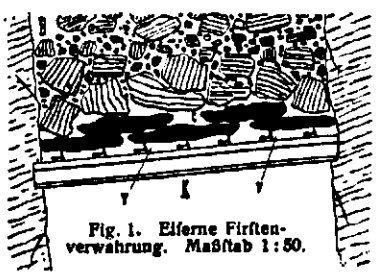


Fig. 1. Eiſerne Firſtenverwahrung. Maßſtab 1:50.

Beſonders häufig wird die beim Firſtenbau (f. d.) nötig werdende Verwahrung der Streckenfirſte in Eiſen ausgeführt; als Stempel *K* (f. Fig. 1) dienen alte Landeseiſenbahnſchienen, darüber werden als Verzug *v* Schienen von ſchwächerem Profil, z. B. Grubenſchienen, gelegt und das Ganze durch flache Geſteinſtücke *c* abgedeckt, auf die dann der Bergeverſatz *B* geſtürzt wird.

In neueſter Zeit wurden erfolgreiche Verſuche mit Grubenſtempeln aus Mannesmann-Stahlrohren (Patent Sommer) beim Pfeilerbau (f. d.) auf Steinkohlengruben gemacht [1] (Fig. 2 und 3). Sie beſtehen aus zwei teleſkopartig ineinander verſchiebbaren Rohren *A* und *B*, die durch eine federnde Schelle *s* gegeneinander feſtgeſtellt werden können. Das weitere Rohr iſt unten durch eine Fußplatte verſchloſſen oder läuft in eine ſtumpfe Spitze aus, auf das engere Rohr iſt eine Kopfplatte aufgeſetzt, die entweder eben oder ausgekehlt hergeſtellt wird. Die federnde Schelle *s* wird, nachdem das engere Rohr eingeſchoben iſt, von dem angenieteten, oben übergreifenden Stücke *t* in ihrer Lage erhalten. Durch Anziehen der mit Links- und Rechtsgewinde verſehenen Schraube *u* kann das engere Rohr feſtgeklemmt und dadurch die Stempellänge in gewiſſen Grenzen nach Bedarf eingeſtellt werden. Durch zu ſtarken Gebirgsdruck — im Mittel mehr als 15000 kg — wird die Reibung in der Schelle überwunden und das engere Rohr, ohne daß eine Verbiegung eintritt, in das weitere hineingeſchoben. Die

Fig. 2 und 3. Grubenſtempel aus Mannesmann-Stahlrohren.

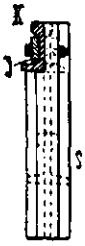


Fig. 5. Eiſerner Türſtock. Maßſtab 1 : 20.

eiſernen Stempel können durch Zurückdrehen der Schellenſchraube wieder gelöſt und mehrmals benutzt werden.

Die Herſtellung von Türſtöcken (ſ. Grubenzimmerung) aus Eiſenbahnſchienen findet zuweilen ſtatt, doch erſchwert das eigenartige Profil der Kopfſchienen die ſichere Verbindung der Beine oder Stempel *S* mit der Kappe *K*; Fig. 4 zeigt eine Verbindung durch Winkellaſchen *l*, Fig. 5 eine andre Verlaſchung, bei der die zur Verbindung nötigen ebenen Flächen dadurch hergeſtellt werden, daß vom Schienenkopf und Schienenfuß Teile durch Abſchroten entfernt ſind. — Häufig findet man Türſtöcke, deren Kappen aus Eiſenbahnſchienen, die Stempel dagegen aus Rundholz beſtehen (vgl. Fig. 6). Um den Druck der Kappenſchiene *K* gleichmäßig auf die ganze Holzſtärke des Stempels *S* zu übertragen, werden eiſerne Unterlagsſcheiben angewendet, die an der Innenſeite des Stempels umgebogen ſind. Bei Seitendruck legt ſich der Stempel gegen dieſen umgebogenen Lappen und gegen zwei ſtarke Eiſenbolzen *b*, die in Bohrungen des Schienenfußes eingetrieben werden. — Durch Gebirgsdruck verbogene Kappenſchienen werden über Tage in Oefen erhitzt und auf einem großen Amboß für erneute Verwendung wieder geradegerichtet. — Da, wo der Eiſenausbau in größerem Umfange Anwendung findet, werden Baue aus Doppel-T-Eiſen oder U-Eiſen fertig abgepaßt

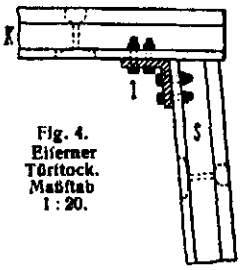


Fig. 4. Eiſerner Türſtock. Maßſtab 1 : 20.

Fig. 6. Verbindung einer Kappenſchiene mit einem hölzernen Stempel. Maßſtab 1 : 20.

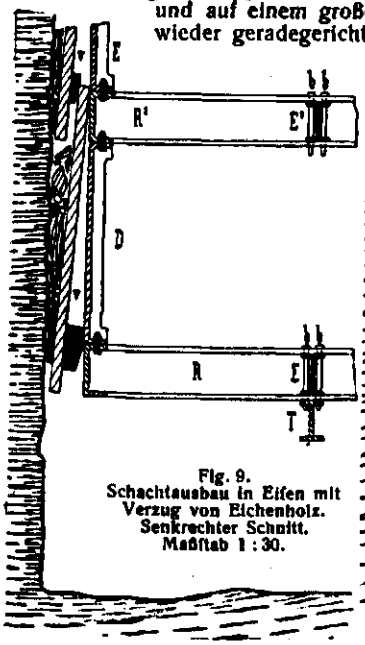


Fig. 9. Schachtausbau in Eiſen mit Verzug von Eichenholz. Senkrechter Schnitt. Maßſtab 1 : 30.

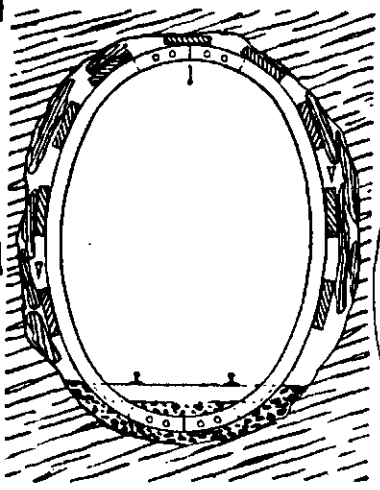


Fig. 7. Geſchloſſenes Streckengeſtell (Ellipſe). Maßſtab 1 : 50.

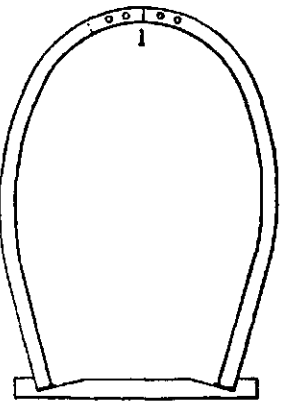


Fig. 8. Offenes Streckengeſtell. Maßſtab 1 : 50.

nebſt ſämtlichem Zubehör von den Eiſenwalzwerken bezogen. Sie beſtehen aus einzelnen Bogenſtücken; die Verbindung erfolgt durch Verlaſchung, nachdem Verſuche mit Muffverbindungen keinen Erfolg hatten.

Für Streckenausbau dienen entweder die offenen oder die geſchloſſenen Streckengeſtelle, letztere auch Ellipſen genannt (ſ. Fig. 7 und 8). Die Verlaſchung iſt beim Doppel-T-Eiſen ähnlich wie bei den Landeseiſenbahnſchienen, bei dem U-Eiſen werden die Laſchen *l* in die hohle Seite eingelegt. Der Verzug *v* liegt wie bei den hölzernen Türſtöcken hinter den Bauen oder wird wohl auch bei dem Doppel-T-Eiſen in die Schienenhälfe eingebracht.

Schächte, die in Eiſen ausgebaut werden ſollen, erhalten am zweckmäßigſten kreisrunden Querſchnitt. Fig. 9 erläutert den jetzt üblichen eiſernen Schachtausbau [2]. Gewöhnlich kann man den Schacht 3—5 *m* abteufen und baut dieſen Teil auf einmal aus. Im richtigen Abſtande unter dem bereits vorhandenen Ausbau werden Tragſtempel *T* in die Schachtſtöße eingebühnt und auf dieſe der unterſte Schachtkranz oder Ring *R* verlegt; dieſer beſteht aus U-Eiſen und iſt je nach der Eiſenſtärke derart in Teile zerlegt, daß jeder Teil durch die Mannſchaft bequem gehandhabt werden kann. Die einzelnen Teile werden durch Laſchen und Steckbolzen verbunden und der Ring ſodann nach dem im Schachtmittel hängenden Lote genau zentriſch gegen die Schachtſtöße durch Keile, Spreizen oder dergl. feſtgelegt. Sodann werden die Einſtriche *E* aus Doppel-T-Eiſen zur Einteilung des Schachtes, im U-Eiſen der Ringe mittels Steckbolzen *b* und die am Ende umgebogenen Bolzen *D* aus U-Eiſen auf dem Ringe durch Schraubenbolzen befeſtigt, auf dieſe der zweite Ring R_1 verlegt und ſo durch weiteren Aufbau der Anſchluß an den ſchon ausgebauten Schachtteil endlich mittels der letzten Bolzen erreicht. Zuletzt wird der Verzug *v*, der, wie in der Fig. 9 angedeutet, aus eichenen Bohlen, zuweilen aus ſtarkem Eiſenblech beſteht, hinter den Ringen eingebracht, um die Schachtſtöße zu verkleiden. Die Leitungen für die Schachtförderung (ſ. d.), auch die Bühnen und Fahrten für die Fahrung (ſ. Fahren) werden zum Teil ebenfalls aus Eiſen hergeſtellt.

Gerade beim Schachtausbau in Eifen kommen deffen befondere Vorzüge zur Geltung: geringer Raumbedarf, fchnelle Herftellung, lange Dauer und verhältnismäßig nicht hohe Koften. Der Preis für den Eifenausbau eines runden Schachtes von 5 m Durchmeffer im Lichten beträgt einfchließlich der Löhne für den Einbau etwa 400 ℳ auf 1 m Schachttiefe.

Literatur: Vgl. die Werke über Bergbaukunde. — [1] Preisliſte der Deutſch-öſterreichiſchen Mannesmannröhrenwerke, Düſſeldorf. — [2] Wenderoth, Ueber die Verwendung von Schmiedeeifen beim Grubenausbau in dem Bezirke der Kgl. Bergwerksdirektion zu Saarbrücken; Zeitſchr. für das Berg-, Hütten- und Salinenweſen im preußiſchen Staate 1878, Bd. 26, S. 290. *Treptow.*

Grubenausbau, wafferdichter, wird namentlich in Schächten angewendet, um beim Bergbaubetriebe im gefchichteten Gebirge das Waffer der hangenden Schichten fernzuhalten (vgl. a. Schachtabteufen).

Jeder derartige Grubenausbau muß in feinen Teilen wafferdicht zufammenfchließen und außerdem an ganzes Geftein ebenfalls wafferdicht angefchloffen werden. Die letztere Bedingung wird erfüllt, indem man auf eine wagerecht hergeftellte Geſteinsfläche am Schachtumfange einen ſtarken Schachtkranz (Keilkranz) aus Gußeifen oder Eichenholz verlegt, den Raum bis an das Geſtein mit trockenem Moos und weichen Brettern ausfüllt und fodann zwifchen diefe und den Keilkranz Reihen von Holzkeilen eintreibt, zunächſt weiche, dann harte Breitkeile und zuletzt ſpitze, harte Keile, für jeden derſelben wird mit einem entſprechenden Eifen Platz gefchaffen. Die Spitzkeile heißen auch „picots“ und die ganze Arbeit des Verkeilens daher picotieren oder Picotage. — Der wafferdichte Ausbau ſelbſt wird entweder in gut zufammengearbeiteten, möglichſt trockenen Hölzern ausgeführt; dabei werden die Fugen durch Verkeilen gedichtet oder man wendet Eifenausbau in Ringen oder Ringfegmenten (Tubbings) an, die mittels Verfchraubung verbunden und durch Bleieinlagen gedichtet werden, oder endlich man mauert in guten Ziegeln und Zement, welcher mit etwas Kalk angemacht iſt. Während der Ausführung des Ausbaues muß man dem Waffer oberhalb des Keilkranzes durch belaffene Oeffnungen den Abfluß in den Schacht geſtatten und es iſt für geeignete Waſſerhebung zu forgen. Der Raum zwifchen dem Ausbau und dem Geſtein wird unter Ausſparung von Waſſerkanälen mittels Beton tunlichſt ausgefüllt. Iſt das andre Ende des wafferdichten Ausbaues ebenfalls an ganzes Geſtein mittels Keilkranz angefchloffen oder bis über den Grundwaſſerſpiegel aufgeführt — und hat die etwa verwendete Mauerung genügend abgebunden —, ſo verſchließt man die Abflußöffnungen, und der Ausbau ſoll dann wafferdicht ſein. Mauerung läßt gewöhnlich zunächſt etwas Waſſer durch, verſintert jedoch allmählich dadurch, daß der Kalk die Poren verſchließt.

Literatur: Vgl. die unter Bergbaukunde genannten allgemeinen Lehrbücher. *Treptow.*

Grubenbahnen (ſ. a. Fabrikbahnen und Maſſentransport) ſind

1. Bahnen mit Schienengleiſen auf dem Erdboden oder auf Gerüſten

(meiſt ſchmalſpurige Bahnen mit Wagen von 0,5—1 t Inhalt).

1. Betrieb durch Menſchen } [1] (Kraft, Geſchwindigkeit, Leiſtung und Tagesarbeit
2. Betrieb durch Zugtiere } belebter Motoren).
3. Betrieb durch Dampf- oder elektriſche Lokomotiven.

Bei dieſen Betriebsarten ſetzt ſich der Arbeitsverbrauch zuſammen aus der Reibungsarbeit der vollen und leeren Fahrzeuge und Zugmittel und der Hubarbeit bei Steigungen. Die Geſamtreibung iſt je nach Bauart und Zuſtand der Gleiſe und Fahrzeuge ſehr verſchieden [2].

4. Betrieb durch Seil oder Kette auf zweiſchieniger Standbahn (Seilförderung oder Gleisſeilbahn) [3]:

a) Förderung mit offenem Seil, Fig. 1 (ein Gleis mit zwei Endweichen, eine Antriebmaſchine *A* mit zwei Trommeln I und II bei *B* oder zwei Antriebmaſchinen mit je einer Trommel bei *A* und *B*). Das Seil wechſelt die Laufrichtung. Abwärts gehende Wagen ſind zu bremſen.

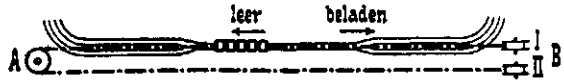


Fig. 1. Förderung mit offenem Seil.

Fig. 2. Förderung mit endlofem (geſchloſſenem) Seil.

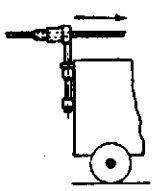


Fig. 3. Knotenfeil.

Fig. 6. Förderung mit Oberkette.

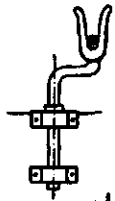


Fig. 4 und 5. Klemmvorrichtung für glattes Seil.

b) Förderung mit endlofem oder geſchloſſenem Seil, Fig. 2. Zwei Gleiſe Das Seil läuft ſtets im gleichen Sinne.

Bei geſchloſſenem Kreislauf wird das Gewicht der aufwärts gehenden Wagen durch das der abwärts gehenden ausgeglichen. Geht die Nutzlaſt abwärts, ſo tritt bei einer gewiſſen, von Zuſtand und Bauart der Bahn abhängigen Neigung ſelbſttätiges Laufen ein, ſo daß ſtatt einer Antriebvorrichtung Bremſen anzuordnen ſind. Geſamtreibungszahl bei gutem Bau und Zuſtand von Bahn und Wagen etwa 0,005. Das Seil läuft entweder über die daſſelbe tragenden Wagen (Oberſeil, Deutſchland) oder, durch Rollen geſtützt, unterhalb zwiſchen den Schienen (Unterſeil). Die Mitnahme der Wagen erfolgt durch das Seil mittels Hanf-, Metall- oder aus beiden vereinigter Knoten (Fig. 3), die hinter eine Gabel des Wagens faſſen, oder (neuerdings) durch Feſtklemmen an glatten Seilen (Fig. 4 und 5). Für Steigungen über 11 % dienen Mitnehmer-

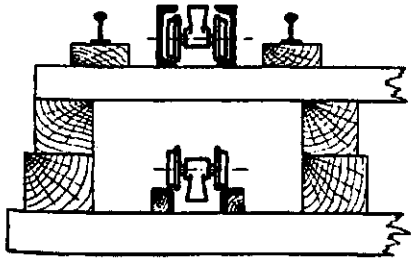


Fig. 7. Förderung mit Unterkette.

schlösser, für etwa sich lösende Wagen Fangvorrichtungen. Seilgeschwindigkeit ~ 0,5—1 m/sec, Förderlänge bis zu 4,6 km ausgeführt, Seillänge 10 km

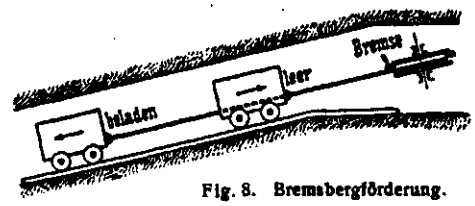


Fig. 8. Bremsbergförderung.

(nach G. Heckel, St. Johann-Saarbrücken) [4]. Kabelbahnen von Hunt-Pohlig, vornehmlich gebraucht für Förderlängen > 180 m und bei sehr kurvenreicher Grundrißführung zwischen Gebäuden hindurch), s. Kabelbahnen und Haufenlager.

c) Kettenförderung (Streckenförderung), in der Gesamtanordnung ähnlich der Seilförderung, ist namentlich zu verwenden, wo starke Steigungen und Einsenkungen mit wenig Kurven vorhanden sind. Mitnehmer nach Fig. 6 bei obenliegender, nach Fig. 7 bei untenliegender Kette. Kettengeschwindigkeit 0,75 bis 1,5 m/sec (nach C. W. Hafenclever Söhne, Düsseldorf) [5].

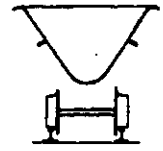


Fig. 10. Muldenkipper.

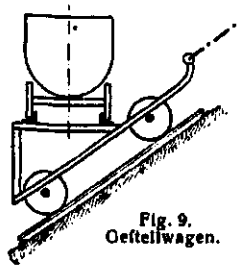


Fig. 9. Oeffelwagen.

5. Gefällebahnen (s. d.).

6. Bei der Bremsbergförderung (Fig. 8) ist über eine mit einer Bremse versehene Scheibe oder Trommel ein Seil geschlungen, an dessen Enden der volle Wagen oben, der leere unten befestigt wird; die Bremse wird durch ein Gewicht geschlossen gehalten. Die Wagen können nur bei Gefällen bis etwa 30° unmittelbar auf den Schienen laufen, bei steilerer Steigung wird ein besonderes Gestell (Fig. 9) nötig [6].

7. Schwerkraft- oder selbsttätige (automatische) Bahnen (s. d.).

Wagen. Für die bisher aufgeführten Bahnen kommen meist folgende Wagen in Betracht:

1. Kippwagen von 0,5—5 cbm Fassung und 500—750 mm Spurweiten (vgl. Kipper und Wipper). Mit abnehmbaren Gefäßen sind sie für Kranentladungen sehr geeignet [7].

a) Seitenkipper (s. Fig. 10 und die folgende Tabelle).

Eiserne Muldenkipper von A. Koppel, Berlin.

Spur	mm	500	500	500	600	600	600
Inhalt	cbm	1/3	1/2	3/4	1/2	3/4	1
Gesamte Rahmenlänge	mm	1560	1700	1860	1700	1860	2055
Gesamte Muldenbreite	"	1090	1280	1470	1280	1470	1500
Muldenoberkante über S.-O.	"	1000	1015	1170	1060	1195	1275
Radstand	"	450	550	550	550	550	650
Raddurchmesser	"	300	300	300	300	300	350

b) Vorderkipper (Muldenkippachse und Wagenachsen parallel zueinander).

c) Rundkipper (Entladung nach allen Seiten möglich) u. s. w.

2. Selbstentlader (Schnellentlader), s. d.

II. Schwebende (einschienige) Bahnen mit hängenden Wagen.

1. Hängebahnen (s. d.), Elektrohängebahnen, Telpherbahnen u. s. w.

2. Seilbahnen (s. d.), Drahtseilbahnen, Luftseilbahnen, schwebende Seilbahnen mit stetigem Betriebe.

Bezeichnet für eine in sich geschlossene Bahn i den Inhalt eines Wagens in Kubikmetern, M die Fördermenge in Kubikmeterstunden, z die stündlich zu fördernde Wagenzahl, n die Wagenzahl auf der Strecke, t den zeitlichen Wagenabstand in Sekunden, a den örtlichen Wagenabstand, v die Wagengeschwindigkeit und L die Länge der Bahn in Metern, so ist $z = \frac{M}{i}$; $t = \frac{3600}{z}$; $a = vt$; $n = \frac{L}{a}$. Dabei muß t genügend groß sein, damit ein Wagen entkuppelt, gefüllt und angekuppelt oder entleert werden kann; ist t dafür nicht ausreichend, so müssen mehrere Be- und Entladestellen vorgesehen werden, und zwar bei T Sekunden Lade- oder Entladezeit $\frac{T}{t}$ Stellen.

Der Gesamtbedarf an Wagen setzt sich zusammen aus n und den an den Be- und Entladestellen befindlichen Wagen.

Literatur: [1] „Hütte", 19. Aufl., 1. Teil, S. 806 und 1232 ff. — [2] Buhle, Dingl. Polyt. Journ. 1904, S. 745 und 156 ff., bezw. Technische Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern, Berlin 1906, 3. Teil, S. 25 und 47 ff. — [3] Abt, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. 5, 8. Abt., Leipzig 1901, S. 93 ff.; Braun, Die Seilförderung auf söhliger und geneigter Schienenbahn; Stein, Die verschiedenen Methoden der mechanischen Streckenförderung. — [4] Rasch, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1903, S. 1414 ff. — [5] Derf., ebend., S. 448 ff., und Buhle, Uhland 1906, S. 2 ff. — [6] Buhle, Techn. Hilfsmittel u. s. w., 2. Teil, S. 56 ff., bezw. Zeitschr. d.

Ver. deutſch. Ing. 1903, S. 863 ff. — [7] Techn. Hilfsmittel u. ſ. w., 1. Teil, S. 46, 2. Teil, S. 33 und 55; Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 1358 ff., 1902, S. 1730, 1903, S. 862; Martens, Dingl. Polyt. Journ. 1906, S. 92 ff. *M. Buhle.*

Grubenbaue, diejenigen Räume, die zum Zweck des bergmänniſchen Betriebes unter der Oberfläche hergeſtellt werden.

Von ihnen unterſcheiden ſich die Tagebaue (ſ. Tag) dadurch, daß ſie an der Oberfläche liegen und den freien Himmel über ſich haben. Die Grubenbaue im engeren Sinne dienen in letzter Linie dem Abbau der Lagerſtätten und werden eingeteilt in die Ausrichtungsbaue, Vorrichtungsbaue und Abbaue. Mittels der Ausrichtungsbaue gelangt der Bergmann bis an die Lagerſtätte; es gehören hierzu die Schächte, Querſchläge und Stölln (vgl. a. Querſchlag, Schacht, Stollen); durch die Vorrichtungsbaue — es ſind dies hauptſächlich die Strecken (ſ. d.) — wird die Lagerſtätte in Abſchnitte geteilt, die für die Gewinnung der nutzbaren Mineralien durch Abbaue (ſ. d.) geeignet ſind. Von den eigentlichen Grubenbauen ſind die Hilfsbaue zu trennen, da ſie nur mittelbar dem Abbau dienen; dahin ſind zu rechnen: die Maſchinenräume unter Tage, die Röſchen zur Zu- und Abführung der Aufſchlagwaſſer für die Waſſerkraftmaſchinen, die Bergemühlen zur Gewinnung von Material zum Bergeverſatz, die unterirdiſchen Pferdeſtälle, Sprengſtoffniederlagen u. ſ. w. *Treptow.*

Grubenbetrieb. Die Geſamtheit der Anlagen und Rechte, welche zu einem Bergbaubetriebe gehören, nennt man nach örtlicher Gewohnheit eine Grube, ein Grubengebäude, Bergwerk, Berggebäude oder auch eine Zeche. Derjenige Teil der Oberfläche, unter welchem das Bergbaurecht einem Bergbautreibenden zuſteht, heißt das Grubenfeld, auch wohl kurz Feld; die Feldgrenzen, auch Markſcheiden genannt, werden gewöhnlich durch ideelle ſenkrechte Ebenen gebildet, welche durch die über Tage mittels Feſtpunkten (ſ. d.) beſtimmten geradlinigen Feldgrenzen gelegt ſind. Die Größe eines Grubenfeldes wird in Quadratmaß ausgedrückt; in einigen Ländern wird außerdem die Anzahl verliehener Maße oder Maßeinheiten angegeben, deren jede eine geſetzlich beſtimmte Anzahl von Quadratmetern umfaßt. In Oeſterreich und andern Staaten gilt die Vorſchrift, daß jede Maßeinheit die Form eines Rechtecks haben muß, deſſen Seitenlängen in gewiſſen Grenzen wählbar ſind; auch iſt die Lage jeder Maßeinheit in der Natur zu bezeichnen. Ein Feldſtück von unregelmäßig vielſeitiger Geſtalt, das zwiſchen den Maßen eines und desſelben oder zweier benachbarten Berggebäude liegt, heißt Ueberſchar.

Die Geſamtheit der Arbeiter einer Grube nennt man die Knappſchaft oder Belegſchaft, die Arbeit in der Grube wird auch Bergarbeit und der Arbeiter Bergarbeiter genannt. Für „eine Arbeit in der Grube mit einer Anzahl Arbeiter betreiben“ ſagt man auch „die Arbeit mit z. B. zwei Mann belegen“.

Die Aufſichtsbeamten auf den Gruben heißen Steiger und erhalten je nach ihrer Dienſtverrichtung beſondere Titel: der Oberaufſeher: Oberſteiger, der Steiger für einen größeren Teil der Grubenbaue: Revierſteiger oder Unterſteiger; auch kommen die Benennungen vor: Maſchinen- oder Kunſtſteiger, Zimmerſteiger, Wetterſteiger (ſ. Wetter), Wäſcheſteiger (bei der Aufbereitung) u. ſ. w. Je nachdem ein Steiger am Tage oder zur Nachtzeit ſeinen Dienſt verrichtet, heißt er Tag- oder Nachtſteiger. Der Beamte, welcher über Tage den im Gebrauch befindlichen Teil der Werkzeuge und Materialien beaufſichtigt, heißt Hutmann (von hüten), in Oeſterreich auch Geimel. Das ihm als Dienſtwohnung angewieſene Gebäude, in welchem nicht ſelten eine Schankwirtſchaft betrieben wird, heißt Huthaus.

Auch die einzelnen Klaſſen der Arbeiter werden eigenartig bezeichnet; die Häuer führen die Geſteinsarbeiten aus; die älteren werden unterſchieden als Voll- oder Doppelhäuer von den jüngeren, Lehrhäuern. Die meiſt jugendlichen Arbeiter, welche die Beförderung der Mineralien in der Grube beſorgen, heißen Förderleute oder Hundeſtößer, da gewiſſe Fördergefäße Hunde genannt werden. Knaben, welche früher in den Erzgruben verwendet wurden, um Berge (ſ. d.) und Erz auszuleſen und bis zu gewiſſen Sammelpunkten zu ſchaffen, hießen Säuberjungen (von ſäubern). Die Kunſtarbeiter warten die Maſchinen, die Zimmerleute heißen Zimmerlinge. Die bei der Schachtförderung (ſ. d.) beſchäftigten Arbeiter nennt man Treibeleute, Treibemeiſter (vom Antreiben der Fördereinrichtung durch Tier-, Waſſer- oder Dampfkraft); diejenigen, welche in der Grube die vollen Fördergefäße der Schachtförderung übergeben, ſind die Anſchläger, diejenigen, welche ſie über Tage in Empfang nehmen, Abnehmer.

Die Arbeitszeit auf der Grube heißt Schicht, nach der Dauer 8-, 10- und 12ſtündige Schicht und nach der Tageszeit Tag- und Nachtſchicht. Zuweilen wechſeln im Laufe von 24 Stunden drei Arbeitergruppen ab, ſo daß jede 8 Stunden arbeitet; man ſpricht dann von Frühdrittel (Arbeitszeit 4 Uhr früh bis 12 Uhr mittags), Tagdrittel (12 bis 8 Uhr), Nachtdrittel (8 Uhr abends bis 4 Uhr früh). Hierdurch hat ſich die Bezeichnung Drittel ſtatt Schicht eingebürgert, die auch gebraucht wird, wenn die Arbeitszeit länger als 8 Stunden dauert. Schicht und Drittel und die übrigen obengenannten Ausdrücke bezeichnen auch die zu einer beſtimmten Zeit anfahrende Mannſchaft, z. B.: die Tagſchicht iſt 300 Mann ſtark.

Der für die Dauer einer Schicht feſtgeſetzte Lohn heißt Schichtlohn, entſprechend dem auch wohl üblichen Tag- und Stundenlohn, im Gegenſatz zum Gedinge, d. h. Akkordlohn für eine beſtimmte Arbeitsleiſtung. Es gibt z. B. bei der Herſtellung einer Strecke (ſ. d.) Längen- oder Metergedinge, beim Abbaubetrieb Quadratmetergedinge oder Tonnengedinge, bei der Förderung Tonnenkilometergedinge; am Harz kam auch das Zollgedinge vor, d. h. ein Akkordſatz für das Abbohren von je 1 Zoll Bohrlochtiefe. Unter Generalgedinge verſteht man das für eine größere Arbeit abgeſchloſſene und auf längere Zeit geltende Gedinge, z. B. beim Schachtabteufen oder Querſchlagbetrieb. Prämiengedinge

ſichern den Arbeitern für eine beſtimmte, nur durch großen Fleiß zu erreichende Leiſtung eine beſondere Vergütung zu. Um den Anfangspunkt der Arbeit bei einem nach hergeſtellter Länge vereinbarten Gedinge zu bezeichnen, wird eine kleine rechteckige Vertiefung in das Geſtein gemeißelt, die Gedingſtuffe.

Das für einen Bergwerksbetrieb erforderte Anlage- bezw. Betriebskapital nennt man zuweilen, beſonders bei den Gewerkſchaften (ſ. Bergrecht), Verlag oder Zubuße; wird vom Ertrage des Betriebes das Anlagekapital durch Rückzahlung getilgt, ſo ſagt man: der Bergbau gibt Verlag oder erſtattet den Verlag zurück; der nach Tilgung des Anlagekapitals ſich ergebende Reingewinn heißt Ausbeute. Halten ſich bei einer Grube die Betriebskoſten und der Wert der Produktion — die man auch das Ausbringen nennt — das Gleichgewicht, ſo ſagt man, die Grube iſt im Freiverbau.

Hinſichtlich der Höhe des Anlage- und Betriebskapitals befindet ſich der Bergbau in ungünſtigerer Lage als manche andre Induſtrien, da einerſeits die Mineralführung der Lagerſtätte ſich nur ſchwer von vornherein ſchätzen läßt, anderſeits bei Herſtellung der Anlagen, namentlich der Aus- und Vorrichtungsbaue (ſ. Grubenbaue) leicht unvorhergeſehene Schwierigkeiten eintreten können, die bedeutende Kapitalaufwendungen zu ihrer Ueberwindung erfordern. Dazu ſind z. B. die Waſſerverhältniſſe beim Schachtabteufen und bei der Auffahrung des Streckenſyſtems und ſtarker Gebirgsdruck zu rechnen. Aber auch während des Betriebes können unerwartete Hinderniſſe erwachſen, dem Gangbergbau in der Unregelmäßigkeit der Erzführung, dem Kohlenbergbau durch Grubenbrand (ſ. d.) und Exploſionsgefahr (ſ. Wetter). Dazu kommt bei ſolchen Bergbauen, deren Produkte nur ein beſchränktes Abſatzgebiet haben, das häufige Schwanken ſowohl der Menge als auch des Preiſes der abſetzbaren Produktion. Es iſt daher gerade beim Bergbaubetriebe durchaus nötig, nach den örtlichen oder nach ähnlichen Betriebsverhältniſſen Anlage- und Betriebskapital richtig zu bemeſſen, außerdem aber Mittel als Reſerve bereitzuhalten, damit Unglücksfälle im Betriebe und Zeiten ſchlechteren Geſchäftsganges ertragen werden können.

Die Bergarbeit iſt ſchwere Arbeit und erfordert viel Ausdauer, Gewandtheit und Umſicht. Trotzdem wird ſie von den Arbeitern andern Beſchäftigungen gegenüber bevorzugt, da ſie in der Regel ſtändigen Verdienſt gewährt; auch ſind diejenigen Wohltaten, welche jetzt durch die ſoziale Geſetzgebung allen Arbeitern zuteil werden, ſchon ſeit Jahrhunderten, wenngleich in beſchränktem Maße, in den größeren Bergbaurevieren für die Knappſchaften eingeführt geweſen. Die Natur des Bergbaubetriebes erſchwert die Aufſichtführung, daher iſt zur Anſpornung des Fleißes das Gedingeweſen unerläßlich; den Aufſichtsbeamten bleibt noch genug zu tun übrig, namentlich um das richtige Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten zu regeln, und dann die Sorge für die Betriebsſicherheit, zu deren Aufrechterhaltung bis ins einzelne ſich erſtreckende Bergpolizeivorſchriften (ſ. Bergrecht) erlaſſen ſind. Das Grubenrechnungsweſen — aus der alten Zeit, als die Vermerke über Ausgaben noch durch Einſchnitte auf kleinen Holzlatten (Kerbholz) verzeichnet wurden, ſtammt die zuweilen beim Erzbergbau noch vorkommende Bezeichnung Anſchnitt — iſt bei größeren Berggebäuden ſehr umfänglich; äußerſt wichtig iſt die Buchführung über die Zuſammenſetzung der Geſtehungskoſten aus den Einzelbeträgen, welche den verſchiedenen Arbeitsverrichtungen und Betriebsabteilungen entſprechen, da hierdurch die beſte Prüfung über richtige und ſparſame Betriebsweiſe ermöglicht wird.

Zu den Eigentümlichkeiten des Bergbaubetriebes gehört auch die Umſtändlichkeit der Planführung, Rißweſen genannt (ſ. Markſcheidekunde), ohne das bei einiger Ausdehnung der Baue und verwickelten Lagerungsverhältniſſen der Betrieb überhaupt nicht möglich ſein würde.

Der ausgedehnte Bedarf an mechaniſcher Kraft, welcher in der Gegenwart vorzugsweiſe durch die Dampfkraft gedeckt wird, mußte früher ausſchließlich durch Waſſerkraft erzeugt werden; wir finden daher in vielen Revieren des Erzbergbaues, z. B. am Harz, im Erzgebirge, ausgedehnte Anlagen für die Waſſerverſorgung. Die Vergrößerung des Wertes derſelben einerſeits durch Beſchaffung von Gefällhöhe und die Entlaſtung der Waſſerhaltungsmaſchinen (ſ. Waſſerhebung) anderſeits durch Verminderung der Waſſerhebungshöhe wurde durch Anlage tiefer Stölln (ſ. Stollen) erreicht; ihre Wichtigkeit in früherer Zeit wird am beſten verdeutlicht durch die Vorrechte, welche den ſogenannten Erbſtölln geſetzlich verliehen wurden, namentlich in der Form von Anteilen an dem Ertrag der Gruben, bis in deren Feld der Stollen getrieben wurde.

Literatur: Treptow, E., Grundzüge der Bergbaukunde, 2. Aufl., Abſchn. XI, Wien 1903; Leo, W., Der Grubenhaushalt, Quedlinburg 1859. *Treptow.*

Grubenbrand, ein Brand in den zum Zwecke des Bergbaubetriebes hergeſtellten unterirdiſchen Räumen, entſteht entweder durch Entzündung der Zimmerung infolge unglücklicher Zufälle oder durch Selbſtentzündung der Lagerſtätte, z. B. der Braun- und Steinkohlen, ferner des Schwefelkieſes, zuweilen auch infolge von Schlagwetterexploſionen.

Der Zimmerungsbrand im Marienſchachte zu Pribram [1] am 31. Mai 1892 koſtete 319 Bergleuten das Leben, die in den unatembaren Brandgaſen erſtickten. Ein achtlos fortgeworfener brennender Lampendochtreſt entzündete die völlig trockene Schachtzimmerung. Das Feuer fand außerdem durch viel abgetropfte Maſchinenſchmiere reichliche Nahrung und die in großen Mengen entwickelten Brandgaſe drangen vom Schacht aus in die Baue ein. — Am 3. März 1896 entſtand aus nicht völlig aufgeklärter Urſache ein Zimmerungsbrand im Frankenbergſchachte der Kleophasgrube bei Kattowitz in Oberſchleſien; demſelben fielen 100 Arbeiter und 23 Pferde zum Opfer [2]. Kleinere Zimmerungsbrände gehören keineswegs zu den Seltenheiten.

In manchen Braun- und Steinkohlengruben iſt man auf die Selbſtentzündung der Kohle und Bekämpfung des Brandes ſtets vorbereitet. Gewiſſe Kohlen, namentlich in zerkleinertem Zuſtande,

binden den Sauerſtoff der Luft; hierdurch tritt zunächſt Erwärmung (auch Brühung genannt) und, ſofern keine Gegenmittel ergriffen werden, Selbſtentzündung ein. Gegenwart von Schwefelkies pflegt die Entzündlichkeit zu erhöhen. — Durch den Grubenbrand wird der Sauerſtoff der Luft verzehrt und außer Kohlenſäure (CO_2) bei beſchränktem Luftzutritt zum Brandherde auch das für alle Organismen äußerſt giftige und ſofern es ſich ſpäter mit Luft miſcht auch exploſible Kohlenoxydgas (CO) erzeugt; dazu wird die Luft von Rauch und Qualm erfüllt. Derart verſchlechterte Grubenluft nennt man Brandgaſe, brandige Wetter. Sie wirken, ſchon in geringer Menge eingeatmet, betäubend und vergiftend; daher iſt beim Eindringen in dieſelben, etwa zur Rettung Verunglückter, größte Vorſicht geboten. Ein längeres Verweilen in Brandgaſen iſt nur mit Hilfe von Atmungsapparaten (ſ. d.) möglich. Auch kommt es zuweilen vor, daß ſich infolge der großen durch den Grubenbrand entſtehenden Wärme in ſonſt ſchlagwetterfreien Gruben aus der anſtehenden Kohle exploſible Kohlenwaſſerſtoffe außer dem ſchon genannten ebenfalls exploſibeln Kohlenoxydgas entwickeln. Auf derartige Verhältniſſe iſt wahrſcheinlich die verheerende Kataſtrophe von Courrières im März 1906, durch welche mehr als 1000 Bergleute ums Leben kamen, zurückzuführen [3].

Zimmerungsbrände laſſen ſich nur durch achtſames Umgehen mit dem Geleucht (ſ. d.), mit den etwa nötigen Feuerungseinrichtungen (Wetteröfen, in der Grube ausnahmsweiſe benötigte Schmiedefeuer u. dergl.) und durch ſorgſames Verlegen der elektriſchen Leitungen vermeiden. Der Ausbruch von Grubenbrand durch Selbſtentzündung von Kohle kann vor allem dadurch verhütet werden, daß kein Grubenklein (wie das früher häufig geſchah) im Bruche (abgebauten Felde) zurückbleibt, es muß rein abgebaut werden, auch unreine Kohle iſt abzubauen und zu fördern, Klüfte mit Staubkohle ſind auszuräumen und je nach der Mächtigkeit luftdicht auszumauern oder mit Mörtel zu verſtreichen. Bei beginnender Erwärmung der Kohle, die ſich übrigens auch durch eigenartig bituminöſen Geruch bemerklich macht, ſind die erwärmten Maſſen herauszuhauen, mit Waſſer abzulöſchen und abzufördern; iſt bereits Entzündung eingetreten oder kann man nicht zum Brandherde ſelbſt gelangen, ſo bleibt nur das Abſperren durch luftdicht gemauerte Dämme (ſ. Bd. 2, S. 534) (Branddämme), wohl auch das reichliche Bewäſſern des betreffenden Feldteiles übrig. Die Dämme müſſen allerſeits genügend in die Stöße eingreifen; man macht ſie luftdicht durch Anwendung von Aſche oder Lehm als Bindemittel. Die Abſperrung kann durch geeignete Anlage des Streckennetzes (ſo wenig Strecken als möglich) erheblich erleichtert, auch durch Herrichten der Dammſtelle und Vorrätighalten von Mauerungsmaterial in der Nähe vorbereitet werden. Je ſchneller man einſchreitet, deſto leichter wird ſich ein entſtehender Brand bewältigen laſſen; hat der Brand erſt um ſich gegriffen, ſo dauert es oft trotz Aufwendung aller Mittel jahrelang, ehe der Brand ſo weit erſtickt iſt, daß im Brandfelde weiter gearbeitet werden kann. Zuweilen müſſen große Abbauabteilungen überhaupt verlaſſen werden.

Literatur (vgl. die Werke über allgemeine Bergbaukunde): [1] Oeſterreichiſche Zeitſchrift für Berg- u. Hüttenweſen, Beilage zu Nr. 6, Wien 1893. — [2] Ebend., Wien 1896, S. 307. — [3] Ebend., Wien 1906, S. 171 und 331. *Treptow.*

Grubendrehbank, Drehbank zum Abdrehen von Schwungrädern u. ſ. w. Dabei wird das zu bearbeitende Schwungrad zunächſt etwa $^2/_3$ über, $^1/_3$ in einer Grube, mit der Radvorderfläche parallel zur Grubenkante, lotrecht gehängt und zwecks Ausbohrens der Schwungradnabe mittels ſeiner wagerechten Radſpeiche auf Böcken feſt verſchraubt. Sodann wird auf dem Schwungrad konzentriſch ein Zahnrad befeſtigt, das Schwungrad nebſt Zahnrad nach Beſeitigung der Speichenunterſtützungen mittels einer durch die Nabenbohrung geſteckten Achſe in zwei Lagerböcken drehbar gelagert und das Schwungrad durch Einwirkung eines auf der Grube befeſtigten Triebſtockes auf das Zahnrad an dem Drehſtahl vorbeigeführt und ſo bearbeitet.

Literatur: Kick, F., Mechaniſche Technologie, Leipzig und Wien 1898. *Dalchow.*

Grubenfeld, ſ. Grubenbetrieb und Bergrecht.

Grubenförderung umfaßt die Beförderung der durch den Bergbaubetrieb gewonnenen Mineralien (einſchließlich der Berge) aus den Abbauen (ſ. d.) bis zur Tagesoberfläche und der in der Grube benötigten Materialien in umgekehrter Richtung; ſie zerfällt nach der Verſchiedenheit der erforderlichen Hilfsmittel in die Förderung aus den Abbauen bis auf die Hauptförderſtrecken, welche in der Hauptſache abwärts erfolgt, in die Streckenförderung (ſ. d.) mit vorwiegend horizontaler Bahn (doch wird hierzu gewöhnlich auch die Bremsbergförderung und Haſpelförderung [ſ. d.] gerechnet) und die Schachtförderung (ſ. d.), welche aufwärts ſtattfindet.

Die Grubenförderung iſt ein ſehr wichtiger Zweig des Betriebes, zumal in neuerer Zeit wegen der Größe der Grubenfelder die Förderwege nicht ſelten bis zu 2 km lang werden und zu gleicher Zeit die Menge der durch eine Schachtanlage zu fördernden Maſſen immer mehr anwächſt. Um ſo bedeutſamer iſt es, durch guten Zuſtand der Förderwege und Gerätſchaften, durch Erſparung alles unnötigen Transportes, z. B. der Berge, welche verſetzt werden können, durch Anwendung von Tier- und Menſchenkraft und Vermeidung oder Erleichterung des Umladens die Förderkoſten für die Einheit (1 tkm) herabzudrücken.

Die Förderung der gewonnenen Mineralien aus den Abbauen bis auf die Förderſtrecken findet bei ſteil ſtehender Lagerſtätte (etwa bis zu 45° Neigung abwärts) durch die eigne Schwere der Maſſen ſtatt in Vorrichtungen, welche Rollen, Rollöcher, Förderrollen oder Rollſchächte genannt werden, das Gut rollt abwärts.

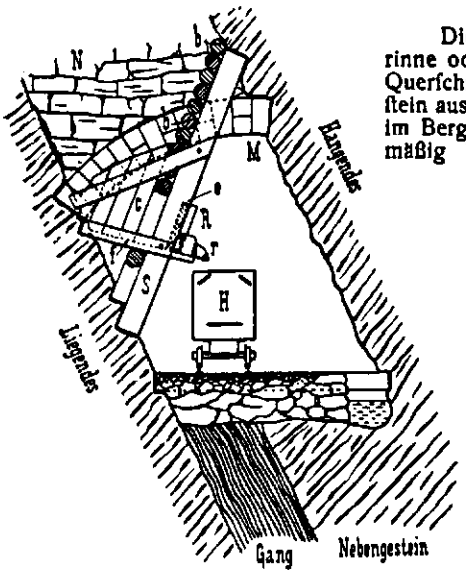


Fig. 1. Geschlossene Rolle beim Firstenbau.

Die Rollen sind je nach der Neigung gezimmerte Gerinne oder Lutten (Rohre von rechteckigem oder kreisrundem Querschnitt); auch werden zu dem Zwecke Schächte im Gestein ausgeschossen oder durch Zimmerung, häufiger Mauerung, im Bergeversatz ausgespart. Das letztere geschieht fast regelmäßig beim Firstenbau (s. d. und Fig. 1). Die Rollen sind entweder unten offen, dann fällt das Fördergut auf die Streckensohle und muß mit der Schaufel oder mittels Trogs und Kratze in die Streckenfördergefäße gefüllt werden (s. Wegfüllarbeit), oder die Rollen sind unten derart geschlossen, daß man die Massen durch zeitweiliges Oeffnen eines Verschlusses (Einsetzpfosten, Schieber, Lid) in den darunter gefahrenen Hund ablassen kann. Fig. 1 zeigt die Einrichtung einer geschlossenen Rolle beim Firstenbau. Der Rollenraum ist im Bergeversatz dadurch hergestellt, daß zwischen dem Hangenden und Liegenden in Höhe der Streckenfirste (s. Strecke) zwei Mauerbogen *M* eingespannt und darauf die trockenen Bergemauern *N* bis in die Höhe des Abbaues aufgeführt sind. Der Verschluß der Rolle stützt sich gegen die Rollsäulen *S*, *f* ist der Rollenboden, die Seiten werden durch die Verschalung *c* geschlossen, ebenso bis auf eine rechteckige, über dem Rollenboden verbleibende Oeffnung, den Rollenschlund *R*, die der Förderstrecke zugekehrte Seite durch die Deckhölzer *b*. Auf den nach vorn verlängerten Rollenboden sind Seitenwände aufgesetzt und daran das aufklappbare Gerinne *r* befestigt; der Rollenschlund kann durch Einsetzpfosten *e* geschlossen werden. In den Hund *H* rollen nach Niederschlagen des Gerinnes und Lüftung der Einsetzpfosten aus dem Rollenschlunde die Massen von selbst ab.

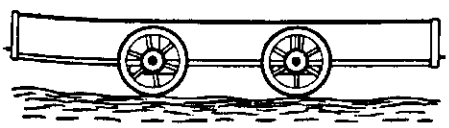


Fig. 5. Mansfelder Schlepphund.

Um Verfetzungen zu vermeiden, dürfen nicht zu große Stücke in die Rolle gefüllt werden. Die obere Oeffnung im Abbau ist für gewöhnlich durch darüber gelegte Hölzer geschlossen, die Förderung bis zur Rolle geschieht je nach der Entfernung und den Raumverhältnissen durch Werfen mit der Schaufel, durch Tragen auf dem Troge oder durch Laufkarren.

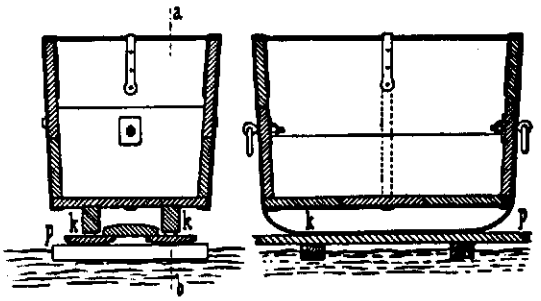


Fig. 2 (Querschnitt). Fig. 3 (Längsschnitt *ab*). Schleppkasten mit Kufen.

Ist die Neigung der Lagerstätte so gering, daß die Massen nicht mehr rollen, so kann außer dem Laufkarren, namentlich bei niedrigen Bauen, die schleppende oder schleifende Förderung angewendet werden. Als Fördergefäße dienen aus Weiden geflochtene Körbe oder Schleppkästen. Der Fördermann schiebt bei größerer Neigung das Gefäß vor sich her oder schleppt (zieht) es bei geringerer Neigung an einer Kette mit Schulterriemen. Daher heißen die Förderleute auch Schlepper. Statt schleppen sagt man auch trecken.

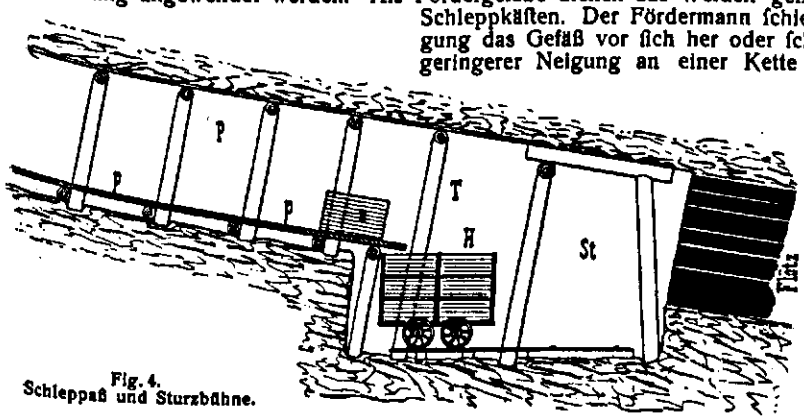


Fig. 4. Schleppaß und Sturzbühne.

Als Förderbahn dienen die glatte Sohle oder auf Stegen befestigte Pfosten (*p*, Fig. 2 und 3, welche die einfache Bauart eines Schleppkastens zeigen). Bei geringerer Bahnneigung ist der Schleppkasten mit eisenbeschlagenen Kufen *k* versehen, um die gleitende Reibung zu vermindern (in diesem Falle Schlitten genannt); die Schleppbahn *p* besteht aus drei Schwarten, wodurch das Spurhalten erleichtert wird.

Bei der Schleppförderung ist durch Anlage geeigneter Sturzbühnen dafür Sorge zu tragen,

daß das Umladen in die Streckenfördergefäße bequem vor ſich geht. Enge Schleppſtrecken heißen auch Schleppäſſe. In Fig. 4 iſt *P* der Schleppaß mit der Schleppbahn *p*, *s* iſt der Schleppkaſten, *T* der Sturzplatz, *H* der Hund, *St* die Streichſtrecke.

In den Strebbauen des Mansfelder Kupferſchieferbergbaues, deren Höhe nur 0,4—0,5 m beträgt, findet eine eigenartige Schleppförderung mit niedrigen Schlepphunden ſtatt (ſ. Fig. 5), dort auch Strebräderhunde genannt. Der Kaſten iſt einſchließlich der Räder nur 0,25 m hoch, 1,4 m lang und 0,6 m breit, der Schlepper kriecht, auf der Seite liegend, mit Hilfe von Achſel- und Beinbrett und zieht den Hund an einer kurzen Feſſel hinter ſich her, indem er den freien Fuß gegen die Firſte ſtemmt. — Kleine Hunde, welche beim Kohlenbergbau in niedrigen Abbauſtrecken an Stelle der Schleppkäſten auf Schienengleiſen verkehren, heißen Flözhunde im Gegenſatz zu den Streckenhunden. — Tragende Förderung in Körben, Lederſäcken u. dergl. auf dem Rücken der Arbeiter wird nur in ſehr unregelmäßigen Bauen oder bei ſehr reichen Erzen angewendet, um auch den kleinſten Verluſt zu vermeiden.

In neuerer Zeit ſind zur Förderung aus den Abbauen bis auf die Förderſtrecken bei geringer Neigung in ausgedehntem Maße an Ketten aufgehängte eiſerne Rinnen (Schwingrinnen) verwendet worden, beſonders bei ſtreichendem Abbau an breitem Stoße; ſie werden aus einzelnen Teilen von etwa 2 m Länge zuſammengeſetzt. Das Gut wird in die Rinnen geſchaufelt, ſie dienen alſo zu gleicher Zeit als Behälter. Iſt ein Hund, ähnlich wie in Fig. 4, unter das untere Ende der Rinne gefahren, ſo wird ſie durch Menſchenhand oder durch Anlaſſen eines kleinen Motors in ſchwingende Bewegung verſetzt und das Gut rutſcht abwärts. Wird die Uebertragung vom Motor aus derart angeordnet, daß ſich eine langſame Vorwärts- und eine ſchnelle Rückwärtsbewegung ergibt, ſo kann in ſolchen Rinnen wagerecht und ſogar einige Grade ins Steigen gefördert werden. *Treptow.*

Grubengas, ſ. Methan und Wetter.

Grubengerbung, das Verfahren, nach dem urſprünglich die Häute ausſchließlich in Gruben lohgar gemacht wurden; ſ. Leder.

Grubenhobelmaſchine, Hobelmaſchine, bei der zur Aufnahme des Arbeitsſtückes eine weite und tiefe Grube vorgeſehen iſt.

Die Grubenhobelmaſchine dient zum Hobeln ſehr langer Gegenſtände, z. B. zum Hobeln von Maſchinengeſtellen. Da die Bewegung des Arbeitsſtückes viel Raum und Kraft in Anſpruch nimmt und die Maſchinenlänge bedeutend vergrößern würde, ſo wird das Arbeitsſtück feſt gelagert und das in einem Querſchlitten befeſtigte Hobelmeſſer hin und her bewegt (ſ. Hobelmaſchinen). *Daichow.*

Grubeninſtrumente (ſ. a. Grubenmeſſungen) ſind die vom Markſcheider in und auf der Grube verwendeten Meßinſtrumente [1]—[4], zum Teil die bekannten geodätiſchen Inſtrumente, die den Grubenverhältniſſen — künſtliche Beleuchtung, beſchränkter Raum, ſchwankender Boden, ſteile Viſuren, Näſſe und Schmutz — angepaßt ſind, zum Teil beſondere Meßapparate zu Lotungen, Orientierungsmeſſungen, ſtratigraphiſchen Beſtimmungen, allgemein zu techniſch-geophyſikaliſchen Arbeiten. Die Inſtrumente müſſen handlich, aber doch feſt gebaut, auch möglichſt eiſenfrei ſein; zur öfteren Reinigung muß man ſie leicht zerlegen können. Die Teilungen ſind kräftig aber ſcharf und leicht lesbar anzuordnen. Die Ableſung erfolgt mit der Markſcheiderlampe. Letztere muß wegen der magnetiſchen Meſſungen eiſenfrei ſein, was bei Sicherheitslampen bis jetzt nur unvollkommen erreicht iſt. Dieſe Lampen tragen oft einen angeſteckten polierten Glasſtab, durch den die Lichtſtrahlen gehen [1], S. 122, oder eine Vorſtecklinſe (Ochſenauge). Neuerdings wird auch das gewöhnliche Taſchenglühlicht zur Ableſung am Theodolit verwendet.

1. Zur **Längenmeſſung** benutzt man allgemein das Stahlmeßband mit Dezimeterteilung und Bezifferung der vollen Meter; das Reſtſtück der Strecken innerhalb des Dezimeters wird bei genaueren Meſſungen mit einer Millimeterſkala, Teil eines zuſammenklappbaren Zollſtocks (Metermaß), gemeſſen. Wegen der Meſſung mit freiſchwebendem Band wird der Querſchnitt des Grubenmeßbandes kleiner als der des Feldmeßbandes genommen, oft nur $0{,}25 \times 10$ mm, dagegen die Länge größer, 30 m, auch 50 m, für Schachtmeſſungen bis 500 m [5].

Fig. 1. Grubenmeßband.

Das Meßband wird meiſt zum Einhängen des Endrings in Nägel eingerichtet (Fig. 1); dementſprechend iſt der Nullpunkt der Teilung nicht in der Mitte, ſondern am Rande des Rings. Zur Meſſung geneigter Strecken auf feſtem Boden (Bremsberg) nimmt man auch ſtarke 3—4 m lange Meßlatten mit Endſchneiden und einer ebenen Auflagerfläche für den Gradbogen. Dieſer Setzgradbogen (Setzniveau, Fig. 2), vielfach Halbkreis mit Reverſionslibelle, gibt die Neigungswinkel auf 1′, hat zum Einſtellen der Libelle Klemm- und Mikrometerſchraube, zum Ableſen einen Nonius. Die allgemeine Verwendung längerer Meßſtangen findet des beſchränkten Raumes wegen nicht ſtatt. Auch das Borcherſche Maßgeſtänge — zuſammenſchraubbare Stahlſtäbe von je 1 m Länge [4], S. 37 — hat keine Verbreitung gefunden. Zu untergeordneten Längenmeſſungen wird oft die Meßkette verwendet, ein aus Meſſing geflochtener Meßdraht mit

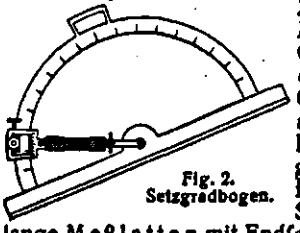


Fig. 2. Setzgradbogen.

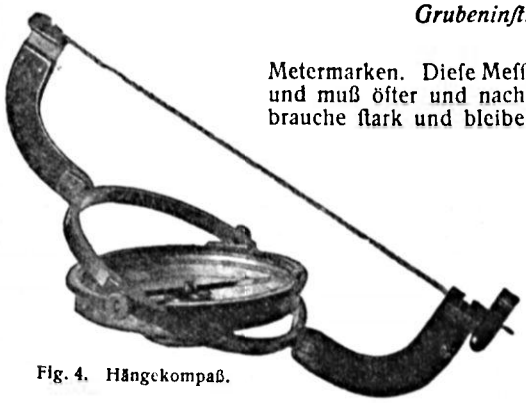


Fig. 4. Hängekompaß.

Metermarken. Dieſe Meſſingſchnur wird vom Meßgehilfen ſelbſt gefertigt und muß öfter und nach Bedarf erneuert werden, da ſie ſich beim Gebrauche ſtark und bleibend längt. Zur überſchlägigen Meſſung kürzerer Strecken kann man den in Dezimeter geteilten Stiel des Fahrſtocks, des als Stütze beim Begehen (Befahren) der Grube dienenden Stocks, benutzen. Das Schrittmaß kann bei unebenem Boden kaum zur Anwendung kommen; es iſt bei der verſchiedenen Art der Sohle zu ungleich, zudem verſchieden von dem über Tage.

2. Zur **Richtungsmeſſung** in der Horizontalebene dient der Kompaß, in der Vertikalebene der Gradbogen. Seltener als Stativkompaß und Setzniveau (vgl. a. Buſſole und Gradbogen ſowie Fig. 2), öfter als Hängekompaß (Fig. 3, 4 und 6) und als Hängegradbogen (Fig. 11) ausgebildet. Mit dem nötigen Zubehör, wie Vorſtecker (Meſſingſtifte und -klammern), Lot, Referveteile, in umhängbarer Taſche untergebracht, gibt Kompaß und Gradbogen zuſammen das Hängezeug. Der Kompaß wird mit einem Bügel an einer feſten, aus beſtem Hanf oder aus Meſſingfäden gleichmäßig gedrehten Verziehſchnur (Markſcheiderſchnur) mit den Haken *H* aufgehängt und, wenn notwendig, mit einem Vorſtecker gehalten. Im Bügel iſt der Ring *R* drehbar oder feſt eingeſetzt, im Ring kann ſich um die Kompaßachſe die Kompaßbüchſe *B* drehen. Der Teilkreis (Stundenkreis) des Kompaſſes war früher in zweimal zwölf Stunden mit Unterabteilungen, jetzt iſt er in Grade geteilt. Bezifferung linksläufig, Ableſung auf $^1/_{10}$ Grad. Die Hakenlinie *HH* entſpricht der Zielachſe des Stativkompaſſes. Der Hängekompaß iſt nicht korrigierbar; er muß aber ſo gebaut und erhalten ſein, daß bei aufgehängtem Inſtrument 1. die Kompaßbüchſe horizontal ſteht, 2. der Durchmeſſer 0—180° parallel der Vertikalebene durch die Schnur geht [6]. Eine ſummariſche Unterſuchung der Fehler des Hängekompaſſes geſchieht durch die Lattenprobe (Fig. 3). Man ſpannt Schnüre von einem Punkt nach verſchiedenen Stellen einer Kante einer vertikal geſtellten Latte (Türpfoſten); der Kompaß muß für alle Schnüre dasſelbe Streichen ergeben. Der Ring *R* iſt gewöhnlich in die Bügelebene umklappbar (Fig. 3), dann läßt ſich der Kompaß zuſammenlegen und in einer flachen Taſche unterbringen; zur beſſeren Erhaltung der richtigen Lage der Kompaßachſe wird manchmal der Ring im Bügel feſtgemacht, dafür die beiden Bügelarme etwas drehbar eingerichtet, damit die Taſche des Hängezeugs nicht zu dick wird (Öſterlandſches Hängezeug, Fig. 4).

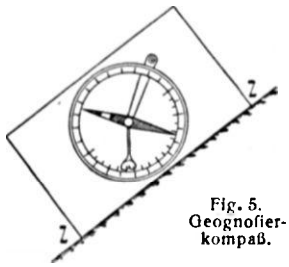


Fig. 5. Geognoſierkompaß.

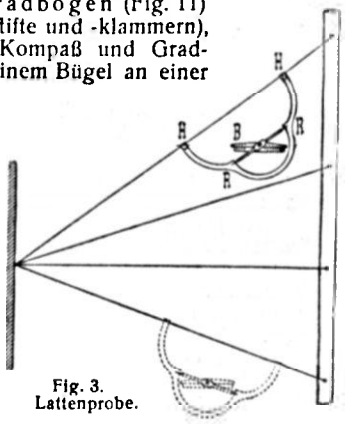


Fig. 3. Lattenprobe.

Fig. 6. Steigerhängezeug.

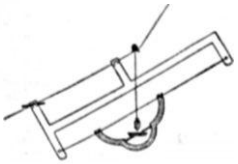


Fig. 8. Hilfshängezeug.

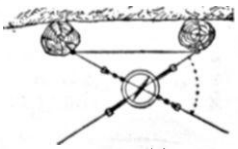


Fig. 7. Kreuzſchnüre.

Bei Verwendung des Hängezeugs in der Nähe von Eiſen, wo man zur Winkelmeſſung den Kompaß zentriſch unter den Eckpunkten aufzuhängen hat, kann man, wenn man nicht die etwas umſtändliche Verkreuzung der Schnüre, Kreuzſchnüre (Fig. 7), anwenden will, zwiſchen Schnur und Kompaß das Hilfshängezeug (Fig. 8) einſchalten, eine einfache Vorrichtung in verſchiedener Ausführung, welche die beiden Haken einſeitig gegen die Kompaßmitte zurückverlegt. Das Hilfshängezeug wird an die Schnur, der Kompaß an das Hilfshängezeug gehängt. Hilfshängezeuge von Braunsdorf, Reichelt, Lehmann, Penkert, Langer ſind ausführlich beſchrieben in [1], S. 153—160.

Zum Kompaß gehört die Zulegeplatte, eine rechteckige Meſſingplatte, in welche die Kompaßbüchſe ſo eingeſetzt werden kann, daß die 0—180° Linie parallel den Längskanten (Ziehkanten) geht (Fig. 9). Mit dieſer Vorrichtung kann man die Kompaßzüge zulegen (aufzeichnen), indem man den Grubenriß auf dem Zeichentiſch orientiert

Fig. 9. Kompaß in der Zulegeplatte.

legt, den Kompaß wieder auf die abgeleſenen Streichrichtungen einſtellt und danach die Meſſungen mit Maßſtab und Zirkel aufträgt. Jetzt verwendet man zum Aufzeichnen von Kompaßzügen meiſt den Halbkreistransporteur (Fig. 10). Um den Mittelpunkt einer Grad- (auch Stunden-)Teilung iſt ein Arm *A* drehbar, deſſen eine Längskante (Ziehkante) genau zum Mittelpunkt gerichtet iſt. Das Feſtſtellen des Arms geſchieht mit einer Klemmſchraube, für genauere Einſtellungen dient ein Nonius, eine Mikrometerſchraube und eine drehbare Lupe *l*. Zur Vermeidung des Zentrier- und Richtungsfehlers iſt eine Anſchlagkante parallel der 0—180° Linie der Teilung vorhanden; mit dieſer Kante wird der Transporteur an einem mit Zwingen *Z* am Zeichentiſch befeſtigten Lineal *L* verſchoben. Mit gelegentlicher Verwendung noch eines Zeichendreiecks für Richtungen, die nahezu parallel der Nullinie gehen, iſt dieſe Art des Zulegens bequem und genau.

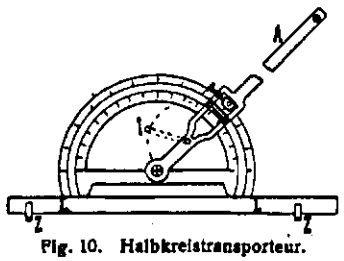


Fig. 10. Halbkreistransporteur.

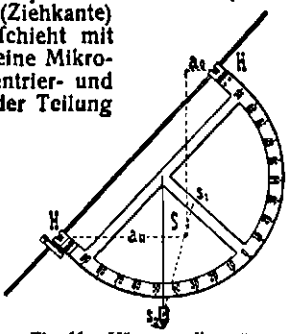


Fig. 11. Hängegradbogen.

Zu kleineren Richtungsaufnahmen wie zur Beſtimmung von Streichen und Fallen von Gebirgsſchichten nimmt man den Geognoſierkompaß (Fig. 5) oft in Taſchenuhrform; Gradbogen und Kompaß mit Zulegeplatte ſind hier vereinigt, die Ziehkante (bei Taſchenuhrform aufklappbar) wird hier zur Anſchlagkante. Der Gradbogen iſt durch ein um die Pinne ſich drehendes ſtarres Lot mit der zugehörigen Teilung auf der Grundplatte der Kompaßbüchſe gebildet. Iſt der Geognoſierkompaß zum Anſchrauben eines kleinen Hängebügels eingerichtet, ſo hat man den Steigerkompaß (Fig. 6).

Der Hängegradbogen oder Hängebogen (Fig. 11) iſt ein geteilter Halbkreis, in deſſen Mittelpunkt ein Lot an einem feinen Seidenfaden oder Frauenhaar hängt. Der Gradbogen wird mit den Haken *H* an die ſtraff geſpannte Verziehſchnur angehängt, die Hakenlinie iſt ſenkrecht zur Nullinie der Teilung. Die Ableſung geht von 0 bis $\pm$ 90° bei $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ Grad Genauigkeit. Der Schwerpunkt *S* des aufgehängten Bogens ergibt ſich aus der feſten Lage des Schwerpunkts s_1 des Gerippes und der veränderlichen Lage desjenigen s_2 des Lots, ſeine Lage iſt alſo mit der Neigung der Schnur veränderlich; ſtets aber geht die Schwerlinie näher am oberen Haken vorbei als am unteren, a_o iſt kleiner als a_u. Die Belaſtung der Schnur und damit ihre Durchbiegung am oberen Haken iſt alſo immer größer als am unteren, man erhält alſo Neigungswinkel zu klein. Fällt die Schwerlinie jenſeits des oberen Hakens, ſo muß man den unteren Haken durch einen Querſtift an der Schnur feſthalten, ſonſt würde er ſich abheben. Wegen der ungleichen Schnurdurchbiegung nimmt man den Gradbogen möglichſt leicht (Aluminium) und ſpannt die Schnur recht feſt an. Junge in Freiberg ſuchte gleichen Schnurdurchhang dadurch zu erreichen, daß er den Bogen etwa ein Zehntel der Schnurlänge oberhalb der Mitte aufhing, Borchers in Clausthal und Schmidt in Freiberg ſuchten die Winkelverbeſſerung für den in der Schnurmitte aufgehängten Gradbogen zu ermitteln [7]. Die Prüfung des Gradbogens geſchieht durch Umhängen an Schnüren verſchiedener Neigung (ſ. oben die Lattenprobe); eine konſtante Abweichung beider Ableſungen zeigt den doppelten (durch Umhängen unſchädlich zu machenden) Indexfehler an, eine veränderliche Abweichung weiſt auf einen Exzentrizitätsfehler hin. Beſondere Formen des Gradbogens, Vollkreis von Schneider zur Erzielung gleichen Durchhangs, und Hängeniveau von Borchers mit beſonderer Zielvorrichtung zur Ausſchaltung des Durchhangfehlers, haben nach Einführung des Theodolits keine Verbreitung mehr gefunden.

Zu Richtungsbeſtimmungen dienen auch die Apparate zur Sohachtlotung (ſ. d.), ferner die Inſtrumente zur Beſtimmung des Streichens und Fallens kernfähiger Gebirgsſchichten bei Bohrungen und zur Feſtſtellung des Verlaufs der Bohrlöcher ſelbſt (ſ. Stratameter); ſodann die Orientierungsinſtrumente (ſ. Orientierungsmeſſungen).

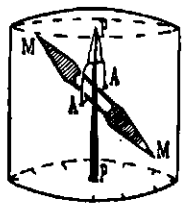


Fig. 12. Schwediſcher Bergkompaß.

Als eine beſondere Vorrichtung zur Beſtimmung von Durchſchlägen ſei der von Borchers verwendete Magnetapparat genannt [4], S. 282—308.

2a. Inſtrumente zur Aufſuchung magnetiſcher Erzlagerſtätten [2], Abſchn. XI, S. 329—395 (ſ. a. Erdmagnetismus). Der ſchwediſche Bergkompaß (Fig. 12) iſt ein einfaches Inſtrumentchen mit einer Magnetnadel *M*, die ſich ſowohl um die Pinne *P* horizontal, als auch um die Achſe *A* (bis zu einer gewiſſen von der Ausſparung in der Magnetnadel abhängigen Neigung) vertikal drehen kann. Die Nadel iſt in einer kleinen, an einer Schnur freihändig zu tragenden Büchſe mit Glasdeckel untergebracht, auf dem Boden der Büchſe iſt eine Windroſe. Zur beſſeren Vermeſſung erdmagnetiſch ſtark geſtörter Gebiete dient das Thalén-Tibergſche Magnetometer (Fig. 13). Ein Kompaß kann horizontal und vertikal geſtellt werden, die Büchſe trägt die Kippachſe *K*, die Kompaßnadel (Fig. 13a) hat eine Drehachſe, die beiderſeits in Steinlagern geht. Außerdem iſt für die Meſſung der Vertikalintenſität der Schwerpunkt der Achſe abſichtlich exzentriſch gelegt, ſo daß die Schwerkraft *G* und die Vertikalintenſität *Z* ſich das Gleichgewicht halten. Bei horizontal geſtelltem Kompaß mißt man mit dem Diopter *D*, *D* die Mißweiſung, mit dem Arm *A*, *A* und dem in Fig. 13b dargeſtellten Ablenkungsmagnet die Horizontalintenſität. Dieſer Magnet wird auf den Schlitten *S*, *S* gelegt, der Schlitten kann auf dem mit Teilung verſehenen Ablenkungsarm verſchoben und feſtgeklemmt werden. Mit vertikal geſtellter Kompaßbüchſe mißt man die Vertikalintenſität. L_1 und L_2 ſind

Fig. 14. Eiſenſcheibe.

Doſenlibellen. In der Grube wird zur Meſſung der Vertikalintenſität das Inſtrument manchmal ohne Stativ benutzt; man nimmt dann die Büchſe vom Unterteil ab und hält den Kompaß freihändig am Bügel *B*. Zu genauen Aufnahmen, insbeſondere zur Schaffung von Stützpunkten für die vorſtehend beſchriebene Meſſung, benutzt man einen Magnettheodolit [8].

3. Die **Winkelmeſſung** in der Grube kann mit dem Kompaß ſelbſt ausgeführt werden (ſ. Grubenmeſſungen); man hat an die Stelle des Kompaſſes vielfach die Eiſenſcheibe (Name von der Verwendung in der Nähe von Eiſen) genommen (Fig. 14). Auf eine horizontale Spreize wird eine (Meſſing-)Scheibe mit Stunden- oder Gradteilung aufgeſchraubt. Um die Achſe der Teilung dreht ſich ein auf einer Säule ſitzender kippbarer Arm zum Befeſtigen der Verziehſchnur. Zwiſchen zwei Scheiben wird die Schnur geſpannt und auf dem Teilkreiſe werden die Horizontalwinkel aufeinander folgender Schnüre beſtimmt. Die Eiſenſcheibe wurde auch mit einem an der Säule befeſtigten Höhenbogen verſehen, ſie iſt der Vorläufer des Theodolits.

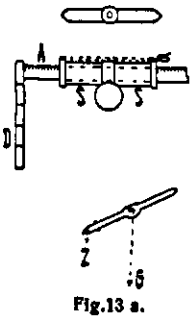


Fig. 13b.

Fig. 13a.

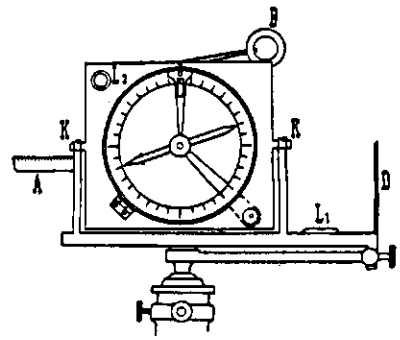


Fig. 13. Schwediſches Magnetometer.

Der Theodolit wurde in der Grube vor rund 100 Jahren zuerſt von Breithaupt verwendet zugleich mit Grubenſignalen [9]; ſeine allgemeine Einführung erfolgte aber erſt vor ungefähr 50 Jahren. Jetzt iſt der Theodolit das Hauptinſtrument des Markſcheiders. Der Grubentheodolit muß für Aufſtellung mit und ohne Stativ, über und unter Feſtpunkten, für kurze, auch für ſteile Viſuren und für aſtronomiſche Meſſungen eingerichtet ſein. Er hat eine Zentrierſpitze zum Anſtecken an die Hauptachſe und eine Zentriermarke auf dem Fernrohrmantel oder bei exzentriſchem Fernrohr auf der Kippachſe, die bei horizontalem Fernrohr in der Verlängerung der Hauptachſe liegt (ſtatt deſſen auch Zentrierbänkchen von Brathuhn auf der Kippachſe), ein Fernrohr mit langem Okularauszug, Okularprisma mit Blendglas, Illuminator zur Beleuchtung des Fadenkreuzes, dazu ein auswechſelbares zweites exzentriſches Fernrohr. Auch eine empfindliche Kippachſenlibelle. Das Fadenkreuz kann einfach oder mit Diſtanzfäden (für kleine Multiplikationskonſtante) verſehen ſein, es kann aber zur Meſſung kleiner Winkel auch zur Okularſkala ausgebildet ſein. Gewöhnlich hat der Grubentheodolit eine Vorrichtung zur Verbindung mit einem Orientierungsmagnetometer, Röhrenkompaß oder einer Kaſtenbuſſole. Die Ableſevorrichtungen (Nonien) ſind mehrfach zur bequemeren Ableſung verſchoben von der Kippachſenrichtung gegen das Fernrohr. Alle empfindlichen Inſtrumententeile müſſen geſchützt ſein. Der gewöhnliche Grubentheodolit iſt ein Repetitionstheodolit mit horizontal meiſt 30″, vertikal meiſt 1′ Leſung. Stativkopf und Aufſtellungsarm müſſen große zentrale Oeffnungen zur Verſchiebung des Inſtrumentes beim Zentrieren haben. Die Stativbeine müſſen verkürzbar ſein. Wegen der oft nur wenige Meter langen Zielweiten iſt eine ſcharfe Punktbezeichnung und die genaueſte Zentrierung wichtig.

Bei der Meſſungsart mit verlorenen Punkten (ſ. Grubenmeſſungen) läßt ſich der Zentrierfehler faſt ganz wegſchaffen. Breithaupt in Kaſſel verwendete zuerſt den Theodolit mit Zieltafeln (Grubenſignale), er führte die Steckhülſenvorrichtung ein [10]. Die Zieltafeln ſtecken mit Zapfen in Dreifüßen, die genau gleich dem Dreifuß des Theodolits ſind. Der Theodolit ſelbſt ſteckt mit einem Zapfen um die Hauptachſe in ſeinem Dreifuß, er läßt ſich durch Löſen einer Klemmſchraube abheben; ebenſo laſſen ſich die Zieltafeln löſen und gegen den Theodolit auswechſeln. Die Dreifüße werden auf drei Stativen oder auf Wandarmen oder auf Spreizen in der gewöhnlichen Weiſe aufgeſchraubt. Die Zieltafeln ſind zentrierbar, nach Drehung um 180° und Durchſchlagen muß der Zielpunkt in gleicher Lage erſcheinen. Die Kippachſen von Theodolit und Zieltafeln behalten immer gleiche Höhe über den Dreifüßen, im Gegenſatz zur Freiberger Aufſtellung kann man alle drei Stellſchrauben zur Horizontierung verwenden. Die Breithauptſche Aufſtellung eignet ſich beſonders zu ſcharfen Meſſungen in wenig geneigten Strecken (Grundſtrecken, Tunnel), wo die Längenmeſſung auf der Sohle erfolgen kann oder auch wo ſie mit freiſchwebendem Bande gut möglich iſt, wobei das Band in Seilzapfen eingehängt wird, die ſtatt der Zieltafeln in die Dreifüße eingeſteckt werden.

Eine etwas andre Durchbildung hat die Freiberger Aufſtellung. Auf Spreizen werden Aufſtellungsſchrauben befeſtigt, deren oberer Teil, als Prisma ausgebildet, zur Aufnahme von Unterſätzen dient; in dieſe Unterſätze werden Theodolit und Zieltafel eingeſetzt. Die Aufſtellungsſchraube wird mit einer auf das Prisma aufſetzbaren Doſenlibelle genähert vertikal geſtellt, dann erſt wird ſie feſtgeſchraubt. Bei Haltearmen für vertikale Spreizen macht man die Schraube mit dem Prisma in der Längsrichtung des Arms etwas beweglich (Fig. 15). Die Freiberger Aufſtellung iſt von Hildebrand in folgender, durch Treptow in der 1. Auflage dieſes Werks beſchriebenen Art durchgebildet worden: die Fig. 16—18 zeigen die Einzelheiten. Fig. 16 ſtellt eine Spreizenſchraube *s* dar, die durch Anziehen der Flügelmutter *m* auf einer durchbohrten, zwiſchen die Streckenſtöße eingelegten Spreize *S* befeſtigt iſt. Soll die Schraube unter einem Lothäkchen oder dergl. (ſ. Feſtpunkte

Fig. 15. Haltearm für Freiberger Aufſtellung.

und Anhaltspunkte) zentriert werden, ſo wird in der Bohrung des Häkchens die Schnur des Zentrierlotes (genau gearbeitetes Lot, deſſen Spitze in der Verlängerung der Fadenachſe liegt) eingezogen, die Bohrung in der Spreize mit einem etwas größeren Bohrer hergeſtellt und

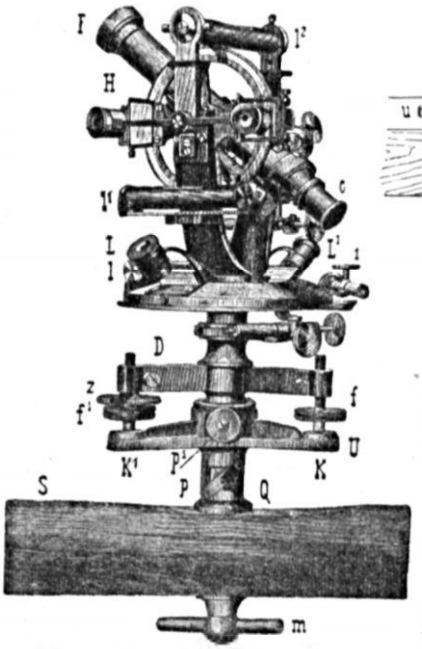


Fig. 18. Grubentheodolit auf Freiberger Unterſatz.

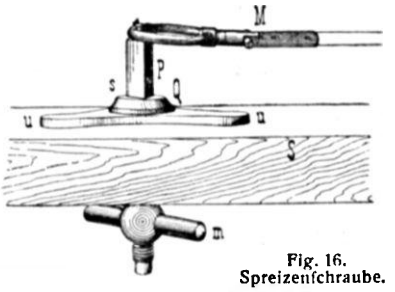


Fig. 16. Spreizenſchraube.

die Schraube mittels zweier Unterlagsſcheiben *u* (in Fig. 16 iſt nur die obere zu ſehen) auf der Spreize befeſtigt. Die Schraube kann hierbei genau unter das Lot gerückt und durch Zurichten der Spreize angenähert lotrecht geſtellt werden. Der obere Teil der Schraube trägt eine Platte *Q* und darüber ein dreiſeitiges Prisma *P*; am äußerſten Ende iſt eine Auskehlung von beſtimmter Stärke eingedreht, um das Meßband *M* für die Längenmeſſung anhängen zu können; die Schraube endet in eine kleine Spitze für die Zentrierung. Fig. 17 und 18 zeigen die Aufſtellung des Signales und des Theodoliten mit Hilfe des Unterſatzes *U*. Derſelbe paßt genau auf das dreiſeitige Prisma der Schraube und wird außerdem durch die Preßſchraube *p* feſtgeſtellt; er trägt eine dreilappige Platte und hierauf eine Keilnut k^1 und zwei radial etwas verſchiebbare Unterlagsplatten *k*. Oben iſt der Unterſatz zentral und kreisrund ausgebohrt, um den unten mit Kugel verſehenen Zapfen des Theodoliten bezw. Signaldreifußes aufzunehmen. Nach der Vertikalſtellung des Theodoliten wird durch die Preßſchraube p^1 die feſte Verbindung hergeſtellt. Der Zielpunkt des Signals und die Achſe des Theodolitfernrohrs haben die gleiche Höhe, ſogenannte Inſtrumenthöhe über der Schraubenplatte *Q*, ſo daß am Höhenkreiſe der wirkliche Höhenwinkel abgeleſen werden kann. Um nämlich die Inſtrumenthöhe konſtant zu erhalten, hat das Signal (Fig. 17) einen juſtierbaren feſten Fuß f^1, und am Theodoliten wird nach Zwiſchenlegen der Scheibe *z* ebenfalls eine Fußſchraube f^1 auf dieſelbe gleichbleibende Höhe feſtgeſtellt. Dieſe feſten Fußpunkte kommen beim Wechſel von Theodolit und Signal auf die Keilnut des Unterſatzes zu ſtehen, und hierdurch haben Theodolit und Signal nach der Vertikalſtellung mittels der beiden andern Fußſchrauben genau dieſelbe Inſtrumenthöhe. Außerdem ſind ſie jedesmal nach der Spitze der Spreizenſchraube genau zentriert, und die bei Polygonzügen ſo ſtörenden Zentrierungsfehler ſind auf das äußerſte Maß eingeſchränkt. Fig. 17 zeigt das jetzt übliche Signal, und zwar mittels Schraube auf einem in die Zimmerung eingeſchraubten Arm aufgeſtellt, welches die Stelle der alten Lampen vertritt; es waren dies Setzlampen, welche auf die Spreize geſetzt und durch Verrücken aus freier Hand zentriert wurden, oder Hängelampen, deren Flamme nach dem Anhängen im Feſtpunkte ſich ſenkrecht darunter einſtellte. Das Signal beſteht aus dem Dreifuße *D* mit dem feſten Fuße f^1 und den beiden Fußſchrauben *f*; hierin iſt der Träger *T* der Zielſcheibe *B* mit ſenkrechter Achſe drehbar. Zum Vertikalſtellen iſt eine Doſenlibelle *O* vorhanden, die Zielſcheibe läßt ſich zur Juſtierung durchſchlagen. Die Erhellung wird durch eine Kerze mit Reflektor oder eine Sicherheitslampe erreicht. Mittels des kleinen, an der Zielſcheibe befindlichen Diopters ſtellt der Gehilfe dieſe angenähert ſenkrecht zur Viſierlinie des Theodoliten.

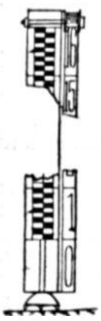


Fig. 19. Grubennivellierlatte nach Schmidt.

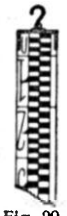


Fig. 20. Hängenivellierlatte.

Die Freiberger Aufſtellung erlaubt nur die Benutzung zweier Stellſchrauben zum Horizontieren; ſie eignet ſich vorzüglich in Strecken mit ſchwieriger Längenmeſſung, beſonders wenn Holzzimmerung vorhanden iſt. Man nimmt dann Zielweiten innerhalb der Meßbandlänge und hängt das Meßband in der in Fig. 16 gezeigten Weiſe in das Prisma ein.

Zur optiſchen Diſtanzmeſſung in der Grube verwendet man Milchglasſkalen mit enger Teilung wegen der meiſt kurzen Zielweiten.

Die Beleuchtung der Zielpunkte (Lotſchnur, Zieltafel) geſchieht von rückwärts mit der Grubenlampe, wobei man nach Bedarf vor die Lampe eine Mattſcheibe oder ein Stück Papier ſteckt. Die Lotlampe, Hängelampe, als Grubenſignal iſt kaum mehr im Gebrauch, an ihre Stelle iſt Lot und Zieltafel getreten; bei ſehr langen Viſuren kann man die gewöhnliche Grubenlampe als Signal benutzen.

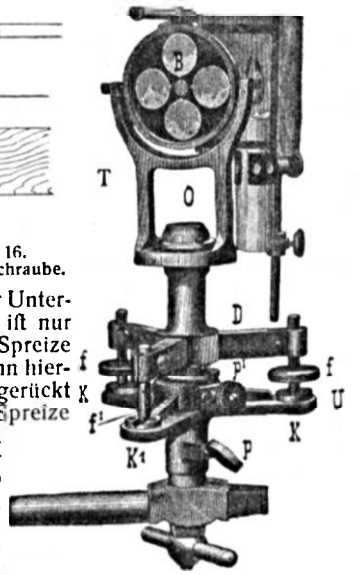


Fig. 17. Grubenſignal auf Freiberger Unterſatz.

4. Die **Höhenmeſſung** kann als unmittelbare vertikale Längenmeſſung, ſo in ſteigeren Schächten oder mit Horizontübertragung in tonnlägigen Schächten erfolgen. Zur Horizontübertragung auf kleine Entfernungen, z. B. von der Hängebank in Schacht, vom Schacht ins Füllort, nimmt man den Hängebogen oder auch die Hängelibelle, beide mit ihren Haken an die ſtraff geſpannte Verziehſchnur gehängt. Für größere Höhenmeſſungen in flachen Strecken kommt die Höhenwinkelmeſſung in Betracht, für weniger genaue Beſtimmungen auch der Gradbogen, für ſcharfe Meſſung in ſöhligen Strecken aber nimmt man Nivellierinſtrument und Grubennivellierlatte. Man verwendet das gewöhnliche Nivellierinſtrument mit langem Okularauszug und mit verkürzbarem Stativ. Die Nivellierlatte muß kurz ſein. Man hat Stand- und Hängelatten (Fig. 19 und 20) aus Holz mit gemalter, Mattglas mit geätzter und Meſſing mit durchſägter Teilung. Am bekannteſten iſt die Grubennivellierlatte von M. Schmidt, eine 1,5 m lange Standlatte, die längs einer hinter ihr ſtehenden Latte um je volle Dezimeter verſchoben und ſo auf nahezu doppelte Länge gebracht werden kann. Eine Ergänzung hierzu iſt ein ſeitwärts der Latte angebrachtes, mit Dezimeterbezifferung verſehenes Band von Bimler, das ſich beim Verſchieben von ſelbſt auf- und abwickelt (Fig. 19) [11]. Die Beleuchtung der Standlatte geſchieht durch die Grubenlampe; man kann dazu mit Vorteil die Latte mit einem ſeitlich aufklappbaren, innen weiß geſtrichenen Deckel als Reflektor verſehen.

Literatur: [1] Brathuhn, O., Lehrbuch der Markſcheidekunſt, Leipzig 1902. — [2] Uhlich, Lehrbuch der Markſcheidekunſt, Freiberg i. S. 1901. — [3] Bauernfeind, Vermeſſungskunde, Bd. 2, 4. Abſchn., Stuttgart 1890. — [4] Borchers, Markſcheidekunſt, Hannover 1882. — [5] Haußmann, Beiträge zur Theorie des Stahlmeßbands, Mitt. a. d. Markſcheiderweſen, Heft 4, 1902. — [6] Fenner, Die Fehler des Hängezeugs und ihr Einfluß auf den Streichwinkel, Prüfung und Berichtigung derſelben, Zeitſchr. f. Vermeſſungsweſen 1890. — [7] Schmidt, M., Verbeſſerung der mit Schnur und Gradbogen gemeſſenen Seigerteufen, Jahrb. f. Berg- u. Hüttenweſen in Sachſen, 1884. — [8] Haußmann, Der Eſchenhagen-Tesdorpfſche Magnettheodolit, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1906. — [9] Breithaupt, H. C. W., Beſchreibung eines neu erfundenen Markſcheideinſtrumentes nebſt Anweiſung zum Gebrauch, Kaſſel 1800. — [10] Breithaupt, W., Die Aufſtellung des Breithauptſchen Theodolits mit Signalen in der Grube, Oeſterr. Zeitſchr. f. Berg- u. Hüttenweſen 1895. — [11] Kloſe, Eine verſchiebbare Grubennivellierlatte, Mitt. a. d. Markſcheiderweſen, Heft 4, 1902. *Haußmann.*

Grubenkette, -kompaß, ſ. Grubeninſtrumente.

Grubenklein, ſ. Erze, Bd. 3, S. 507.

Grubenlicht (Grubenlampe), ſ. Geleucht.

Grubenlokomotive, ſ. Lokomotive.

Grubenmauerung iſt der Grubenausbau (ſ. d.) in Stein; ſ. a. Mauerung.

Als Material werden die beim Betriebe fallenden Berge, außerdem Ziegel, ſeltener Bruchſteine oder Zementſteine verwendet. Die Mauerung wird zum Teil trocken, d. h. ohne Mörtel, zum Teil mit Luftmörtel oder hydrauliſchem Mörtel ausgeführt; auch Stampfbeton findet Anwendung. Für vorübergehende Zwecke wird häufig trockene Mauerung aus groben Bergen hergeſtellt, namentlich zum Schutz der Abbau- und Streckenſtöße; für längere Dauer wird meiſtens der Ziegelmauerung mit Mörtel der Vorzug gegeben; Mauerung in Quadern wird nur für Maſchinenfundamente u. dergl. angewendet. Die Mauerung eignet ſich als Grubenausbau für alle diejenigen Fälle, in denen Zimmerung und Eiſenausbau dem Gebirgsdrucke nicht hinreichenden Widerſtand leiſten würden; auch dort, wo Zimmerung leicht fault und ihre Erneuerung, wie in Schächten, umſtändlich ſein würde, greift man zur Mauerung; endlich auch, wenn das Geſtein gegen Zerſetzung durch atmoſphäriſche Einflüſſe zu ſchützen iſt.

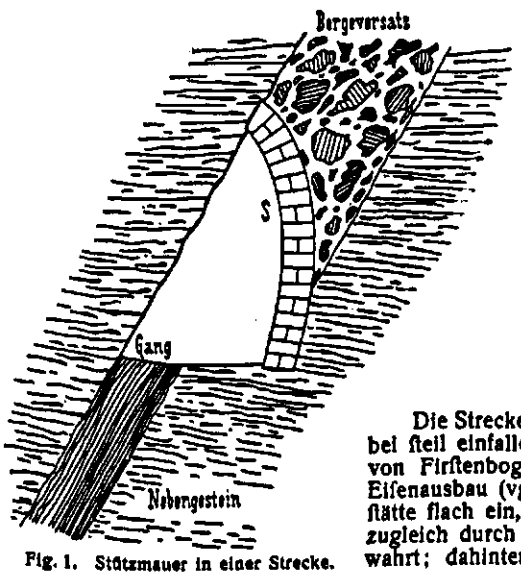


Fig. 1. Stützmauer in einer Strecke.

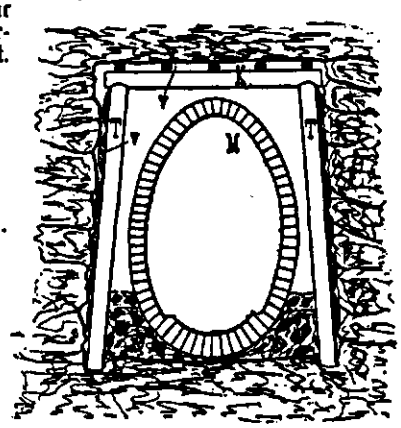


Fig. 2. Elliptiſche Streckenausmauerung.

Die Streckenmauerung in feſtem Geſtein beſchränkt ſich bei ſteil einfallenden Gängen gewöhnlich auf das Schlagen von Firſtenbogen; doch iſt an deren Stelle vielfach der Eiſenausbau (vgl. S. 635, Fig. 1) getreten. Fällt die Lagerſtätte flach ein, ſo werden der liegende Stoß und die Firſte zugleich durch eine Stützmauer (Stutzbogen) *S* (Fig. 1) verwahrt; dahinter und darüber wird Bergeverſatz gebracht.

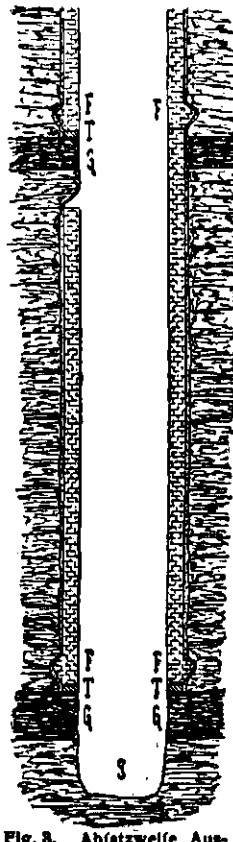


Fig. 3. Abſatzweiſe Ausmauerung eines Schachtes.

In loſem Geſtein werden die Strecken in elliptiſche Mauerung geſetzt (Fig. 2). Man verfährt hierbei gewöhnlich ſo, daß ein größeres Stück Strecke vorläufig in Türſtockzimmerung ausgebaut wird (*K* iſt die Kappe, *T* ſind die Türſtockbeine, *v* iſt der Verzug); dann ſtellt man innerhalb der Zimmerung die elliptiſche Mauerung *M* her, die erſtere wird tunlichſt wieder herausgenommen und der Raum hinter der Mauerung dicht mit Bergen ausgefüllt.

Aehnlich wird beim Ausmauern der Schächte verfahren; auch hier wird, wie das Abteufen fortſchreitet, zunächſt in Holz ausgebaut und ſpäter unter ſchrittweiſer Herausnahme dieſes die Mauerung ausgeführt. Entweder teuft man — namentlich im feſten Gebirge — den ganzen Schacht ab und mauert ihn dann im ganzen aus, oder man teuft — im loſen und druckhaften Gebirge — jedesmal ein Stück des Schachtes bis auf eine feſte Schicht ab, baut hierbei in Holz aus und mauert dieſes Stück. Darauf wird ein weiteres Stück Schacht abgeteuft, dieſes wieder ausgemauert u. ſ. w. In jedem Falle muß für die Mauerung eine gute Fundierung (Mauerfuß *F* in Fig. 3) beſchafft werden. Der Mauerfuß wird in eine feſte und ganze Geſteinsſchicht *G* gelegt und in dieſer entweder eine ebene Fläche als Auflager hergeſtellt, oder es werden, namentlich wenn ſich das Geſtein nur ſchwierig bearbeiten läßt, Mauerbogen in Widerlager eingeſpannt und auf dieſen die Mauer aufgeführt. Gern nimmt man auch Zement als Bindemittel für den Mauerfuß, um ihm mehr Feſtigkeit zu geben, und läßt ihn nach rückwärts ausladen, um den Druck auf eine größere Fläche zu verteilen. Fig. 3 zeigt das Verfahren bei der abſatzweiſen Ausmauerung eines Schachtes. Hat man eine Geſteinsſchicht *G* von genügender Feſtigkeit erreicht, ſo teuft man durch dieſe noch einen Sumpf *S* einige Meter tief, doch in geringeren Abmeſſungen. Erſt beim Weiterverteufen des Schachtes vergrößert man allmählich den Querſchnitt auf das für die Mauerung nötige Maß, ſo daß unter der feſten Geſteinsſchicht ein Konſol ſtehen bleibt. Darauf wird die Fläche für den Mauerfuß vorbereitet, auch wohl ein aus Segmenten beſtehender Tragekranz *T* aus Eichenholz oder Gußeiſen verlegt und auf dieſem unter Rückbau der vorläufigen Zimmerung die Mauerung ausgeführt. Etwaige Hohlräume hinter der Mauer ſind mit Beton gut auszufüllen. Iſt die Mauerung bis an die unter dem oberen Mauerfuße ſtehen gebliebene Geſteinsbruſt vorgerückt, ſo wird dieſe mittels Hereintreibearbeit ſtückweiſe entfernt und der Anſchluß an den oberen Teil der Mauer, unter Umſtänden unter Fortnahme des Tragkranzes, nach und nach erreicht. Die abſatzweiſe Mauerung eines Schachtes bietet den Vorteil ſchneller Sicherung der Schachtſtöße; auch braucht nicht die Zimmerung für die ganze Schachttiefe beſchafft zu werden, da die in einem oberen Abſatze zurückgebauten Hölzer für einen tieferen Schachtteil wieder benutzt werden können. Das umſtändliche Herausnehmen des Konſols erſpart man neuerdings, indem man dem Mauerfuße die aus Fig. 4 erſichtliche Form gibt und den Schachtſumpf gleich in den endgültigen Abmeſſungen teuft. In neueſter Zeit wird immer häufiger Strecken- und Schachtausbau in Stampfbeton angewendet. Bei einigermaßen ſtandfeſtem Gebirge kann der vorläufige Holzausbau erſpart werden [1].

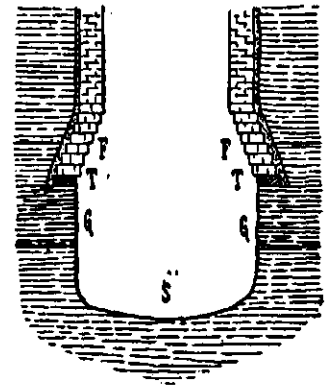


Fig. 4. Neuere Form des Mauerfußes bei abſatzweiſer Schachtmauerung.

Litteratur: Vgl. die allgemeinen Lehrbücher unter Bergbaukunde. — [1] Georgi, F. M., Waſſerverdämmung und Betonausbau im König-Georg-Schachte des Königl. Steinkohlenwerkes Zauckeroda, Jahrbuch für das Berg- und Hüttenweſen im Königreich Sachſen 1904, S. 97. *Treptow.*

Grubenmeſſungen (ſ. a. Grubeninſtrumente und Markſcheidekunde). Außer der gelegentlich vorkommenden Schachtmeſſung, Orientierungsmeſſung, Grubennivellierung verſteht man unter Grubenmeſſung im engeren Sinne die zum Betriebe fortlaufend nötigen Kompaß- und Theodolitmeſſungen zur Schaffung von Feſtpunkten, Einmeſſung von Strecken, Angabe von Durchſchlägen und geologiſchen Feſtſtellungen.

Kompaßzug. Vor oder nach dem Ziehen nimmt man auf der Orientierungslinie die Größe der Deklination (einſchließlich Indexfehler) ab. Die magnetiſchen Variationen liegen innerhalb der Meſſungsgenauigkeit und brauchen nicht berückſichtigt zu werden. Iſt die Sohle zur Aufſtellung geeignet, ſo kann man den Stativkompaß verwenden, allenfalls mit optiſcher Diſtanzmeſſung. Meiſt verwendet man aber das Hängezeug. Man ſpannt dann zwiſchen Pfriemen oder Nägeln die Verziehſchnur zu 10 m bis 20 m langen Seiten, mißt jede einzelne Schnur nach Streichen, Fallen und Länge, mißt auch alle geologiſchen Beſonderheiten auf die Schnüre, und Sohle, Firſte und Stöße gegen die Eckpunkte ein. — Früher wurden alle Angaben auf die Kompaßzüge begründet, und wo man nicht in erdmagnetiſche Störungsgebiete oder ſonſt unter den Einfluß von Eiſen geriet, erhielt man doch mit dem Kompaß, trotzdem er nicht

korrigierbar iſt und nur eine geringe Ableſeſchärfe hat, überraſchend gute Reſultate, ſo daß man große Durchſchläge ausführen konnte. Mancher Durchſchlag iſt freilich auch mißglückt, oft nicht durch die Schuld des Markſcheiders, ſondern aus nicht erkannten magnetiſchen Störungen; man ſuchte dann mit dem von Borchers angegebenen Apparat den Zuſammenſchluß. Die günſtige Fehlerfortpflanzung im normalen Kompaßzug hat ihren Grund darin, daß jede Streichrichtung von der andern unabhängig iſt, ſo daß die Fehler ſich nur in Parallelverſchiebungen, nicht in Verdrehungen fortpflanzen. Iſt $\pm\varepsilon$ der mittlere Fehler der Kompaßangabe, ſo iſt für einen geſtreckten Zug von der Geſamtlänge L und gleichen Seiten s der mittlere Schlußquerfehler $q = \pm \frac{\varepsilon}{\varrho} \sqrt{L \cdot s}$ [1], S. 750. Man nimmt für Kompaßzüge deshalb nur kurze Seiten. In der Nähe von Eiſen, wo die Nadel aus dem magnetiſchen Meridian abgelenkt wird, muß man in jedem Endpunkte mit dem Kompaß eine eigentliche Winkelmeſſung ausführen; für die Fehlerfortpflanzung gilt dann dasſelbe was beim Theodolitzug. Hier iſt der Stativkompaß im Vorteil. Mit dem Hängezeug hat man den Kompaß zentriſch unter die Eckpunkte aufzuhängen (ſ. Grubeninſtrumente, Fig. 7 und 8), entweder mit Kreuzſchnüren, wobei man die Schnüre ſo ſpannt, daß ſie ſich in den Eckpunkten kreuzen, oder mit einem Hilfshängezeug, wenn nötig unter Verwendung langer Pfriemen. In Preußen heißt man dieſes Verfahren die Lindigſche Manier. Aus einer eiſenfreien Schnur leitet man nacheinander das Streichen der darauffolgenden Schnüre ab und man erhält durch den Anſchluß an eine zweite eiſenfreie Schnur eine Probe.

Heutzutage, wo in den Gruben allenthalben Eiſen zu Schienen, Rohrleitungen und zum Einbau verwendet wird, wo auch vielfach elektriſche Betriebe eingerichtet werden, ſind die Kompaßzüge mehr und mehr unſicher. Deshalb nimmt man Kompaßzüge nur noch zu untergeordneten und vorläufigen Aufnahmen, zur Feſtlegung der Abbauſtrecken und Abbaugrenzen innerhalb der Baufelder, und läßt ſie meiſt durch die Gehilfen ausführen. Man ſpannt die Schnüre möglichſt vom Eiſen (Schienen, Rohre) entfernt und läßt dann den Eiſeneinfluß unberückſichtigt. Außerdem werden Kompaßzüge benutzt zu den geognoſtiſchen Aufnahmen in der Grube und durch den Markſcheider ſelbſt ausgeführt.

Theodolitzüge. Die wichtigeren Aufnahmen der Grundſtrecken, Teilſohlen, Bremsberge, Grenzüberhauen und der Unterwerksbaue werden mit dem Theodolit gemacht. Läßt ſich das Inſtrument auf der Sohle aufſtellen und die Längenmeſſung auf der Sohle ausführen, ſo mißt man den Theodolitzug in der Grube wie über Tage; nur hat man gewöhnlich unter den Feſtpunkten aufzuſtellen und ſcharf zu zentrieren, die von rückwärts beleuchtete Lotſchnur anzuzielen und für die Längenmeſſung die Polygonſeite mit Grubenlampen auszufluchten. Bei geneigten Strecken mißt man auch die zur Reduktion der flach gemeſſenen Längen nötigen Höhenwinkel mit. Bei kurzen Seiten oder beim Fehlen einer feſten Sohle mißt man beſſer mit „verlorenen Punkten“. Man benutzt die Breithauptſche Steckhülſenvorrichtung (ſ. Grubeninſtrumente) unter Verwendung dreier Stative oder Haltearme. Oder man nimmt die Freiberger Aufſtellung mit einer Reihe von Aufſtellungsſchrauben. Zum Anſchrauben benutzt man Holzſtempel oder ſchlägt vertikale oder horizontale Spreizen. Für die flachen Längen mißt man zugleich die Höhenwinkel, hin und her aber je nur in einer Fernrohrlage [2], S. 198. Die Breithauptſche und die Freiberger Aufſtellung erfordern zwar einen größeren Apparat und in der Grube mehr Gehilfenarbeit, aber ſie beſeitigen den ſchlimmſten Fehler, die Zentrierungsungenauigkeit, faſt ganz, und machen eine Grubennivellierung im allgemeinen unnötig. Hat man keinen ſolchen Apparat, aber bei wichtigen Meſſungen gelegentlich kurze Zugſeiten, ſo kann man zwei Theodolite in Kollimatorenſtellung zur Winkelmeſſung benutzen. Bei Theodolitzügen werden die Horizontalwinkel gewöhnlich mit zweifacher Repetition gemeſſen. Die Fehlerfortpflanzung iſt ſehr ungünſtig, da ein Winkelfehler eine Verſchwenkung des ganzen darauffolgenden Zugſtücks mit ſich bringt. Für einen geſtreckten Theodolitzug mit vielen gleichen Seiten s und der Geſamtlänge L hat man für den mittleren Winkelfehler $\pm\varepsilon$ den mittleren Schlußquerfehler $q = \pm \frac{\varepsilon}{\varrho\sqrt{3}} \sqrt{\frac{L^3}{s}}$ zu erwarten [1], S. 750. Man ſchaltet deshalb bei langen Zügen gern eine Magnetorientierung zur Richtungsverbeſſerung ein (ſ. Orientierungsmeſſungen). Die Meſſungen für Durchſchlagsangaben müſſen mit beſonderer Schärfe ausgeführt werden. Die Winkelmeſſung in ſteilfallenden Schächten erfordert beſondere Vorſicht in bezug auf die Horizontierung und die Unveränderlichkeit der Aufſtellung; es iſt eine empfindliche Kippachſenlibelle erforderlich [3]. Statt unbequemer nach oben gerichteter ſteiler Zielungen kann man mit Hilfe eines künſtlichen Horizonts die leichteren nach abwärts gerichteten Viſuren nehmen; der Höhenwinkel iſt aber dann um den Winkel am Zielpunkt zu korrigieren (ſ. Künſtlicher Horizont). Die Berückſichtigung des Temperatureinfluſſes auf lange mit dem Stahlband gemeſſene Grubenzüge [3] kann zuſammen mit der Reduktion der Längen tiefer Sohlen auf den Vermeſſungshorizont erfolgen.

Die **Schachtteufenmeſſung** geſchieht entweder mit belaſtetem Meßdraht, den man über ein Meßrad gehen läßt, oder den man ſtückweiſe zwiſchen zwei Marken aufzieht. Oder man ſchlägt innerhalb der Meßbandlänge ſtarke Nägel ſenkrecht untereinander in die Schachtzimmerung ein und mißt abſchnittweiſe mit dem Meßband. Wegen der damit verbundenen Unbequemlichkeit fertigt man Schachtmeßbänder in Längen bis 500 m an, man hat dann aber außer dem Temperatureinfluß die Längung durch Eigengewicht zu berückſichtigen [4].

Grubennivellierungen werden mit der Stand- und mit der Hängelatte ausgeführt. Gebraucht man aber die eine im Sinne der andern, alſo die Standlatte zum Anhalten an Feſtpunkte an der Firſte, ſo iſt das Vorzeichen der Ableſung umzukehren und der doppelte Unterſchied der Lage zwiſchen Lattenfußpunkt und Teilungsnullpunkt in Rechnung zu ziehen. Die Höhen der

Grubenpunkte werden jetzt allgemein auf Normal-Null bezogen, früher hat man auch wohl, um nur poſitive Höhenzahlen zu haben, den Horizont unter die tiefſte Sohle verlegt. Zu beachten ſind die Verſchiebungen in der Grube und auf dem Grubenfeld ſowohl durch den Abbau als manchmal an Verwerfungsſpalten durch natürliche Erſchütterungen. Zur Beſtimmung der Höhenänderungen werden von Zeit zu Zeit große Grundnivellements durch ganze Bergwerksgebiete gemacht.

Weitere Grubenmeſſungen ſ. Orientierungsmeſſungen und Schachtlotung. Für die Grubenmeſſungen gilt in vermehrtem Maße der Grundſatz: Keine Meſſungszahl ohne Kontrolle! Denn die äußeren Umſtände, wie ſchlechte Beleuchtung und große körperliche Anſtrengung, bringen eine größere Unſicherheit mit ſich, auch fehlt die über Tage vielfach zu erreichende Anſchlußkontrolle in der Grube ganz.

Literatur: [1] Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Bd. 2, Stuttgart 1878. — [2] Uhlich, Lehrbuch der Markſcheidekunde, Freiberg i. S. 1901. — [3] Derſ., Beiträge zur Markſcheidekunde, Mitteil. a. d. Markſcheiderweſen, Heft 1, 1899. — [4] Haußmann, Beiträge zur Theorie des Stahlmeßbands, Mitteil. a. d. Markſcheiderweſen, Heft 4, 1902. *Haußmann.*

Grubennivellierungen, ſ. Grubenmeſſungen.

Grubenregiſter, 1. die einzelnen bei der Grube geführten Rechnungsbücher, namentlich dann, wenn ſie nach Vordruck tabellariſche Form haben; 2. die vierteljährlichen Rechnungsabſchlüſſe der Gruben nebſt Belegen, ſoweit ſie der behördlichen Prüfung unterliegen. *Treptow.*

Grubenriſſe, die bildlichen Darſtellungen der markſcheideriſchen Aufnahmen.

Sie wurden früher mit dem Kompaß in der Zulegeplatte (ſ. Grubeninſtrumente, Fig. 9) mit Maßſtab und Zirkel angelegt und fortgeführt, für die ganze Grube auf einem einzigen Blatt, das, auf Leinwand aufgezogen, ſeiner Größe wegen aufgerollt wurde (Rollriß). Die Längsrichtung des Riſſes nahm man im Generalſtreichen und beſchrieb den Riß ſo, daß das Einfallen der Lagerſtätte nach unten, dem Beſchauer zugekehrt war; Richtung der Orientierungslinie und Nordrichtung wurde eingezeichnet. Jetzt legt man für große Grubenbezirke ein gemeinſchaftliches Koordinatenſyſtem (Landeskoordinatenſyſtem oder ein beſonderes, z. B. das konforme Syſtem im weſtfäliſchen Kohlenrevier) zugrunde mit der Abſziſſenachſe gewöhnlich nach Norden. Statt der großen Rollriſſe nimmt man Teilblätter auf feſtem Karton, Platten, jedes Blatt erhält als Grundlage ein Koordinatennetz. Das Auftragen der Meſſungen erfolgt für Kompaßzüge mit dem Transporteur (ſ. Grubeninſtrumente, Fig. 10) und Maßſtab, für Theodolitzüge nach geſchehener Rechnung in Koordinaten.

Das Grubenrißweſen iſt verſchieden entwickelt; in größeren Teilen Deutſchlands findet man die mit einigen Abänderungen auch ſonſt zutreffende Ausführung wie folgt:

A. **Berechtſamsriſſe.** Mutungsſituationsriß mit Fundpunkt in 1:10000 mit Angabe der Benennung des Feldes, der Feldesgrenzen und der Feldesgröße. Der Fundpunkt, nach Koordinaten angegeben und nach ſichtbaren Tagesgegenſtänden eingemeſſen, wird meiſt in einer in größerem Maßſtabe gezeichneten Skizze auf dem Riß beigegeben. Bei erfolgter Genehmigung nach endgültiger Feſtſetzung der Feldesgrenzen gegen verliehene Felder und Angabe der Feldesecken in Koordinaten, wird der Situationsriß zum Verleihungsriß. Werden mehrere anſtoßende Grubenfelder zuſammengelegt, ſo ſtellt man den Konſolidationsriß als Ueberſichtsplan her.

B. **Situationsriſſe** zur Abtretung oder Benutzung von Grundeigentum und zur Erhebung von Bergſchäden.

C. **Grubenbilder.** Dieſe ſind zum Betrieb des Bergwerks nötig und beſtehen aus einem Lageplan der Tagesgegenſtände auf dem Grubenfeld und in der Darſtellung der Grubenbaue ſelbſt. Sie werden unterſchieden als Originalriſſe des Markſcheiders und als Kopien hiervon; die erſteren heißen Fundamentalriſſe, die letzteren ſind das amtliche Exemplar für die Aufſichtsbehörde und das gewerkſchaftliche Exemplar für den Grubenbetrieb, dieſe Kopien heißen auch Grubenbilder im engeren Sinn. Die Fundamentalriſſe werden ohne Flächentönung gewöhnlich in 1:1000, die Kopien (Grubenbilder) mit Flächenfärbung meiſt in 1:2000 ausgeführt.

a) Der Lageplan der Tagesgegenſtände (Situationsriß) muß außer der vollſtändigen Situation alles in bergpolizeilicher und bergrechtlicher Beziehung Wichtige enthalten. Keine Kolorierung, mit Ausnahme der Grubengebäude, die rot angelegt werden.

b) Der Hauptgrundriß mit allen im Niveau der Sohle liegenden Bauen: Hauptabteilungs- und Ausrichtungsquerſchläge, Sohlenſtrecken; Mündungen von Schächten, auch blinden Schächten; geologiſche Störungen, Sprünge, Ueberſchiebungen, Verſchiebungen. Gewöhnlich wird die Situation mit der oberſten Abbauſohle zuſammen auf einem Riſſe gezeichnet. Bei mehreren Abbauſohlen werden je zwei oder drei zu einem Hauptgrundriß zuſammengenommen und die Sohlen in der Farbe gehörig unterſchieden.

c) Spezialgrundriſſe (Sohlenriſſe) mit Darſtellung aller Abbauſtrecken in den einzelnen Flözen, mit Bremsbergen und Ueberhauen; mit Unterſcheidung durch Farbe, ob die Baue in der Lagerſtätte ſelbſt oder außerhalb (Querſchläge, Schächte), auch ob ſie in der Sohle oder über der Sohle ſind. Auf allen Spezialgrundriſſen muß die Tagesſituation angegeben ſein, doch ohne Schraffur.

d) Querprofile durch die Hauptquerſchläge, alſo ſenkrecht zum Streichen der Lagerſtätten, mit Darſtellung des Nebengeſteins und des Profils des Tagesgebirges; bei größeren Vor- und Ausrichtungsarbeiten ſind zur Darſtellung der geologiſchen Verhältniſſe ebenfalls Querprofile nötig.

e) Bei ſteiler Lagerung (über 60°) Herſtellung von Seigerriffen (Längenprofile), dem Streichen der Lagerſtätte folgend. — Flache Riffe, Projektionen auf die Lagerſtätte ſelbſt, kommen nicht mehr vor.

Literatur: [1] Arndt, Allgemeines Berggeſetz in Preußen vom 24. Juni 1865, Halle 1888. — [2] Dienſtanweiſungen der konzeſſionierten Markſcheider der Oberbergämter in Bonn, Breslau, Clausthal, Dortmund, Halle. — [3] Schmidt, M., Muſterblätter für das Rißzeichnen. *Haußmann.*

Grubenſignale, ſ. Grubeninſtrumente.

Grubenſtock (Löcherbaum), derjenige kaſtenförmige Teil des bei der Papierfabrikation (ſ. d.) zur Zerfaſerung der Hadern früher häufiger angewendeten deutſchen oder Stampfgeſchirrs, in den die Hadern eingetragen und durch die fallenden Stampfen zermalmt werden. *Kraft.*

Grubentheodolit, ſ. Grubeninſtrumente.

Grubenventilator, zur Lüftung der Gruben dienendes Gebläſe, meiſt als Zentrifugal- oder Schleudergebläſe (ſ. d.) ausgeführt, welches entweder blaſend (am Wettereinfallſchacht befindlich) oder ſaugend (am Wetterausziehſchacht aufgeſtellt) oder ſaugend und blaſend (unter Tage aufgeſtellt) wirkt. *v. Ihering.*

Grubenwagen, ſ. Grubenbahnen und Streckenförderung.

Grubenzimmerung oder kurz Zimmerung heißt der Grubenausbau (ſ. d.) in Holz. Gewöhnlich wird wegen des geraden Wuchſes und des hohen Harzgehaltes Nadelholz verwendet, das teure Eichenholz nur da, wo auf die Haltbarkeit des Ausbaues großer Wert zu legen iſt. Die Dauer der Zimmerung richtet ſich nach der Güte des Holzes, nach der Stärke des Gebirgsdruckes und namentlich nach der Beſchaffenheit der Wetter. Bedeutender Gebirgsdruck bricht auch ſtarkes Holz in kurzer Zeit. Feuchte und warme Wetter, wie ſie z. B. in ausziehenden Wetterſchächten vorhanden ſind, und auch häufiger Wechſel zwiſchen Trockenheit und Feuchtigkeit wirken ungünſtig auf das Holz. Allgemein kann man den Widerſtand guter Nadelhölzer in der Grube gegen das Verfaulen in den ungünſtigſten Fällen auf zwei Jahre, unter günſtigen Verhältniſſen auf etwa 12 Jahre veranſchlagen. Ständiges Naßhalten der Zimmerung durch Bewäſſerung erhöht ihre Dauer. Zu friſch verwendetes Holz wird trockenfaul, es ſtockt; längere Lagerung des Holzes an freier Luft und Schlagen der Hölzer zur Winterzeit wirkt dieſem Uebelſtande entgegen; gewöhnlich wird das Holz vor dem Einbau entrindet. Das Imprägnieren (ſ. Holzkonſervierung) wird im Grubenbetrieb trotz des damit verbundenen Aufwandes immer mehr angewendet.

Die Werkzeuge des Grubenzimmerlings ſind dieſelben wie diejenigen der Zimmerleute über Tage; außer der Axt wird das Beil (auch Kaukamm genannt) verwendet. Zur Ermittlung des Abſtandes zweier Geſteinsflächen, zwiſchen die ein Holz eingelegt werden ſoll, dient das Stichmaß; es beſteht aus zwei Holzſtäben, die bis auf die geſuchte Länge aneinander verſchoben werden. Nach dieſem Maß wird das Holz zugeſchnitten. Die hierzu benutzte Säge iſt eine Bügelſäge; ein Sägenblatt iſt in die beiden Enden eines etwa zum Halbkreiſe gebogenen jungen Buchenſtämmchens eingeſpannt. Der Zimmerling trägt ſie in der Grube bequem über der Schulter mit dem Sägenblatt nach vorn. Zur Angabe beſtimmter Neigungen dient der Gradbogen (ſ. Grubeninſtrumente, S. 642).

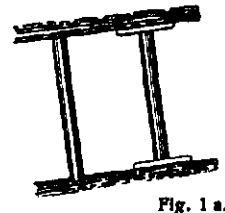


Fig. 1.

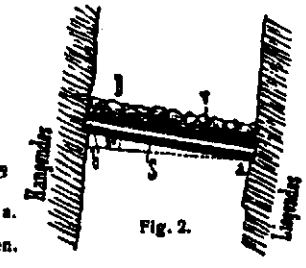


Fig. 1a. Fig. 2.
Unterſtützung des Hangenden.

Die Zimmerung in Abbauen beſchränkt ſich gewöhnlich darauf, während einiger Zeit den Arbeitsraum durch Hölzer offen zu halten, die ſenkrecht zwiſchen das Liegende und Hangende (im Flözbergbau auch Sohle und Dach genannt) geſtellt werden; ſie heißen Stempel oder Bolzen. Durch Einlochen in die Sohle (Fig. 1) ſteht der Stempel ſicherer; iſt das Hangende klüftig und ſoll daher eine größere Fläche durch den Stempel geſtützt werden, ſo legt man daran einen Anpfahl und ſetzt bei weicher Sohle wohl auch den Stempel auf einen Fußpfahl (Fig. 1a). Ein längerer Anpfahl, unter den mehrere Stempel geſtellt werden, heißt Unterzug, ein entſprechend langer Fußpfahl Grundſohle oder Grundſchwelle. Iſt das Dach gebräch, ſo muß wie bei der Strecken- und Schachtzimmerung die Dachfläche zwiſchen zwei Unterzügen durch Verzug geſtützt werden. Das ſind Schwarten, Bretter, Knüttel oder Stangenabſchnitte (letztere auch Spitzen genannt), die auf den Unterzügen unmittelbar am Dache zu liegen kommen. Beim Pfeilerbau (ſ. d.) muß nach erfolgtem Abbau das Hangende niederbrechen (zu Bruche gehen). Zu dieſem Zwecke werden von der Zimmerung im Abbau ſo viel Stempel herausgenommen (geraubt), bis die Laſt des Hangenden die übrigen zerdrückt. Das Rauben iſt eine gefährliche Arbeit und erfordert genaue Kenntnis der Gebirgsverhältniſſe. Da zuweilen die hangenden Schichten unverſehens niederbrechen, ſo werden beim Rauben langgeſtielte

Gezähe verwendet, die ein Arbeiten aus der Entfernung geſtatten. Um ein in der Nähe gelegenes Arbeitsort gegen die hereinbrechenden Maſſen zu ſchützen, ſtellt man nach der Bruchſeite Bruchſtempel. Sie müſſen zuweilen dicht nebeneinander geſtellt werden; eine ſolche Reihe Bruchſtempel heißt dann Orgel und jeder einzelne Orgelſtempel.

Bei der Streckenzimmerung (ſ. a. Strecke) iſt häufig, z. B. im Gangbergbau, nur die Firſte durch Ausbau zu verwahren, namentlich dort, wo Abbau über der Strecke ſtattgefunden hat. Es werden hierbei Hölzer (Firſtenſtempel) zwiſchen das Hangende und Liegende (Fig. 2) ſo eingelegt, daß ſie etwas ſteiler ſtehen als die Senkrechte zwiſchen den beiden genannten Flächen. Findet eine Senkung des Hangenden ſtatt, ſo wird bei derartigem Einbau der Stempel feſter angedrückt, während er bei anfänglich ſenkrechter Stellung Gefahr läuft, nach unten wegzufallen. Am Liegenden wird mit Schlägel und Eiſen eine Vertiefung *a*, das Bühnloch, ausgearbeitet; es nimmt das Ende des Stempels auf. Am Hangenden wird eine zur Stempelrichtung etwas geneigte ebene Fläche, der Anfall *b*, hergeſtellt und der Firſtenſtempel *S*, der an dem entſprechenden Ende etwas ſchräg zugeſchnitten wird, zwiſchen dieſe beiden Flächen eingetrieben. Bei 20 cm Stammſtärke führt man den Sägeſchnitt derartig ſchräg, daß der Firſtenſtempel oben 2 cm länger wird als unten; man ſagt, der Stempel bekommt langes Holz oder Ueberſchnittenes. Die Firſtenſtempel werden in Abſtänden von etwa 1 m verlegt; darüber kommen als Verzug Bretter *v* und hierauf werden zunächſt klare, dann auch gröbere Berge *B* gebracht. Auf denſelben finden die Arbeiter im Firſtenbau (ſ. d.) ihren Standpunkt bei der Arbeit. Dieſe ganze Art des Ausbaues, die in ähnlicher Weiſe auch beim Stroſſenbau vorkommt, nennt man auch Kaſten, Kaſtenzimmerung oder Firſten- bezw. Stroſſenkaſten; an ihre Stelle tritt häufig Mauerung oder eiſerner Grubenausbau (ſ. S. 635, Fig. 1). Sind, wie z. B. beim Kohlenbergbau, außer der Firſte auch die Stöße zu ſichern, ſo wird Türſtockzimmerung angewendet (vgl. Grubenmauerung, Fig. 2), beſtehend aus der Kappe *K* und den Türſtöcken im engeren Sinne oder Türſtockbeinen *T*, die auch Stempel genannt werden. Auch hier verwendet man wie bei der Zimmerung in Abbauen bei welcher Sohle Grundfohlen oder Grundſchwellen, um den Türſtockbeinen ein feſtes Auflager zu geben, und zwar werden entweder Querſchwellen, die dann zugleich das Auflager

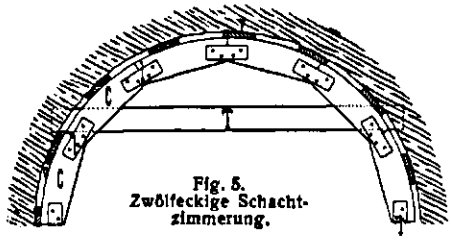


Fig. 5.
Zwölfeckige Schachtzimmerung.

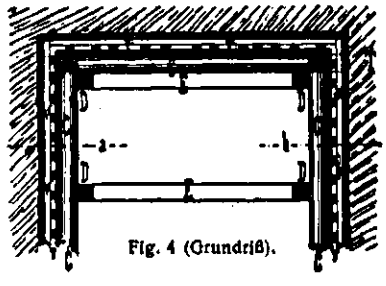


Fig. 4 (Grundriß).

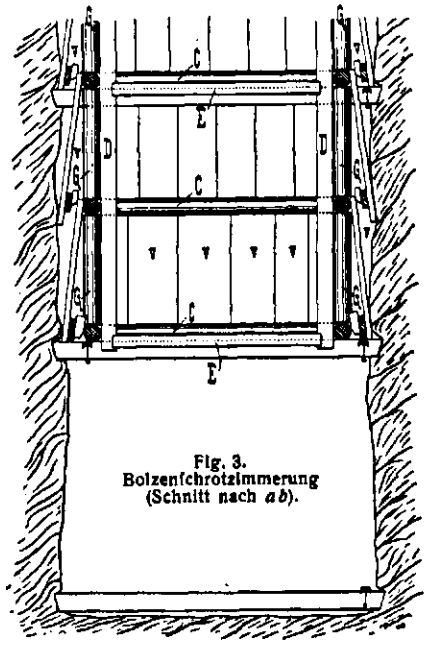


Fig. 3.
Bolzenſchrotzimmerung
(Schnitt nach *ab*).

für die Schienenbahn bieten, oder Längsſchwellen an den Stößen entlang verwendet. Die Verbindung von Kappe und zwei Türſtockbeinen nennt man auch einen Türſtock im weiteren Sinne oder einen Bau und, wenn die Querſchwelle dazu kommt, ein Geviere. Gewöhnlich gibt man den Bauen 1 m Abſtand und bringt zwiſchen dieſelben und das Gebirge den Verzug, der bei rolligem Gebirge, z. B. Sand, dicht iſt; die einzelnen Verzughölzer ſchließen dann genau aneinander. Bei ganzem Gebirge können Abſtände vorhanden ſein. Ein Bau einſchließlich des zugehörigen Verzuges heißt ein Feld. Leiſten die Baue nebſt Verzug bei 1 m Abſtand dem Gebirgsdrucke nicht ausreichenden Widerſtand, ſo werden zwiſchen die Baue noch Hilfsbaue geſtellt, ja, es kommt vor, daß Bau an Bau geſetzt wird und der Verzug dann in Wegfall kommt; dieſen Ausbau nennt man ganze Schrotzimmerung oder ganzen Schrot. Die Verbindung von Kappe und Türſtockbein erfolgt durch Ueberblatten oder durch Schar. Beim Ueberblatten führt man in der Kappe, um die Stärke des Türſtockbeines von den Enden entfernt, je einen Sägeſchnitt, das Eingeſchnittene oder Eingeſchneide, einige Zentimeter tief und ſpaltet mit dem Beil von den Hirnenden aus einen Abſchnitt des Rundholzes weg, ſo daß eine ebene Fläche, das Blatt, entſteht, mit dem die Kappe auf dem Türſtock liegt. Das Eingeſchneide hindert zugleich, daß der Türſtock durch Druck vom Stoße her in die Strecke hineingeſchoben wird. Bei der Verbindung durch Schar erhält das Türſtockbein

am oberen Ende durch zwei Sägeſchnitte, die eine ſtumpfe Keilnut bilden, eine ſichere Auflagerfläche für die rund belaſſene Kappe. Damit bei dieſer Verbindung das Türſtockbein nicht unter der Kappe weg durch Seitendruck in die Strecke hineingedrückt wird, ſchlägt man vor dasſelbe in die Kappe einen ſtarken Nagel mit breitem Kopfe, Vorſchlag genannt, oder man legt unter der Kappe zwiſchen die beiden Türſtockbeine eine ſchwache Spreize ein. Iſt Schub (d. i. Druck in der Streckenrichtung) zu befürchten, ſo werden zwiſchen die Kappen und Türſtockbeine der benachbarten Baue ſchwache Hölzer, Streben genannt, eingetrieben. Unter ſehr ſtarkem Drucke ſtehende Türſtöcke können durch einen Mittelſtempel verſtärkt werden, ein Holz, etwa von der Stärke der Türſtockbeine, das ſenkrecht unter die Mitte der Kappe geſtellt wird; falls die Mitte der Strecke frei bleiben muß, wie bei eintrümigen Strecken, kann die Unterſtützung der Kappe durch Einbau von Sparren erreicht werden, zwei ſchräg gegeneinander geneigte Hölzer, die unter die Mitte der Kappe greifen und ſich gegen die Türſtockbeine, in die ſie etwa in halber Höhe eingelaſſen ſind, ſtützen.

Die Schachtzimmerung (Schachtausbau in Holz) ſollte in tiefen Schächten zurzeit nur als vorläufiger Ausbau während des Abteufens Verwendung finden, bevor der Schacht ausgemauert wird (ſ. Grubenmauerung), da bei endgültiger Schachtzimmerung das Auswechſeln von Hölzern den Betrieb empfindlich ſtört. Schächte, deren Betriebsdauer vorausſichtlich eine kürzere ſein wird, z. B. wenig tiefe Schächte im Braunkohlenbergbau, Zwiſchenſchächte zur Verbindung verſchiedener Abbauſohlen u. dergl. werden endgültig ausgezimmert. Die Schachtzimmerung beſteht ähnlich wie die Streckenzimmerung aus den Bauen (Schachtgeviere oder Jöcher genannt) und dem Verzuge, am Harz auch Ausladeholz oder Aufgeher genannt. Die Schachtgeviere haben beſtimmten Abſtand; um dieſen zu erhalten, werden ſenkrecht zwiſchen dieſelben Bolzen geſtellt. Dieſe Art des Ausbaues heißt Bolzenſchrotzimmerung (Fig. 3 und 4). Legt man bei ſtarkem Gebirgsdruck Joch auf Joch (der Verzug kommt dann in Wegfall), ſo heißt der Schachtausbau ganzer Schrot oder Schrotzimmerung. Schachtzimmerung eignet ſich am beſten für den rechteckigen Schachtquerſchnitt; bei kreisförmiger Schachtſcheibe erhalten die Jöcher die Form eines Vielecks (vgl. Fig. 5), der Ausbau heißt danach Polygonbau oder Vieleckszimmerung und ein Schachtjoch auch Schachtring. In Fig. 5 beſteht der Ring aus 12 Ringſtücken *C*, die durch verſchraubte Laſchen *l* verbunden ſind; derſelbe liegt auf Trageſtempeln *T* (ſ. weiter unten), *v* iſt der Verzug. Der Ausbau in Reifen oder Zweigen aus biegſamem Holze (ſogenannte Reifenſchächte) oder mittels faßähnlicher Zylinder, deren Enden durch Schachtringe aus Holz verſtärkt ſind (Faßzimmerung), wurde nur für enge Schächte angewendet und iſt veraltet. Den Einbau der Bolzenſchrotzimmerung in einen rechteckigen Schacht zeigen Fig. 3 und 4. In die langen Schachtſtöße ſind Trageſtempel *T* eingebühnt; auf dieſe kommt ein Schachtjoch *C*, Hauptjoch genannt, zu liegen; es beſteht aus zwei längeren und zwei kürzeren Hölzern (Schenkel), die der Länge der Schachtſtöße entſprechen, jedoch noch Platz für den dichten Bretterverzug *v* laſſen. In den Schachtecken ſind die Gevierehölzer überblattet. Dienen, wie das zuweilen vorkommt, die Trageſtempel zu gleicher Zeit als kurze Jochhölzer, ſo heißt das Joch Tragejoch. Auf das Hauptjoch, das zunächſt durch Keile gegen die Schachtſtöße oder durch Anklammern an die Trageſtempel in ſeiner Lage erhalten wird, ſtellt man zunächſt die Bolzen *G* und verlegt auf dieſen die Hölzer des nächſten Joches (Hilfsjoch); ſodann wird durch das Eintreiben weiterer Bolzen der Anſchluß an das obere Hauptjoch erreicht. Dann werden die Verzugbretter *v* zwiſchen die Jöcher und die Geſteinsſtöße gebracht und durch Keile feſtgelegt. Der Einbau von Wandruten *D* und Einſtrichen (am Oberharz Kneipen) *E* gibt eine feſtere Verbindung der Jöcher untereinander; man ſagt, der Schacht wird verwandrutet. Die Wandruten ſind ſtarke kantige Hölzer, die in den Schachtecken und bei langen Schächten auch zwiſchen den einzelnen Trümern an den langen Stößen ſenkrecht ſtehen; ſie werden durch wagerechte Hölzer, die Einſtriche, feſt gegen die Jöcher gedrückt. Diejenigen Wandruten, die im Schachte übereinander ſtehen, bilden je einen Wandrutenſtrang; in beſtimmten ſenkrechten Abſtänden werden auch dieſe auf beſondere Trageſtempel geſtellt. In flachen Schächten wird die Zimmerung entſprechend ausgeführt, nur daß die Jöcher ſenkrecht zur Schachtneigung ſtehen; zur Führung der Tonnen (ſ. Schachtförderung) macht ſich am Liegenden der Bau der Tonnenſtraße erforderlich, der wagerecht auf den Einſtrichen befeſtigte Tonnenfach- oder Dumphölzer zur Unterlage dienen. In loſem Geſtein würde das Einbauen von Trageſtempeln wenig Zweck haben; man hängt deshalb in ſolchen Fällen die Schachtzimmerung an Tragebalken oder Sprengwerke, die über Tage verlegt werden, vorläufig mittels eiſerner Geſtänge oder Seile auf, bis man mit dem Abteufen in feſtere Geſteinsſchichten gelangt, in denen Trageſtempel ſicheres Auflager finden.

In rolligem Gebirge, z. B. in Sand, iſt es nicht möglich, zuerſt einen oder einige Meter Schacht abzuteufen und dann mittels Bolzenſchrotzimmerung auszubauen. Es muß vielmehr in dieſem Falle die Getriebezimmerung angewendet werden. Nach ihrer Fertigſtellung unterſcheidet ſie ſich bis auf das Fehlen der Trageſtempel nicht weſentlich von der Bolzenſchrotzimmerung mit dichtem Verzuge (Fig. 3 und 4), jedoch die Herſtellung erfolgt mit vorbereitetem Material in andrer Weiſe. Die Jöcher ſind durch gegenſeitiges Verklammern bis zu dem auf der Oberfläche liegenden Tagejoche — das aus längeren Hölzern beſteht — aneinandergehängt. Nachdem auf der Schachtſohle ein Joch verlegt und gegen die Verzughölzer des Feldes durch ſtarke Keile feſtgelegt iſt, werden zunächſt, um das Nachfallen des Gebirges aus den Schachtſtößen zu verhüten, die neuen Verzugpfähle abſatzweiſe vorgetrieben und unter ihrem Schutze der Boden ausgeſchachtet. Dabei muß die Lage der Verzugpfähle eine nach außen geneigte ſein. Das Maß, um das nach vollſtändigem Vortrieb der Pfähle eines Feldes deren untere Enden nach außen gegen die oberen Enden vorſtehen müſſen, damit ein neues Joch verlegt werden kann, nennt man die Pfändung. Nachdem ſie auf die halbe

Länge vorgetrieben ſind, wird gewöhnlich ein Hilfsjoch verlegt, das allſeitig um die halbe Pfändung größer iſt als die Schachtjöcher; auf dieſe Weiſe wird die richtige Innehaltung der Pfändung beſſer gewährleiſtet. Nachdem die Verzugpfähle um die ganze Länge vorgetrieben worden ſind, kann ein neues Schachtjoch verlegt werden. Die Ausführung der Getriebezimmerung erfordert große Geſchicklichkeit; ſie wird durch Waſſerzuflüſſe erheblich erſchwert (vgl. Schachtabteufen).

Literatur: Außer den Werken über allgemeine Bergbaukunde (ſ. d.): [1] Sickel, C. A., Die Grubenzimmerung, 2 Bde., Freiberg 1873. — [2] Banſen, H., Der Grubenausbau, Berlin 1906.

Treptow.

Grubenzug, ſ. Grubenmeſſungen.

Grudeherde (Sparherde), kleine eiſerne Kochmaſchinen, in denen durch Grudekoks (vgl. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 287) ein mäßiges, anhaltendes Feuer unterhalten werden kann. Sie eignen ſich vortrefflich zur Erzielung einer gleichmäßigen Hitze und zeichnen ſich durch ſehr geringen Verbrauch von Brennmaterial aus, weshalb ſie große Verbreitung, beſonders in Arbeiterwohnhäuſern (ſ. d.), gefunden haben.

Weinbrenner.

Grudekoks, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 287.

Grünbleierz, ſ. Mimetesit.

Gründüngung, ſ. Bodenchemie, Bd. 2, S. 106.

Gründung (Fundierung, Fundation, Fundamentierung), die Konſtruktion der Fundamente (ſ. d. und Gründungsmethoden).

Gründungen, jene Bauarbeiten, welche notwendig werden, um die Laſt von Bauwerken auf den Untergrund (Baugrund) ſo zu verteilen, daß jede Einſenkung oder Setzung derſelben unmöglich wird.

Dieſe Bauarbeiten hängen im allgemeinen ab:

1. Von der Tiefe des tragfähigen Untergrundes unter der Erdoberfläche an der Bauſtelle.
2. Von der Waſſermenge, die man antrifft, bevor man denſelben erreicht.

Die **Tragfähigkeit des Untergrunds** hängt wiederum davon ab, ob derſelbe im Trockenen liegt oder im Waſſer, beziehungsweiſe in einer Waſſerſtrömung. Die verſchiedenen hauptſächlichſten Bodenarten geben diesbezüglich zu folgenden Bemerkungen Veranlaſſung.

a) Felsboden gilt im allgemeinen als der beſte Baugrund, und zwar ſowohl im Trockenen als unter Waſſer. Immerhin iſt jeweils zu unterſuchen, ob derſelbe aus feſtgelagerten Schichten beſteht oder bloß aus mehr oder weniger großen Blöcken, deren Standfeſtigkeit zunächſt feſtgeſtellt werden muß. Ueberdies widerſtehen nicht alle Felsarten dem Einfluß von Strömungen des Waſſers, indem ſie entweder allmählich ausgewaſchen werden oder in mehr oder weniger große Stücke zerfallen, welche abgeſchwemmt werden können, oder ſich im Waſſer zerſetzen. — Zu den erſteren gehören Kalkſteinſchichten mit großem Tongehalt, jüngere Sandſteinbildungen u. ſ. w.; zu den zweiten verſchiedene Kalkſteinlagerungen, die infolge ſchwacher Schichten und zahlreicher Riſſe allmählich in kleine Stücke zerfallen (Muſchelkalk, weißer Jura u. ſ. w.); zu den letzteren endlich gipshaltige Lagerungen, die ſich im Waſſer auflöſen. — Es iſt alſo auch bei Fels jeweils eine ſorgfältige Abwägung der Verhältniſſe nötig, bevor man denſelben als Baugrund wählt. Im übrigen kann bei Felſen die Tragfähigkeit des Mauerwerks als Grenze der Belaſtung angenommen werden.

b) Tonboden kann auf 5—7 kg pro Quadratzentimeter belaſtet werden, wenn er im Trockenen liegt, dagegen ſeine Tragfähigkeit vollſtändig verlieren, wenn er im Waſſer plaſtiſch oder weich wird. Dieſer letztere Fall tritt namentlich dann ein, wenn er mit feinem Sand gemengt iſt oder von Sandboden durchzogen wird, während reiner kompakter Ton waſſerundurchläſſig iſt und dann tragfähig bleibt. Der Strömung ſetzt Ton geringen Widerſtand entgegen. — Die Verwendung von Ton als Baugrund in waſſerhaltigem Boden verlangt deshalb eine ſorgfältige Prüfung auf ſeinen Sandgehalt; in ſtrömendem Waſſer darf nicht darauf gegründet werden.

c) Kieslagerungen können mit 4—5 kg pro Quadratzentimeter belaſtet werden, ſowohl wenn ſie im Trockenen als wenn ſie unter Waſſer liegen. Nur in ſtarker Strömung iſt von deren Verwendung als Baugrund abzuſehen, wenn die Strömung davon einzelne Stücke wegtragen kann, oder ſie müſſen gegen den Angriff der Strömung geſchützt werden.

d) Sandablagerungen ohne Beimiſchung erdiger Teile können mit 3—4,5 kg pro Quadratzentimeter belaſtet werden, wenn ſie im Trockenen vorkommen oder unter Waſſer keinen Strömungen ausgeſetzt ſind. Gegen Strömungen ſind dieſelben immer ſchwer zu ſchützen, deshalb dort als Baugrund zu verwerfen. — Mit erdigen Teilen gemiſcht nimmt ihre Tragfähigkeit ſtark ab, namentlich unter Waſſer auch ohne Strömung.

e) Erdarten können nicht als Baugrund dienen. Gemiſchte Bodenarten entlehnen ihre Eigenſchaften den einzelnen Bodenſorten, aus denen ſie gebildet ſind.

Da der unbedingt tragfähige Baugrund meiſt mehr oder weniger tief unter der Erdoberfläche liegt, ſo kommen verſchiedene Methoden der Gründungen vor. Entweder muß man ſich mit einem weniger tragfähigen Boden behelfen, indem man die Laſt des Bauwerkes auf eine größere Oberfläche verteilt oder indem man die Tragfähigkeit des Bodens verbeſſert; andernfalls muß man den tragfähigen Boden aufſuchen und ſich auf denſelben abſtützen. Die hierzu führenden verſchiedenen Methoden verändern ſich überdies, je nachdem der Baugrund in waſſerführendem Untergrund oder unter tiefem Waſſer liegt.

A. Fundierungen im Trockenen erfolgen 1. bei geringer Tiefe des Bau-

grundes durch Aushub und Aufbau von Fundamentmauerwerk bis zur Bodenfläche, 2. bei größerer Tiefe des Baugrundes und Ausnutzung des überliegenden Bodens:

a) Durch Verbreiterung des Fundaments mittels eines hölzernen liegenden Roſtes (ſ. Roſt) oder einer ausgedehnten Betonſchicht;

b) durch Entfernung des ganz ſchlechten Bodens und Erſatz durch eine größere Schicht guten Bodens (ſ. Sandſchüttungen);

c) durch Dichtung des ungenügenden Bodens mittels Dichtungspfählen, verbunden mit einem Roſt (ſ. Pfähle) bezw. durch Abſtützung auf den guten Untergrund vermittelſt Pfählungen mit überliegendem Roſt oder einer Betonlage;

d) durch Abteufung mittels Schächten und deren Ausfüllung mit Sand oder Mauerwerk.

B. Gründungen in waſſerführendem Boden verlangen:

1. Bei geringer Tiefe des Baugrundes die Trockenhaltung der Baugrube, hinter einem Lehmdamm, einer Spuntwand (ſ. Spuntwände) oder einem Fangdamm (ſ. d.).

2. Für größere Tiefe des Baugrundes muß den Gründungsmethoden im Trockenen noch beigefügt werden bei a) außer dem hölzernen Roſt oder der Betonſchicht noch eine Spuntwand; bei b) eventuell die Baggerung des ſchlechten Bodens vor ſeinem Erſatz durch beſſeren; bei c) in allen Fällen eine Umfaſſung mit einer Spuntwand; bei d) ſtatt der Schächte Senkbrunnen (ſ. d.) oder Preßluftgründungen (ſ. d.).

3. Bei Gründungen in großer Waſſertiefe wird wie folgt vorgegangen: a) Auf dem guten oder ungenügenden Untergrund wird eine Steinſchüttung (ſ. d.) aus natürlichen oder künſtlichen Blöcken bis wenig unter die Waſſerfläche aufgebracht, um auf derſelben das Bauwerk zu ſtellen; b) es werden Pfähle in den Boden eingerammt, zwiſchen denſelben eine Steinſchüttung eingebracht, oft mit einer Spuntwand umgeben und auf den Pfählen ein Roſt oder ein Betonboden gelegt, der den Bau aufnimmt; c) direkt auf den Boden ſtützt man ſich mit hölzernen oder eiſernen Senkkaſten, die mit Mauerwerk gefüllt werden, nachdem der Boden zu dem Ende vorher zu deſſen Aufnahme abgeglichen wurde, oder mit Hilfe von Preßluftgründungen (ſ. d.) in feſten oder beweglichen Caiſſons. *Zſchokke.*

Gründungsbaſis, ſ. Fundamentbaſis.

Gründungsmethoden, Verfahren für Gründung von Bauwerken.

Man kann unterſcheiden: 1. Fundamente, die von unten nach oben hergeſtellt werden; man nennt dieſelben wohl auch aufgebaute Fundamente. Sie werden entweder in waſſerfreier Baugrube ausgeführt oder unmittelbar im Waſſer. Zu erſteren gehören die gemauerten Fundamente (ſ. Fundamentmauerwerk), die Fundamente aus Sandſchüttungen, aus Steinpackungen und aus geſchüttetem Beton (ſ. Betongründung) ſowie die Schwellroſte (ſ. Roſt, liegender); zu letzteren zählen die Fundamente aus Steinſchüttungen (ſ. d.), aus verſenkten Steinen (ſ. Steinverſenkung), aus Trockenmauerwerk (ſ. Trockengründung), aus verſenktem Beton (ſ. Betongründung) und aus ſchwimmendem Mauerwerk. 2. Eingetriebene und eingedrehte Fundamente, die in den Boden von oben nach unten eingetrieben bezw. eingedreht werden: Pfahlroſtfundamente (ſ. Pfahlroſt) und ſolche, die aus eiſernen Schraubenpfählen (ſ. d.) beſtehen. 3. Verſenkte Fundamente, bei denen unter dem ſchon hergeſtellten Fundamentkörper die lockere Bodenſchicht allmählich entfernt wird; dazu gehören die Gründungen mittels Senkbrunnen (ſ. Brunnengründung), mittels Senkröhren (ſ. d.) und mittels Caiſſons (ſ. d.). Bei letzteren geſchieht die Verſenkung ſtets unter Anwendung von Preßluft; auch bei Senkbrunnen und Senkröhren kommt dies vor. — Die Wahl der Gründungsmethode [1] hängt hauptſächlich ab: a) von der Beſchaffenheit des Baugrundes und b) von dem Vorhandenſein von Waſſer (ob Grundwaſſer, offenes fließendes, wellenſchlagendes u. ſ. w. Waſſer). Ferner ſind darauf von Einfluß: c) die Natur des betreffenden Bauwerkes und die Art und Weiſe, wie dasſelbe den Baugrund beanſprucht (Eigengewicht des Bauwerkes, ruhende und bleibende oder wechſelnde und ſtoßende Belaſtung, Erſchütterungen u. ſ. w.); d) die Anſprüche an die längere oder kürzere Zeit dauernde Erhaltung des Bauwerkes (definitive und Interimsbauten, monumentale Bauwerke, einfachen Zwecken dienende Bauwerke u. ſ. w.); e) die verfügbaren Bauſtoffe, maſchinellen und ſonſtigen Hilfsmittel; f) die verfügbare Bauzeit; g) die Koſten der verſchiedenen Gründungsverfahren.

Literatur: [1] Deutſche Bauztg. 1882, S. 589; 1887, S. 417. *Schmitt-Darmſtadt.*

Gründungstiefe, Tiefe, auf die ein Bauwerk zu fundieren iſt.

Folgende Regeln ſind maßgebend: 1. Das Fundament iſt, wenn irgend möglich, auf die tragfähige Bodenſchicht — ſei es unmittelbar oder mittels einzelner Stützen (Pfeiler, Pfähle, Brunnen u. ſ. w.) zu ſetzen; nur im Notfall verſuche man es, durch die Reibung des Bodenmaterials an den Außenflächen des Fundamentkörpers allein die erforderliche Standfeſtigkeit desſelben zu erzielen. 2. Die Fundamentbaſis (ſ. d.) ſoll in froſtfreier Tiefe gelegen ſein. 3. Man führe das Fundament in ſolche Tiefe hinab, daß es vor dem ſchädlichen Einfluſſe des Waſſers bewahrt bleibt. — Im allgemeinen wird man, in Rückſicht auf die Baukoſten, die Gründungstiefe tunlichſt klein wählen; in manchen Fällen geht man indes auch über das geringſte zuläſſige Maß hinaus: a) wenn man eine noch feſtere Bodenſchicht erreichen will; b) wenn man durch eine größere Fundamentverbreiterung den vom Fundament zu übertragenden Druck auf eine größere Fläche verteilen will (ſ. Fundamentabſätze); c) wenn man den Reibungswiderſtand zwiſchen dem Bodenmaterial und den Außenflächen des Fundamentkörpers vermehren will; d) wenn unterirdiſche, in einem Gebäude herzuſtellende Räume eine größere Fundierungstiefe erfordern. *Schmitt-Darmſtadt.*

Grüne Aſche, ſ. Scheelſches Grün.

Grüne Erde, Böhmiſche Erde, Erdgrün, Veronefererde, Italieniſche Erde,

Tirolergrün, Venezianererde, Veroneſergrün, Seladongrün, Grünerde, iſt ein Gemenge mehrerer Mineralien und beſteht hauptſächlich aus kieſelſaurem Eiſenoxydul und Ton ſowie aus eiſenoxydulhaltigem Material, durch das die ſonſt grüne Maſſe mit gelben Partien durchſetzt erſcheint.

Aus den Gruben kommend, bildet ſie eine zähe, tonartige, feuchte Maſſe von verſchiedener, heller und dunklerer Färbung, deren Wert je nach der Nuance und dem Feuchtigkeitsgehalte variiert. Fundorte ſind: Kaaden in Böhmen (Böhmiſche Erde, Kaadener Grün), am Monte Baldo am Gardaſee (Veroneſererde, Venezianergrün), in Südtirol bei Trient (Tirolergrün); auch in Belgien und an andern Orten kommt ſie vor, namentlich in Gegenden vulkaniſchen Charakters. Augit iſt ihr ſtändiger Begleiter. Sie erweicht in Waſſer wie Ton und wird als Waſſerfarbe für Häuſeranſtrich aus dem Grund ſehr geſchätzt, weil ſie unveränderlich iſt. Auch in Oel läßt ſie ſich getrocknet und gemahlen als hellgrünes Pulver (gemahlene grüne Erde) zwar nicht für den Anſtrich, aber zur Erzielung gewiſſer Effekte in der Malerei verwenden. Grüne Erde wird hier und da mit Teerfarbſtoff aufgefärbt, geſchönt, verliert aber dann ihre Färbung in Kalk und am Lichte wieder in ganz kurzer Zeit. *Andés.*

Grüner Ocker, künſtliche grüne Erde, aus gelbem Ocker durch Behandeln mit Salzſäure und darauf mittels gelbem Blutlaugenſalz und Eiſenvitriol in wäſſriger Löſung niedergeſchlagenem Pariſerblau hergeſtellt, iſt nicht beſtändig und wird namentlich durch Kalk raſch zerſetzt. *Andés.*

Grüner Zinnober (Chromgrün), ſ. Chromfarben.

Grünfutterpreſſe, ſ. Preſſe.

Grün, giftfreies, ſ. Kuhlmanns Grün.

Grünland, eine Landfläche, welche wegen zeitweiſer Ueberſchwemmung während der Vegetationsperiode oder wegen geringer Höhe über dem Grundwaſſerſtande nur als Weide oder als Wieſe benutzbar iſt. *Drach.*

Grünlandsmoor (Niederungs-, Wieſenmoor), Moorbildung, die — zum Unterſchied vom Hochmoor — relativ reicher an Mineralſubſtanz (insbeſondere Kalk) und ärmer an organiſchen Stoffen iſt. Dasſelbe eignet ſich vermöge dieſer Zuſammenſetzung meiſt weniger gut zur Torfgewinnung, dagegen beſſer zur landwirtſchaftlichen Kultur als das Hochmoor. Näheres ſ. Moorkultur. *Drach.*

Grünmalzhefe, ſ. Spiritusfabrikation.

Grünſand (Greenſand), ein vornehmlich in der Kreideformation, aber auch im älteren Tertiär auftretender Sand oder Sandſtein, der zahlreiche dunkelgrüne rundliche hirſekorngroße Körner von Glaukonit (ſ. d.) zwiſchen den Quarzkörnern der Hauptmaſſe des Sandſteins enthält. Die Grünſandſteine treten vorzugsweiſe in Weſtfalen (Soeſt), dann auch in der Umgegend von Regensburg (Bayern) auf und bilden in härteren Lagen (Druckfeſtigkeit 300—400 kg pro 1 qcm) ein geſchätztes Baumaterial. *Leppla.*

Grünſandformation iſt eine ältere Bezeichnung für Kreideformation (ſ. d.), gewählt nach dem häufigen Vorkommen von Grünſand.

Grünſchiefer werden in der Silurformation der Oſtalpen auftretende graugrüne feinkörnige dünnplattige Schiefer bezeichnet, die aus Feldſpat, Hornblende, Epidot, Chlorit und Magnetit beſtehen. Sie führen mitunter Stöcke von Magneſit. *Leppla.*

Grün, ſchwediſches, ſ. Scheelſches Grün.

Grünſpan, Aerugo nobilis (edler Roſt), deſtillierter, deutſcher, franzöſiſcher, kriſtalliſierter, präzipitierter, blauer und grüner Grünſpan, laſierende grüne Farbe von ſehr geringer Beſtändigkeit, an und für ſich nur von untergeordneter Verwendung, hauptſächlich als Zwiſchenfabrikat für Kupferfarben dienend und daher in der Farbenfabrikation viel angewendet (vgl. a. Kupfer).

Bei Verwendung in Oel wird der Grünſpan mit Bleiweiß zuſammengerieben oder damit vermiſcht. Die gemachten Anſtriche zeigen anfänglich eine bläulichgrüne helle Farbe, die nach und nach in reines Grün übergehen und beſitzen dann eine große Haltbarkeit; derartige Anſtriche werden namentlich in Rußland auf Kirchendächern gemacht. Im Handel unterſcheidet man mehrere Sorten, je nachdem derſelbe nur aus Kupferacetat oder aus dieſem in Verbindung mit Kupferoxydhydrat beſteht; ſo iſt blauer Grünſpan, franzöſiſcher Grünſpan halbeſſigſaures Kupferoxyd, deſtillierter Grünſpan neutrales Kupferacetat, deutſcher oder ſchwediſcher Grünſpan eine Verbindung von zweidritteleſſigſaurem Kupferoxyd mit eindritteleſſigſaurem Kupferoxyd. Der Farbenunterſchied zwiſchen blauem und grünem Grünſpan beruht auf den verſchieden zuſammengeſetzten und ungleich gefärbten Kupferverbindungen. — Grünſpan wird namentlich im ſüdlichen Frankreich aus Weintreſtern, die man zur Eſſiggärung bringt, und aus metalliſchem Kupfer in Platten bei einer Temperatur von 25—30° hergeſtellt und iſt die Umbildung in 4—5 Tagen vollendet. Das Produkt iſt roher Grünſpan, aus dem durch Auflöſen in Eſſig und

Verdampfen der Löſung der deſtillierte oder kriſtalliſierte Grünſpan gewonnen wird. In Schweden bereitet man Grünſpan aus Holzeſſig und metalliſchem Kupfer; durch Behandeln von Kupfervitriol mit ſtarker Ammoniakflüſſigkeit (wodurch ſich Kupferammoniumſulfit bildet) und Zerſetzen mit Eſſigſäure (ſ. d.) unter Erhitzen ſtellt man ebenfalls Grünſpan dar, der ſich in ſchön grünen Kriſtallen niederſchlägt. *Andés.*

Grünſtein, in der älteren Geſteinskunde die an Hornblende, Augit und Olivin und deren grünen, chloritiſchen Umwandlungsprodukten reichen feldſpathaltigen Geſteine, vornehmlich Diabas, Gabbro, Melaphyr und Diorit, aber auch jüngere Geſteine wie feinkörnige Baſalte (baſaltiſcher Grünſtein). Als Augitgrünſteine wurden in einigen Fällen augitreiche, alſo diabasartige Geſteine bezeichnet. Unter Grünſteintuff ſind die aus Grünſteinfragmenten zuſammengeſetzten tuffartigen Geſteine zu verſtehen. *Leppla.*

Grün, ungariſches, ſ. Berggrün.

Grundablaß, eine oder mehrere verſchließbare Oeffnungen einer Stauanlage, gewöhnlich eines feſten Wehres, welche bis zur Sohle des betreffenden Waſſerlaufs reichen und dem Hochwaſſer ein größeres freies Abflußprofil gewähren. Der Grundablaß iſt ein ſpezieller Fall eines Ablaſſes, einer Freiarche oder eines Freifluders (Freifluters), nur daß bei letzterem die Schwelle (der Schweller) im allgemeinen über der Flußſohle liegt. Iſt der Grundablaß als Schleuſenwehr gebaut, ſo heißt er Grundſchleuſe, vielfach auch Rumpelfalle.

Bei einer Wehranlage zum Zwecke einer Kanalableitung aus einem Fluſſe empfiehlt es ſich, den Grundablaß an demjenigen Ufer anzuordnen, welches dem Kanal gegenüber liegt, damit dieſer nicht einen eventuellen Gefällsverluſt erleide infolge der vor einem geöffneten Grundablaſſe ſtattfindenden Senkung des Waſſerſpiegels.

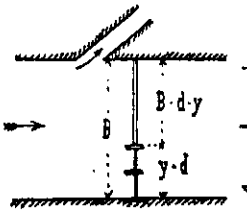


Fig. 1.

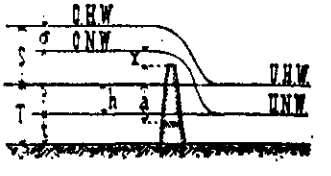


Fig. 2.

Die mindeſtens nötige Größe, die Geſamtlichtweite y eines Hochwaſſerablaſſes im allgemeinen, ergibt ſich aus dem noch zuläſſigen Steigen σ des geſtauten (Ober-) Hochwaſſerſpiegels (*O.H.W*) über das geſtaute (Ober-) Niederwaſſer (*O.N.W*), Fig. 1 u. 2. Bedeuten ferner: B die Geſamtlänge der Stauanlage, d die Geſamtdicke der eingebauten Pfeiler oder Ständer, alſo $B - d - y$ die freie Länge des feſten Wehres, welches in Fig. 2 als Ueberfallswehr (ſ. d.) ſowohl für das Nieder- als auch für das Hochwaſſer angenommen iſt; h die Erhebung des ungeſtauten (Unter-) Hochwaſſers *U.H.W* über das ungeſtaute (Unter-) Niederwaſſer *U.N.W*; s und S die Stauhöhe fürs Nieder- bezw. fürs Hochwaſſer, wobei $S = s + \sigma - h$; Q_n cbm pro Sekunde die nur über das feſte Wehr überſtürzende Niederwaſſermenge (hierbei iſt x die Ueberfallshöhe und der Ablaß geſchloſſen); a die Tiefe der Ablaßſchwelle unter *U.H.W* (wenn $a = T$, der Tiefe des Unterhochwaſſers), ſo hat man einen Grundablaß vor ſich; Q_h die über das feſte Wehr und durch den geöffneten Ablaß fließende Hochwaſſermenge (in Kubikmetern pro Sekunde); v_n und v_h die vor dem Wehre ſtattfindenden Zuflußgeſchwindigkeiten des geſtauten Nieder- bezw. Hochwaſſers; $k_n = \frac{v_n^2}{2g} = \frac{1}{2g}\left[\frac{Q_n}{B(s+t)}\right]^2$, $k_h = \frac{v_h^2}{2g} = \frac{1}{2g}\left[\frac{Q_h}{B(S+T)}\right]^2$ die entſprechenden Geſchwindigkeitshöhen; μ den Ausflußkoeffizienten für vollkommenen Ueberfall; g die Beſchleunigung der Schwere, und ſetzt man $\frac{2}{3}\mu\sqrt{2g} = m$; μ_1 den Ausflußkoeffizienten für den Ausfluß unter Waſſer, wobei $\mu_1\sqrt{2g} = m_1$; ſo hat man: für den vollkommenen Ueberfall (ſ. Ueberfallwehr) des Niederwaſſers

$$Q_n = m\,(B - d \cdot y)\left[(x + k_n)^{\frac{3}{2}} - k_n^{\frac{3}{2}}\right]. \qquad 1.$$

Beim Hochwaſſer hat man der Reihe nach für den hier vollkommenen Ueberfall über das feſte Wehr, für desgleichen (bis *U H W*) im Ablaſſe und ebenda für den Ausfluß unter Waſſer in der Tiefe a:

$$Q_h = m\,(B - d \cdot y)\left[(x + \sigma + k_h)^{\frac{3}{2}} - k_h^{\frac{3}{2}}\right] + m\,y\left[(S + k_h)^{\frac{3}{2}} - k_h^{\frac{3}{2}}\right] + m_1\,a\,y\,(S + k_h)^{\frac{1}{2}} \qquad 2.$$

Aus den Gleichungen 1. und 2 laſſen ſich die beiden Unbekannten x und y berechnen. Die Auflöſung geſchieht am beſten verſuchsweiſe, indem ein wahrſcheinliches x angenommen, dazu aus 1. y und aus 2. ein Q_h' berechnet wird; ſtimmt dieſes Q_h' nicht genügend mit dem gegebenen Q_h überein, ſo iſt die Annahme von x entſprechend abzuändern und die nämliche Rechnung zu wiederholen. Iſt auf dieſe Art durchaus keine Uebereinſtimmung zu erreichen, ſo ſind die gemachten Vorausſetzungen nicht zutreffend, ſo daß einzeln oder zuſammen a und B anders zu wählen ſind oder die Krone des feſten Wehres unter dem *U H W* anzunehmen iſt; im letzteren Falle iſt auch die Formel für das Grundwehr (ſ. d.) zu benutzen. Wenn ein $v < 0{,}5$ m, ſo kann angenähert das zugehörige $k = o$ geſetzt werden. Werte für $\frac{2}{3}\mu$ und μ_1 ſ. unter Grundwehr bezw. Ueberfallwehr.

Literatur: (Konſtruktion von Wehren mit Grundabläſſen): Franzius, Waſſerbau, 1. Abt., 1. Hälfte, 3. Aufl., Leipzig 1892; Bauernfeind, Vorlageblätter zur Waſſerbaukunde, München 1866; Ballif, Waſſerbauten in Bosnien und der Herzegowina, Wien 1896.

Grundbank, ſ. Fundamentabſätze.

Grundbau nennt man ebenſowohl die geſamten Fundamente (ſ. d.) eines Bauwerkes, wie auch die Wiſſenſchaft, die ſich mit der Theorie, Konſtruktion und Ausführung der Fundamente befaßt.

Literatur: Hagen, G., Handbuch der Waſſerbaukunſt, Teil 1, Bd. 2, Fundierungen, Berlin 1841, 3. Aufl. 1870; Schwarz, F., Der Grundbau, Berlin 1865; Debauve, A., Procédés et matériaux de construction, Bd. 2: Fondations, Paris 1865; Menzel, C. A., Die Gründungsarten der Gebäude und die Behandlung des Baugrundes, herausg. u. verb. von C. Schwatlo, Halle 1866; Knapps großes Vorlagewerk aus dem Geſamtgebiete der Bau-, Ingen.-Wiſſenſch. und Gewerbskunde, Heft 1: Gründungen, Halle 1871; Menzel, C. A., und Promnitz, J., Die Gründung der Gebäude, Halle 1873; Morandière, Traité de la construction des ponts et viaducs en pierre, en charpente et en métal, Paris 1874, 1. Heft, S. 57; Frauenholz, W., Baukonſtruktionslehre für Ingenieure, Bd. 3: Eiſen- und Fundationskonſtruktion, München 1877, S. 275; Klaſen, L., Handbuch der Fundierungsmethoden im Hochbau, Brückenbau und Waſſerbau, Leipzig 1879 2. Aufl. 1894; Feldegg, E. v., Allgemeine Konſtruktionslehre des Ingenieurs, nach Vorträgen, von R. Baumeiſter, Karlsruhe 1879, 2. Teil: Fundierungen; Powell, G. T., Foundations and foundation walls for all classes of buildings, New York 1879, neue Ausg. 1885; Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, herausg. von E. Heuſinger v. Waldegg, L. Franzius und E. Sonne, Bd. 1, Leipzig 1880, S. 695: Grundbau, 2. Aufl., 1884, S. 281; Brown, C., Healthy foundations for houses, New York 1885; Handbuch der Baukunde, Abt. 3, Heft 1: Der Grundbau, von L. Brennecke, Berlin 1887; Lückemann, H., Der Grundbau, Berlin 1906; Handbuch der Architektur, Teil 3, Bd. 1, Darmſtadt 1886, 2. Aufl., 1891. *Schmitt-Darmſtadt.*

Grundbogen, die Gurtbogen, durch die bei der Pfeilergründung (ſ. d.) die Fundamentpfeiler miteinander verbunden werden.

Grundbohrer (Meiſterbohrer), Gewindebohrer z. B. nebenſtehender Form, deſſen erſte Seite den Gewindeverſchnitt herſtellt. Der Grundbohrer dient zum Schneiden von Muttergewinden bei nicht durchgehender und zugleich kurzer Bohrung.

Dalchow.

Grundbruch, ſ. Deichbruch.

Grundbüchſe, Führungshülſe im Grunde von Stopfbüchſen (ſ. d.).

Grundbühnung, ſ. v. w. Schwellroſt, ſ. Roſt, liegender.

Grundeis oder Bodeneis, ſolches Eis, das ſich bisweilen am Grunde fließender und ſogar ſtehender Gewäſſer anſetzt.

Man hat lange darüber geſtritten [1], ob überhaupt ſolche Möglichkeiten beſtehen, oder ob nicht Eis, das ſich in höheren Lagen bildete, durch irgendwelche Umſtände zum Sinken kam, um nachher wieder aufzuſteigen. Es wird nämlich glaubwürdig bezeugt, daß Anker und Ketten, die auf dem Grunde lagen, in ſolcher Weiſe wieder zutage gebracht wurden; daher die engliſche Bezeichnung Anchor Ice. Das wäre freilich ſchwer begreiflich, da doch das Eis auf Waſſer ſchwimmt. Am beſten verſtehen kann man einen ſolchen Prozeß bei Bächen und Flüſſen, indem da gewiſſe Teile des Waſſerſtromes, welche bei ſehr langſamer Bewegung in den Zuſtand der Ueberkühlung übergegangen waren, den Boden berühren, ihn auf 0^{0} abkühlen und die Entſtehung einer dünnen Eisſchicht veranlaſſen können. Demgegenüber behauptet Weber [2], daß das fälſchlich ſo genannte Grundeis auf dem Waſſer zuſtande komme und zwar dann, wenn loſer Treibſchnee in ſchwammig-poröſes Treibeis ſich zu verwandeln im Begriffe ſtehe. Im ganzen iſt, wie aus der älteren zuſammenfaſſenden Darſtellung von Scoppewer [3] und neueren Mitteilungen von Rae [4] und Macdougall [5] erſehen werden kann, in der Grundeisfrage noch gar manches kontrovers. Im Meere bildet ſich, wie Petterſons Beobachtungen 1897 dartaten, angebliches Grundeis dann [6], wenn verſchieden temperierte Salzwaſſerſchichten vertikal angeordnet ſind und zugleich ſtarke Unterſchiede hinſichtlich ihres Salzgehaltes aufweiſen, ſobald eine entſprechende Temperaturherabſetzung eintritt. — Nicht zu verwechſeln mit dieſer aquatilen Eisform iſt das hier und da auch unter dem Namen Bodeneis aufgeführte foſſile Eis, das in Sibirien und im arktiſchen Nordamerika auf weiten Flächen in kompakten, zumeiſt oberflächlich bedeckten Schichten anſteht und weit beſſer den treffenden Namen Steineis erhält; mit dem gewöhnlichen gefrorenen Boden [7] darf es nicht verwechſelt werden. Das Steineis iſt, wie v. Tolls ausgedehnte Forſchungen ergeben haben, nichts als ein Reſiduum der Eiszeit [8], das ſich in Klimaten mit ungeheurer Winterkälte erhalten hat und noch weiter erhalten wird.

Literatur: [1] Günther, Handbuch der Geophyſik, Stuttgart 1899, Bd. 2, S. 542 ff. — [2] Weber, C. W., Die Entſtehung des Grundeiſes, nach Erfahrungsſätzen und phyſikaliſchen Regeln erläutert, Spandau 1856. — [3] Scoppewer, Ueber Grundeis, Brandenburg 1859. — [4] Rae, Anchor-Ice, Nature, Bd. 20, S. 54; Bd. 21, S. 538. — [5] Macdougall, Anchor-Ice, ebend., Bd. 21, S. 612. — [6] Klein, H. J., Jahrbuch der Aſtronomie und Geophyſik, Bd. 8, S. 155 ff. — [7] Peſchel-Leipoldt, Phyſiſche Erdkunde, Leipzig 1879, Bd. 1, S. 185 ff.; Hann, Handbuch der Klimatologie, Stuttgart 1897, Bd. 3, S. 188 ff. — [8] v. Toll, Forſchungen im nordöſtlichen Sibirien, Verhandlungen des Deutſchen Geographentages in Wien 1891, S. 53 ff.; Günther, a. a. O., Bd. 2, S. 758 ff. *Günther.*

Grundeiſen, ſ. Feltriereiſen, Bd. 3, S. 691.

Grundfeile, nur an den Schmalſeiten mit Hieb verſehene Feile, während die breiten Seiten glatt ſind; dient zum Bearbeiten der Zahnlücken bei Zahnrädern.

Grundhahn, ſ. Schiffskeſſel.

Grundhieb (Unterhieb), ſ. Feilen, Feilenfabrikation.

Grundieren, das erſtmalige Anſtreichen oder Färben eines Gegenſtandes mit einer Farbe, die als Unterlage für einen zweiten Farbenauftrag dient.

Grundiermaſchine (Fonciermaſchine), die in der Buntpapier- und Tapetenfabrikation zum Färben des ſchlichten ſowie zum Grundieren des gemuſterten Buntpapieres verwendete Maſchine; ſ. Buntpapierfabrikation. *Kraft.*

Grundierſalz, ſ. Zinnoxydnatron.

Grundkette, ſ. Weberei.

Grundkreis, ſ. Evolventenverzahnung.

Grundlinie, ſ. Baſis.

Grundmaſſe, ſ. Geſteine.

Grundminen, ſ. Seeminen.

Grundpfeiler, ſ. Pfeilergründung.

Grundplatte, zum Aufſtellen der einzelnen Teile einer kleinen Maſchine.

Grundriß. Hierunter verſteht man eine rechtwinklige Parallelprojektion einer Raumgröße auf eine in der Regel horizontale Ebene, die Grundriß- oder Projektionsebene. Um aus dem Grundriß auf die Lage der Raumgröße im Raume ſowie auf deren Geſtalt ſchließen zu können, bedarf man entweder noch einer zweiten Projektion der Raumgröße auf eine zweite Projektionsebene, welche zu der erſten hinſichtlich ihrer Lage in einem beſtimmten geometriſchen Zuſammenhange ſteht, oder aber der Kenntnis der Abſtände der Punkte der Raumgröße von der Grundrißebene (ſ. Projektionslehre). *Vonderlinn.*

Grundſägen dienen dazu, hölzerne Pfähle in geringerer oder größerer Tiefe unter Waſſer abzuſchneiden. Für Handhabung der Säge iſt ein über dem Waſſer errichtetes (feſtes oder Schiffs-) Gerüſt notwendig.

Die Säge ſelbſt iſt verſchieden geſtaltet: 1. Gerade Säge, die wagrecht in einem lotrechten Gatter angebracht iſt; dieſes hängt auf einem fahrbaren Gerüſt, und durch hin und her gehendes Bewegen des Gatters wird die Sägearbeit ausgeführt. Schwerfällig und kaum zu empfehlen. 2. Pendelſäge, gleichfalls ein gerades Sägeblatt, das in einen lotrechten dreieckigen Rahmen geſpannt iſt. Letzterer ſchwingt um ſeinen oberen Eckpunkt. Mittels Seilen oder Stangen wird der Rahmen hin und her bewegt und dadurch das Sägen bewirkt [1]. Einfach und empfehlenswert. 3. Kreisſegmentſäge, die in einen wagerechten dreieckigen Rahmen geſpannt iſt; in dem dem Sägeblatt entgegengeſetzten Eckpunkt ſitzt eine lotrechte Welle, die über Waſſer mittels eines Hebels gehandhabt wird [2]. 4. Kreisſäge, die wagerecht aufgeſtellt und durch eine lotrechte Achſe bewegt wird. Während die vorhergehenden Grundſägen durch Arbeiter gehandhabt werden, iſt für die Kreisſäge Motorenbetrieb, in der Regel Lokomobile, notwendig [3] und [4]; Handbetrieb führt dabei zu ſchlechten Ergebniſſen.

Literatur: [1] Deutſche Bauztg. 1884, S. 256. — [2] Zeitſchr. d. Arch. u. Ingen.-Ver. zu Hannover 1876, S. 49. — [3] Wochenbl. f. Arch. u. Ingen. 1880, S. 369 u. 467; 1882, S. 326. — [4] Baugewerksztg. 1884, S. 127. *Schmitt-Darmſtadt.*

Grundſchleuſe, ſ. Grundablaß.

Grundſchrauben, ſ. Schraubenpfähle.

Grundſchuß, ſ. Weberei.

Grundſchwelle (Stauſchwelle), ein niedriges Grundwehr (ſ. d.), deſſen Krone noch unter dem kleinſten Niederwaſſer liegt. Zuweilen wird uneigentlich auch die Schwelle, der Fachbaum, einer Schleuſe als Grundſchwelle benannt. Für nicht hinterlandete Grundſchwellen, wie ſie bei Staffelungen von Bächen vorkommen, wurden noch $^2/_3\,\mu = 0{,}34$ und $\mu_1 = 0{,}71$ gefunden [1].

Literatur: [1] Armani, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver 1894, S. 589.

Grundſohle, ſ. Grubenzimmerung.

Grundſpannungen, ſ. Nebenſpannungen, Fachwerk, Dimenſionenberechnung.

Grundſpitzen (Réſeauxſpitzen), ſ. Spitzen.

Grundſtein, 1. ein in den Grundbau eines öffentlichen Gebäudes eingelegter größerer Stein, meiſt ein Eckſtein, der zur Aufnahme von Gedenkzeichen mit einer Höhlung im Innern verſehen iſt und in feierlicher Weiſe eingeſetzt und vermauert wird.

Der Inhalt beſteht in geſchichtlichen und ſtatiſtiſchen Nachrichten aus der Erbauungszeit, Plänen des Bauwerks, öffentlichen Urkunden und neugeprägten Münzen. Zur ſicheren Erhaltung werden die Gegenſtände in einem Glasgefäß mit eingeſchliffenem Deckel und mit einem Blei-

mantel umhüllt verwahrt. Die Urkunden und Schriftſtücke ſind am beſten auf Pergament oder einem natürlich gebleichten Papier, Metallplatte u. ſ. w. geſchrieben. Bei dem Akte der Grundſteinlegung bezeugen der Bauherr, der Baumeiſter, der Unternehmer und ſein Polier durch Auftrag von einigen Kellen voll Mörtel und drei Hammerſchläge ihre Mitwirkung; bei Kirchen erfolgt auch eine prieſterliche Einſegnung.

2. Der untere Mühlſtein (ſ. d.). *Weinbrenner.*

Grundtemperatur, ſ. Geothermik.

Grundwaſſer, im allgemeinen alles unter der Erdoberfläche in chemiſcher Verbindung, in den Bodenkonſtituenten, den Bodenporen oder in nichtkapillaren Zwiſchenräumen des Bodens vorhandene Waſſer.

Indem wir bezüglich des Verhaltens vom Boden zum Waſſer auf den Art. Bodenphyſik, Bd. 2, S. 115, III, verweiſen, ſei bemerkt, daß die chemiſchen Verbindungen des Waſſers mit andern Stoffen (wie z. B. Zeolith, Gips u. ſ. w.) auch als Konſtitutionswaſſer bezeichnet werden. Alle Bodenkonſtituenten haben je nach ihrer Beſchaffenheit ein gewiſſes Waſſeraufſpeicherungsvermögen (Bd. 2, S. 116); ſind ſie mit Waſſer geſättigt (Imbibition), ſo enthalten ſie ein Maximum, jederzeit aber bewahren ſie unter der Erdoberfläche ein Minimum von Waſſer (Bruchfeuchtigkeit). Während das Konſtitutionswaſſer der Mineralien nur bei etwaiger Umwandlung derſelben frei wird, geht die Waſſerquantität, die dem Unterſchiede zwiſchen dem maximalen und minimalen Waſſeraufſpeicherungsvermögen der Bodenkonſtituenten entſpricht, den letzteren zeitweiſe durch Verdunſtung oder Abfluß wieder verloren. Das abfließende Waſſer ſammelt ſich in den kapillaren oder nichtkapillaren Zwiſchenräumen der den Boden zuſammenſetzenden Elemente, ſtaut ſich bis zu einer gewiſſen Höhe an und gelangt entweder als fließendes Waſſer zur Erdoberfläche zurück (Quellen) oder wird durch die Vegetation abſorbiert bezw. durch Verdunſtung der Atmoſphäre zurückgeliefert. Das durch Verdunſtung den Bodenkonſtituenten verloren gegangene Waſſer wird entweder innerhalb des Bodens wieder kondenſiert oder geht mit der Bodenluft vereint in die Atmoſphäre über; im erſteren Falle bildet es ebenfalls einen Zufluß zu den in den kapillaren und nichtkapillaren Zwiſchenräumen des Untergrundes vorhandenen Waſſervorräten. Zu den letzteren gelangt auch das durch Regen ſowie die Schnee- und Eisſchmelze gelieferte, die Bodenoberfläche durchſickernde und das aus den offenen Gewäſſern durch kapillare und nichtkapillare Spalten einſickernde Waſſer. Endlich wird ein — wenn auch kleiner — Zufluß dadurch erzeugt, daß Waſſerdämpfe aus der atmoſphäriſchen Luft, die unterhalb der Erdoberfläche in den Bodenzwiſchenräumen zirkuliert und ſich dort abkühlt, zur Kondenſation gelangen.

In der Waſſerverſorgungstechnik verſteht man unter Grundwaſſer nur das in den kapillaren und nichtkapillaren Wegen zwiſchen den einzelnen Bodenpartikeln enthaltene, der ſtrömenden Bewegung fähige und flüſſig bleibende Waſſer. Die Entſtehung der Waſſeranſammlung iſt an die Bedingung geknüpft, daß eine undurchläſſige Schicht das Verſinken des Waſſers in die Tiefe hindert. Grundwaſſer und Oberflächenwaſſer ſtehen in untrennbarem Zuſammenhang. Verſinkende Oberflächengewäſſer geben Anlaß zu den mächtigſten Grundwaſſerſtrömungen. Anderſeits muß alles im Boden flüſſig bleibende Waſſer an irgend einer Stelle mit dem Oberflächenwaſſer wieder kommunizieren, wodurch ſich die Höhe der Anſammlung von ſelbſt reguliert. Es beſteht kein Unterſchied zwiſchen Grundwaſſer und Quellwaſſer; letzteres iſt nur zutage tretendes Grundwaſſer. Die Qualität wird beeinflußt von der Art der Entſtehung und der Beſchaffenheit des Grundwaſſerträgers, deſſen lösliche Beſtandteile vom Waſſer teilweiſe aufgenommen werden. Durchzieht das Waſſer im Untergrunde reine und gut filtrierende Bodenſchichten mit geringer Geſchwindigkeit, ſo iſt daſſelbe ſtets keimfrei; dieſe letztere Eigenſchaft fehlt jenem Grundwaſſer, das in nichtkapillaren Spalten fließt und durch Zugänge geſpeiſt wird, die keine ſolche Filtration durchmachen. Häufig befinden ſich im Untergrunde mehrere übereinander liegende Anſammlungen von Grundwaſſer, in größerer oder geringerer Ausdehnung voneinander durch undurchläſſige Zwiſchenlagerungen getrennt (ſogenannte Waſſerſtockwerke). Die vielfach verbreitete Anſchauung, daß das Waſſer aus den tiefer gelegenen Stockwerken viel beſſer ſei als jenes aus den überliegenden, iſt erfahrungsgemäß eine irrige; auch hier entſcheiden nur die Beziehungen zwiſchen der Art des Waſſerzugangs und der Filtrationsfähigkeit und ſonſtigen Beſchaffenheit des Grundwaſſerträgers. In ſehr umfaſſender Weiſe hat Fodor [1] die überaus wichtigen Beziehungen zwiſchen Boden und Grundwaſſer auseinandergeſetzt, worauf wir verweiſen; dort finden ſich alle nötigen Literaturangaben. Die Anſichten über den Einfluß des Schwankens der Grundwaſſerwelle auf den Geſundheitszuſtand der Bewohner des Bodens über derſelben ſind hier kritiſch zuſammengefaßt ([1], S. 91 ff.).

Für Zwecke der Waſſerverſorgung iſt das Grundwaſſer von hervorragender Bedeutung. Die in der Natur vorhandenen Mengen ſind beſonders in den Alluvionen der Flüſſe ſehr große; durch die ſogenannte natürliche Filtration findet auch Flußwaſſer Zugang zu den im allgemeinen vom Lande gegen die offenen Waſſerläufe gerichteten Grundwaſſerſtrömungen. Ueber den Zuſammenhang ſ. [2], S. 232 ff., und [3]. Grundwaſſer wird manchmal — ebenfalls zu Zwecken der Waſſerverſorgung — durch Berieſelung größerer Flächen aus offenen Waſſerläufen künſtlich erzeugt [2], S. 353 ff.

In der Regel iſt das Grundwaſſer durch längeres Verweilen im Boden geklärt und hat infolgedeſſen auch — von natürlich filtrierten Flußwäſſern abgeſehen — eine innerhalb geringer Amplituden ſchwankende Temperatur ſowie einen mehr oder weniger großen Gehalt an Kohlenſäure.

Literatur: [1] v. Fodor, Die Hygiene des Bodens, Handb. d. Hygiene, Bd. 1, S. 45—246, Jena 1896. — [2] Lueger, O., Die Waſſerverſorgung der Städte, Darmſtadt 1895. — [3] Derſ., Die Bewegungen des Grundwaſſers in den Alluvionen des Flußgebietes, Stuttgart 1883. *Lueger.*

Grundwaſſerbewegung, ſ. Grundwaſſerſtrom.

Grundwaſſerreſervoir, der Träger der unter der Erdoberfläche verwahrten Anſammlungen flüſſigen Waſſers.

Grundwaſſerſtrom. In dem von kapillaren und nichtkapillaren Zwiſchenräumen durchzogenen Untergrund exiſtieren Lagerungen, nach denen ſehr poröſe und zerklüftete Schichten oder Trümmerformationen (Gerölle) ſich über nahezu undurchläſſigen befinden; über den letzteren ſtaut ſich das abgeſunkene und im Boden kondenſierte [1] Waſſer an, zunächſt alle Hohlräume der Ueberlagerung unter Vertreibung der Bodenluft anfüllend, die umfluteten Bodenkonſtituenten ſättigend und eine beſtimmte Spiegellage herſtellend. Man nennt dieſes Waſſer Grundwaſſer (ſ. d.). Iſt eine Kommunikation mit tiefer gelegenen und ebenfalls von Zwiſchenräumen durchzogenen Gebirgsteilen möglich, ſo vollzieht ſich durch dieſe Zwiſchenräume ein Abfließen, genau ſo wie bei den Tagwaſſern (vgl. Hydraulik). Das ſo abfließende Waſſer nennt man einen Grundwaſſerſtrom.

Geſchieht das Abfließen in der Weiſe, daß unzählige Wege für dieſen Abfluß nebeneinander liegen und miteinander kommunizieren, ſo iſt die Oberfläche des Grundwaſſers eine zuſammenhängende, gegen das Abflußgebiet hin geneigte Welle, deren Form ſich durch Abſenkung von Bohrſchalen oder Brunnen und Aufnahme des Waſſerſtandes in denſelben feſtſtellen läßt. Bei dem fortwährenden Wechſel in der quantitativen Entwicklung flüſſigen Waſſers im Untergrunde wird auch ein dementſprechender Wechſel in der Geſtalt dieſer Welle ſtattfinden: ſie wird ſtärker gegen die Horizontale geneigt ſein, wo die Waſſermengen oder die Widerſtände bei gleichbleibendem Querſchnitte größer werden, und umgekehrt. Geſchieht der Abfluß ſo, daß der Weg, den das Waſſer nimmt, von nahezu undurchläſſigen Schichten vollſtändig umhüllt wird, es ſich alſo in einer, wenn auch im Querſchnitt und Längenprofil unregelmäßig geſtalteten und mehr oder weniger mit poröſem Material erfüllten Röhre bewegt, ſo hat man es mit einem artefiſchen Strom zu tun. So wie der letztere von einem Grundwaſſerſtrom ausgeht, ſo kann er ſich auch wieder in einen ſolchen ergießen; ebenſowohl kann Ausgang und Erguß von bezw. in Oberflächengewäſſer ſtattfinden.

Eine theoretiſche Verfolgung des Grundwaſſerverlaufes läßt ſich nur ermöglichen, wenn über die Beſchaffenheit des Grundwaſſerträgers beſtimmte Vorausſetzungen gemacht werden. Betrachtet man den letzteren als homogenes Material, z. B. als Gerölle von kleiner und gleicher Korngröße, ſo darf für die Grundwaſſerbewegung die Beziehung $u = k \cdot \alpha$ angenommen werden, unter u die Strömungsgeſchwindigkeit, α das ſpezifiſche Gefälle und k einen von der Korngröße abhängigen Erfahrungskoeffizienten verſtanden. Da die Oberfläche der Grundwaſſerwelle im allgemeinen keine Ebene iſt, ſo wird ein in der Strömungsrichtung durch dieſelbe gelegter Vertikalſchnitt eine Kurve (Spiegellinie, Staukurve) ergeben, deren ſpezifiſches Gefälle $\alpha = dz : dx$, d. h. nur auf unendlich kleiner Strecke, als konſtant angeſehen werden darf. Iſt ſodann F der waſſerdurchlaſſende Querſchnitt des Grundwaſſerſtromes, Q die pro Sekunde durchfließende Waſſermenge, ſo muß ſein:

$$u = Q : F = k \frac{dz}{dx}. \qquad 1.$$

Betrachtet man — wie in der Regel — eine konſtante Waſſermenge Q als durchfließend, ſo ergibt ſich die vorhin gedachte Kurve nur dann als eine gerade Linie von der Gleichung:

$$z = bx, \qquad 2.$$

wenn F konſtant, alſo $b = Q : kF$ angenommen wird und $x = o$, $z = o$ zuſammengehörige Kurvenpunkte ſind. — Erfolgt der Ausguß des Grundwaſſers in ein offenes Gewäſſer, ſo darf, ſofern die undurchläſſige Schicht nicht über die Sohle des letzteren aufragt (ſ. unten), der für den gleichmäßigen Durchfluß nutzbare waſſerdurchlaſſende Querſchnitt (ſ. unten) $F = \varphi l (h + z)$ geſetzt werden, wobei (Fig. 1) h die Waſſertiefe des offenen Gewäſſers, l die Breite der Grundwaſſerſtrömung, die in Betracht kommt, und φ ein Koeffizient iſt, der das Verhältnis zwiſchen dem geometriſchen Querſchnitt des Grundwaſſerſtromes $l (h + z)$ und dem waſſerdurchlaſſenden angibt (φ ſchwankt in der Regel zwiſchen 0,20 und 0,40 und iſt im übrigen identiſch mit dem Verhältnis von Porenvolumen zu Geſamtvolumen, ſ. Bodenphyſik, Bd. 2, S. 111). Bei konſtantem Q entſteht dann aus 1. die Beziehung:

$$z = \sqrt{h^2 + \frac{2Qx}{\varphi l k}} - h, \qquad 3.$$

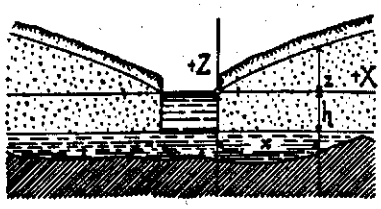


Fig. 1.

welche Gleichung eine Parabel darſtellt. Bei andern Beziehungen zwiſchen F und x [2], S. 128 ff., ergeben ſich andre Kurven. Das Gemeinſame derſelben iſt nur ein kontinuierliches Gefälle gegen den offenen Rezipienten.

Die Fälle, auf welche die Gleichungen 2. und 3. oder ähnliche für die ganze Ausdehnung der Bewegung angewendet werden können, ſind ſelten. Meiſtens iſt der Verlauf der Strömung nur auf kurze Strecken (Abſchnitte) derartig, daß man das Korn des Trägers und den waſſerdurchlaſſenden Querſchnitt daſelbſt konſtant annehmen darf. Man bedient ſich dann in dieſen Abſchnitten der Gleichung 2. und erhält ein Polygon, deſſen Seiten als Tangenten an die Schnittkurve mit der Grundwaſſerwelle anzuſehen ſind. Dabei iſt beſonders auf die richtige Beſtimmung des nutzbaren Querſchnitts zu achten. Bei einem gewöhnlichen Grundwaſſer-

ſtrom mit freier Oberflächenwelle und Erguß in ein offenes Gewäſſer, wie in Fig. 2 dargeſtellt, ſind für die waſſerdurchlaſſenden Querſchnitte die Höhen h_0, h_1, h_2, h_3 und h_4 maßgebend, da der horizontal ſchraffierte Teil des Grundwaſſers in Ruhe bleibt, wenn die ſchräg ſchraffierte, undurchläſſige Schicht beſteht. Liegt dagegen ein artefiſcher Strom vor (Fig. 3), ſo ſind die abſoluten Maße h_0, h_1, h_2, h_3, h_4 bezw. die daſelbſt vorhandenen Profile für die Berechnung des waſſerdurchlaſſenden Querſchnittes entſcheidend. Das Stromgefälle wird, wie bei der Bewegung in einem Rohr, durch die disponibeln Druckhöhen angegeben, auf die ſich der Waſſerſpiegel in einer durch die obere undurchläſſige Schicht bis zum Strom abgetriebenen Bohrſchale erheben würde (vgl. Druckhöhe, Bd. 3, S. 123) Legt man durch eine große Zahl der Spiegel ſolcher Bohrſchalen eine Fläche, ſo iſt dieſe für den artefiſchen Strom von gleicher Bedeutung wie die Grundwaſſerwelle für den offenen Grundwaſſerſtrom [2], S. 140. Für irgend welchen Vertikalſchnitt ergibt ſich die entſprechende Spiegellinie oder Staukurve wie dort; auch müßte, wenn die Querſchnitte F des artefiſchen Rohres ſowie k bekannt ſind und für kurze Strecken durch Mittelwerte erſetzt werden, nach Gleichung 2. in dem gedachten Vertikalſchnitt aus den berechneten Spiegelgefällen ſich ein Polygon ergeben, das ſich der gedachten Spiegellinie anſchließt.

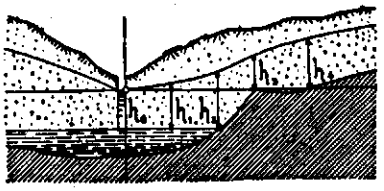


Fig. 2.

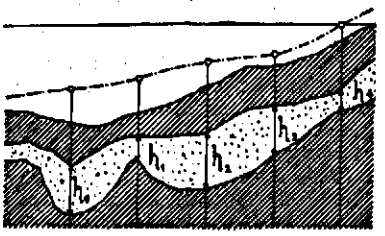


Fig. 3.

Man iſt in der Lage, durch Bohrungen die Oberfläche der Grundwaſſerwelle zu ermitteln und durch einen Höhenſchichtenplan für einen beſtimmten Zeitpunkt darzuſtellen. Die Geſtalt der Welle geſtattet unbedingt ſichere Schlüſſe auf die Strömungsrichtung. Das Gefälle nach der letzteren würde bei bekanntem k und bekannter Tiefe des Durchflußquerſchnittes bezw. einer beſtimmten Breite des letzteren auch die Waſſermenge zu berechnen geſtatten. Die Kenntnis von k wird erlangt durch eine Bohrung, welche die Beſchaffenheit des Grundwaſſerträgers genügend klarlegt; auch über den Koeffizienten φ gibt die Bohrung Klarheit; ebenſo über die nutzbare Tiefe des Durchflußquerſchnittes, ſofern bis zur undurchläſſigen Schicht abgebohrt wurde bezw. die Sohlenlage des Rezipienten, in den der Grundwaſſerſtrom einfließt, bekannt iſt.

Leider ſind Grundwaſſerſtrömungen in Trägern von annähernd gleicher Korngröße ſelten. Das Korn wechſelt ebenſo häufig wie die nutzbare Tiefe des Durchflußquerſchnittes. Man muß alſo, um die von einer Strömung geführte Waſſermenge auf dem eben gedachten Wege berechnen zu können, meiſt eine große Zahl von Bohrungen vornehmen, deren Koſten ſehr bedeutend werden. Die Feſtſtellung des Koeffizienten k erfolgt bei ganz reinen Sanden mit reinem Waſſer durch die gleiche Vorrichtung, die wir S. 27 in Fig. 1 dargeſtellt haben. Zunächſt wird der waſſerdurchlaſſende Querſchnitt ermittelt, indem man φ, d. h. das Verhältnis von Porenvolumen zu Geſamtvolumen, beſtimmt. Füllt man ein Literglas mit dem betreffenden, etwa bruchfeuchten Grundwaſſerträger und gießt ſodann ſehr langſam Waſſer zu, bis daſſelbe alle Luft aus den Poren vertrieben hat und mit der oberen Sandfläche bündig ſteht, ſo iſt das zugegoſſene Waſſerquantum gleich dem Porenvolumen im Liter. Ferner iſt, unter F_0 den geometriſchen Horizontalſchnitt des Gefäßes verſtanden:

$$u = Q : \varphi F_0 = k \alpha = k H : h, \text{ alſo } k = Q h : \varphi F_0 H_0,$$

wenn im übrigen die Bezeichnungen aus der Fig. 1, S. 27, beibehalten werden.

Berechnet man die Waſſermenge Q_1, die bei einer Filterfläche $F_0 = 1$ durch das Verſuchsfilter geht, ſo erhält man die von Forchheimer [4] mit Durchläſſigkeit bezeichnete Größe, wenn der Höhenabſtand H gleich der Filterdicke h geworden iſt. Nach der vorhergehenden Formel wird dann $Q_1 = k \varphi$. Der Name Durchläſſigkeit für $k \varphi$ iſt inzwiſchen auch von andern aufgenommen worden, weshalb er hier erwähnt ſei. Manche bezeichnen auch das Verhältnis $v : \alpha$ als Durchläſſigkeit; in dieſem Falle iſt die Filtergeſchwindigkeit $v = Q : F_0$ angenommen, hat alſo eine etwas andre Bedeutung, die ſich in der Beziehung $u = \varphi v$ ausdrückt. Selbſtverſtändlich iſt ſeither Geſchwindigkeit, Waſſermenge und Durchläſſigkeit ſtets auf die Zeiteinheit bezogen worden; vielfach iſt es auch üblich — da man es mit ſehr kleinen Größen zu tun hat —, alles auf den Zeitraum von 24 Stunden zu beziehen.

Die Größe φ, die das Verhältnis des Porenvolumens zum Geſamtvolumen ausdrückt (vgl. Bodenphyſik, Bd. 2, S. 111, 1, 5), iſt je nach den Lagerungsverhältniſſen der Bodenteilchen verſchieden. In der Unterſtellung, daß der Boden aus kugelförmigen Teilchen gleichen Durchmeſſers d beſtehe, iſt nach umfaſſenden amerikaniſchen Verſuchen und Studien über Grundwaſſerbewegung [5] für Waſſer von 10° C. die Geſchwindigkeit $v = u : \varphi$ allgemein:

$$v = \frac{6714 \cdot d^2 \alpha}{86400 \cdot c} \text{ pro Sekunde oder } = \frac{6714 \cdot d^2 \alpha}{c} \text{ in 24 Stunden.}$$

In dieſer Formel bedeutet d den Korndurchmeſſer in Millimetern, α das ſpezifiſche Gefälle des Grundwaſſerſpiegels und c einen Koeffizienten, der von φ abhängig iſt und untenfolgende Werte annimmt:

$\varphi = 0{,}26$	$c = 84{,}3$	$\varphi = 0{,}30$	$c = 52{,}5$	$\varphi = 0{,}34$	$c = 34{,}7$	$\varphi = 0{,}38$	$c = 24{,}1$	$\varphi = 0{,}42$	$c = 17{,}3$
0,27	73,4	0,31	47,1	0,35	31,6	0,39	22,1	0,43	16,0
0,28	65,9	0,32	42,4	0,36	28,8	0,40	20,3	0,44	14,8
0,29	58,9	0,33	38,4	0,37	26,3	0,41	18,7	0,45	13,7

Vergleichungen diefer Unterfuchungen, die Forchheimer in ausführlicher, mit zahlreichen Literaturangaben verfehener Abhandlung [4] mit jenen andrer Autoren angeftellt hat, laffen diefe Formel als vorzugsweife brauchbar erfcheinen.

Auf die Beweglichkeit des Grundwaffers hat nach [4] die Temperatur einen fehr großen Einfluß; bei einer Erhöhung der Temperatur von 10 auf 20° C. kann fich z. B. die Durchläffigkeit unter fonft gleichen Umftänden um mehr als 30% fteigern.

Durch kolloidale Subftanzen im Boden, Anhäufung und Auswafchung derfelben fowie feinerer Sande u. f. w. treten vielfach Aenderungen in den Gefchwindigkeiten der Grundwafferftrömung ein, die in [4] ebenfalls an Hand von Verfuchen befprochen find, worauf wir verweifen.

In der Praxis erfolgt die Ermittlung der Mächtigkeit einer Grundwafferftrömung in der Regel durch Verfuchsbrunnen, indem man diefen während längerer Zeit konftante Waffermengen entnimmt und die dadurch hervorgebrachten Depreffionen beobachtet; aus diefen Beobachtungen erhält man den Wert von $\varphi k = \frac{Q \log n \frac{R}{r}}{\pi [H_0^2 - (H_0 - s)^2]}$ (vgl. Brunnen, Bd. 2, S. 363, Gleichung 3.) und damit bei bekanntem α indirekt die mittlere Gefchwindigkeit der Grundwafferftrömung. Die letztere läßt fich auch direkt ermitteln, wenn in der Strömungsrichtung an einer Stelle z. B. Kochfalz zum Grundwaffer gefügt und an einer zweiten, um a entfernten Stelle durch eine Reihe von Entnahmen feftgeftellt wird, zu welcher Zeit der größte Salzgehalt des dort durchziehenden Waffers ftattgefunden hat. Ift T die Zahl der Sekunden, die vergangen find vom Zeitpunkte der Salzzugabe bis zu dem obenerwähnten Zeitpunkt des größten Salzgehaltes, fo wird $u = a : T$ die mittlere Strömungsgefchwindigkeit. Eine Multiplikation derfelben mit dem waffердurchlaffenden Querfchnitte ergibt fodann (allerdings nur in Vorausfetzung homogenen Materiales für den Grundwafferträger) die durchfließende Waffermenge.

In ähnlicher Weife wie aus Verfuchsbrunnen kann auch aus dem Zufluß zu Sammelkanälen (bezw. zu offenen Gewäffern) mit Hilfe von Gleichung 3. (f. oben) und von Beobachtungen der Grundwafferoberfläche der Wert von φk beftimmt werden.

Es ift im übrigen zu beachten, daß eine meßbare Bewegung fich nur im fogenannten Bodenfkelett (f. Bodenphyfik, Bd. 2, S. 109) vollzieht, während eine Lostrennung des Waffers von der Feinerde im wefentlichen nur durch Verdunftung oder Kapillaranziehung ftattfindet. Unter fonft gleichen Umftänden wird der Koeffizient k um fo kleiner, je zähflüffiger das Waffer ift und je mehr kolloidale Subftanzen fich im Grundwafferträger befinden. Bei ganz feinem Korn des letzteren gibt es eine beftimmte Lage der Grundwafferwelle (d. h. ein Minimalgefälle α), in der das Grundwaffer überhaupt aufhört, im gewöhnlichen Sinne abzufließen; in diefer Lage reicht das Gefälle nicht aus, die Adhäfion des Waffers an den Trägerkonftituenten in meßbarer Zeit zu überwinden. Mit Rückficht auf diefe Nebenumftände ift die vielfach gemachte [3] allgemeine Angabe zu verftehen, daß die Gefchwindigkeit des Grundwaffers von 0 bis 50 m in 24 Stunden, d. h. von $u = 0$ bis $u = 0{,}0006$ m pro Sekunde, fchwanke. Im übrigen ift bei der technifchen Ausnutzung des Grundwaffers die Gefchwindigkeit, die fich durch künftlich herbeigeführte Gefällslagen des Spiegels beherrfchen läßt, begrenzt durch die Bedingung, daß die Steigerung nicht über das Maß hinausgehen darf, bei dem das ftrömende Waffer feinen Träger mit in die Bewegung hineinzieht. Die Feftftellung diefes Maßes durch das Experiment bietet keinerlei Schwierigkeiten.

Befteht der Grundwafferträger aus Steinen (f. Bodenphyfik, Bd. 2, S. 109), fo find die im vorftehenden angegebenen theoretifchen Anfchauungen über die Bewegung nicht mehr anwendbar; noch weniger zutreffend find diefelben, wenn die Bewegung in nichtkapillaren Spalten des Untergrundes ftattfindet. Es ift aber nicht felten, daß fich folche fteinige Einlagerungen, Spalten, Klüfte u. f. w. im Untergrunde vorfinden, und die Waffervorforgung verdankt denfelben in vielen Fällen ergiebige Bezugsquellen. Die Auffchließung von großen Grundwafferquellen in den verfchiedenen, der Alluvion oder dem Diluvium nicht angehörigen Gebirgsformationen gründet fich faft ohne Ausnahme auf das Vorhandenfein folcher unterirdifcher natürlicher Drainagen. Ihre Auffindung erfolgt auf dem Wege der Spekulation und durch Bohrungen, ift alfo mehr oder weniger eine zufällige. Es ift im übrigen von erheblicher Bedeutung, auch in folchen Fällen Richtung und ungefähre Mächtigkeit des Grundwafferftromes feftzuftellen: die erftere, um zu erfahren, aus welchen Gebieten das Grundwaffer ftammt, die zweite, um zu entfcheiden, ob die Menge für die Benutzungszwecke ausreicht. Zur Feftftellung der Strömungsrichtung find mindeftens drei Bohrlöcher und gleichzeitige Spiegelbeobachtungen in denfelben erforderlich; die Mächtigkeit der Strömung wird durch Pumpverfuche, eventuell durch natürliche Wafferableitung erwiefen. — Je nachdem das die Infiltrationen aufnehmende Grundwafferrefervoir von feinen Vorräten abgibt oder diefe ergänzt bezw. je nachdem der Abfluß kleiner oder größer als der durch Infiltrationen erfolgende Zugang ift, findet eine Senkung oder Erhebung der Spiegeloberfläche, d. h. ein Schwanken der Grundwafferwelle, ftatt. Die Schwankungen find um fo geringer, je größer das Grundwafferrefervoir bezw. deffen Porenvolumen ift, und umgekehrt.

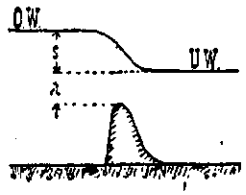
Literatur: [1] Volger, O., Die wiffenfchaftliche Löfung der Wafferfrage, Frankfurt a. M. 1877. — [2] Lueger, O., Die Waffervorforgung der Städte, Darmftadt 1895, Bd. 1, S. 123 ff.; Derf., Theorie der Bewegung des Grundwaffers u. f. w., Stuttgart 1883. — [3] Weyl, Th., Handbuch der Hygiene, Jena 1896, Bd. 1, S. 91. — [4] Forchheimer, Th., Waffer bewegung durch Boden, Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ingen. 1901, Bd. 45. — [5] Nineteenth Annual Report of the United States Geological Survey, 1897/98, Bd. 2, Papers chiefly of a theoretic nature, Waffington 1899, S. 322. — In [2]—[5] fehr umfaffende weitere Literaturangaben. *Lueger.*

Grundwafferwelle, f. Grundwafferftrom.

Grundwehr (unvollkommenes Wehr) ist ein Wehr mit sogenanntem unvollkommenen Ueberfall, dessen Krone um a tiefer als der umgestaute Wasserspiegel, der Unterwasserspiegel, liegt (s. die Figur).

In der der Stauhöhe s entsprechenden Schichte, deren Länge gleich der Wehrkronenlänge l, fließt das Wasser wie bei einem vollkommenen Ueberfallwehre mit einem Ausflußkoeffizienten μ; in der Schichte a erfolgt der Ausfluß unter Wasser, hierzu der Ausflußkoeffizient μ_1. Ist mit Rücksicht auf eine mehr als 0,5 m vor dem Wehre betragende Geschwindigkeit $k = \frac{v^2}{2g}$ (s. Grundablaß), so berechnet sich die über das Grundwehr fließende sekundliche Wassermenge Q aus:

$$Q = \tfrac{2}{3}\mu l\sqrt{2g}\left[(s+k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}}\right] + \mu_1 a l\sqrt{2g(s+k)}.$$



Hierbei ist nach Wex [1], wenn s zwischen 0,19—0,34 m,

$$\tfrac{2}{3}\mu = 0{,}4001 + \frac{0{,}00316}{s} + 0{,}00048\,l,$$

$\mu_1 = 0{,}5274 + 0{,}00048\,l$, und für größere Werte von s:

$$\tfrac{2}{3}\mu = 0{,}4001 + \frac{0{,}00244}{s} + 0{,}00048\,l,\quad \mu_1 = 0{,}5346 + 0{,}00048\,l.$$

Es soll aber stets sein: $\frac{2}{3}\mu < 0{,}57$, $\mu_1 < 0{,}80$.

Literatur: [1] Wex, Hydrodynamik, Leipzig 1888, S. 138, 139.

Grundwelle, eine aus ihrer Umgebung mehr oder minder überhöhte, auf der Vorderseite manchmal bis zum Branden steil gewordene Meereswelle.

Dieselben entstehen an selbst weit von der Küste entfernten oder im offenen Meere vorkommenden, namentlich steil sich erhebenden Untiefen, indem sich daran die tiefer gehenden Wellen stoßen und in die Höhe gedrängt werden. *Günther.*

Grundwerk, aus mehreren Schneiden oder Messern bestehende Vorrichtung, die bei der Papierfabrikation (s. d.) in den sogenannten Kropf des Holländers (s. d.) eingesetzt wird und mit der rotierenden Messerwalze gemeinschaftlich die Zerfaserung der Hadern bewirkt. *Kraft.*

Grundzangen dienen zum Hervorholen kleinerer Gegenstände aus Baugruben u. dergl. Sie werden entweder mittels Kette (Fig. 1) oder mittels Stiels (Fig. 2) gehandhabt. *Schmitt-Darmstadt.*

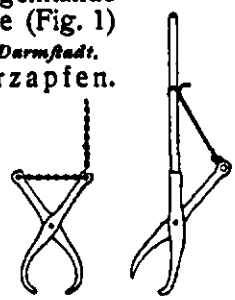


Fig. 1. Fig. 2.

Grundzapfen, am Fußende stehender Wellen, s. Spurzapfen.

Grupen (Grippen), s. Rindviehställe.

Gruppe, s. Gruppentheorie.

Gruppenantrieb, s. Kraftübertragung, elektrische.

Gruppenbremsen, s. Bremsen, Bd. 2, S. 264.

Gruppenfeuer, eine nur bei Blink- und Blitzfeuern (s. d.) vorkommende Abart, die darin besteht, daß mehrere durch kurze Verdunklungen voneinander getrennte Blinken oder Blitze zu Gruppen vereinigt werden, auf welche stets eine längere Dunkelpause folgt; s. Leuchtfeuer. *von Nießen.*

Gruppenkolben ermöglichen beim hydraulischen Kranbetrieb veränderlichen Wasserverbrauch für veränderliche Lasten. Näheres s. Krane.

Gruppenschalter, s. Umschalter.

Gruppenschläger, Läutewerke, die bei der Auslösung eine bestimmte Zahl — Gruppe — von Schlägen geben und sich dann selbsttätig hemmen. S. Läutewerke im Eisenbahnwesen. *Köchy.*

Gruppentheorie. Als Gruppe wird ein Komplex mathematischer Operationen bezeichnet, wenn er so beschaffen ist, daß die Aufeinanderfolge je zweier dieser Operationen immer durch eine ebenfalls dem Komplex angehörige dritte Operation ersetzt werden kann.

Diskontinuierliche Gruppen sind solche, bei welchen je zwei Operationen endlich verschieden sind. Die endlichen diskontinuierlichen Gruppen enthalten eine endliche Anzahl von Operationen; dieselben können als Vertauschungen (Permutationen) von irgend welchen Elementen $x_1 x_2 \ldots x_r$ in einer Funktion derselben $\varphi(x_1 x_2 \ldots x_r)$ aufgefaßt werden. Diese Permutationsgruppen heißen gewöhnlich Substitutionsgruppen, indem man die Permutation als Folge einer Substitution ansieht. In jeder Gruppe ist die identische Substitution enthalten. Die Zahl n der zu vertauschenden Elemente heißt Grad, die Zahl r der zur Gruppe gehörigen Substitutionen Ordnung der Substitution. Zu jeder Gruppe gehört eine Funktion der Elemente, welche bei jeder Substitution der Gruppe ungeändert bleibt und umgekehrt. In diesem Sinne gehört zu jeder symmetrischen Funktion der Elemente die aus allen Permutationen derselben bestehende symmetrische Gruppe; zu jeder alternierenden Funktion, d. h. zur Quadratwurzel aus irgend einer symmetrischen Funktion, gehört die alternierende Gruppe, aus der Hälfte aller mög-

lichen Permutationen beſtehend. Zur Funktion $x_1 x_2 + x_3 x_4$ gehört die Gruppe $G = \begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_1 x_2 x_3 x_4 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_2 x_1 x_3 x_4 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_1 x_2 x_4 x_3 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_2 x_1 x_4 x_3 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_3 x_4 x_1 x_2 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_3 x_4 x_2 x_1 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_4 x_3 x_1 x_2 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_4 x_3 x_2 x_1 \end{pmatrix}$; ſie iſt vom Grad 4 und der Ordnung 8. Eine Gruppe heißt tranſitiv, wenn man vermittelſt ihrer Subſtitutionen an die Stelle irgend eines Elements jedes beliebige andre bringen kann, z. B. die Gruppe $G_2 = \begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_1 x_2 x_3 x_4 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_2 x_1 x_4 x_3 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_3 x_4 x_1 x_2 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_4 x_3 x_2 x_1 \end{pmatrix}$, andernfalls intranſitiv, z. B. die Gruppe $G_3 = \begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_1 x_2 x_3 x_4 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_2 x_1 x_4 x_3 \end{pmatrix}$. Eine tranſitive Gruppe heißt imprimitiv, wenn die Elemente derart in Syſteme von gleichviel Elementen zerlegt werden können, daß alle Subſtitutionen der Gruppe die Elemente eines Syſtems entweder nur unter ſich vertauſchen oder alle durch diejenigen eines einzigen andern Syſtems erſetzen; andernfalls heißt ſie primitiv. Die Gruppe G_1 iſt imprimitiv mit den Syſtemen $x_1 x_2$ und $x_3 x_4$. Die Subſtitutionen, welche nur die Elemente der Syſteme unter ſich vertauſchen, bilden eine Untergruppe der Gruppe (z. B. die vier erſten Subſtitutionen von G_1 bilden eine Untergruppe). Iſt 1 (d. h. die identiſche Subſtitution) $s_1 s_2 \ldots$ eine Gruppe, σ eine nicht zu ihr gehörige Subſtitution, ſo bilden die Subſtitutionen $1;\ \sigma^{-1} s_1 \sigma;\ \sigma^{-1} s_2 \sigma; \ldots$ eine zur erſteren ähnliche Gruppe und heißen die aus derſelben durch Transformation mittels σ entſtandenen Subſtitutionen. Bleibt eine Subſtitution s ungeändert bei Transformation mittels σ, ſo iſt $s\sigma = \sigma s$, die Subſtitutionen heißen vertauſchbar. Zwei Gruppen G_r und G_s heißen vertauſchbar, wenn jede Subſtitution von G_r bei Transformation mittels einer Subſtitution von G_s wieder in eine Subſtitution von G_r übergeht und umgekehrt. Eine Untergruppe, die mit der Hauptgruppe vertauſchbar iſt, heißt ausgezeichnete Untergruppe; eine Gruppe, welche eine ſolche beſitzt, heißt zuſammengeſetzt, ſonſt einfach, z. B. iſt die obengenannte Gruppe G_8 eine ausgezeichnete Untergruppe der ſymmetriſchen Gruppe. Sind in zwei Gruppen G_r und G_s jeder Subſtitution von G_r λ ſolche von G_s, jeder von G_s eine von G_r derart zugeordnet, daß jedem Produkt zweier Subſtitutionen von G_r das Produkt der entſprechenden in G_s zugeordnet iſt, ſo heißen G_r und G_s iſomorph, und zwar holoedriſch oder meroedriſch, je nachdem $\lambda \gtreqless 1$, z. B. ſind $G_r = \begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_1 x_2 x_3 x_4 \end{pmatrix}$; $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_3 x_1 x_3 x_4 \end{pmatrix}$ und $G_s = \begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_1 x_2 x_3 x_4 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_2 x_1 x_4 x_3 \end{pmatrix}$; $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_3 x_4 x_1 x_2 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} x_1 x_2 x_3 x_4 \\ x_4 x_3 x_2 x_1 \end{pmatrix}$ meroedriſch iſomorph. Die Subſtitutionen von G_s, welche einer beſtimmten Subſtitution von G_r zugeordnet ſind, bilden eine ausgezeichnete Untergruppe von G_s.

Die Subſtitutionsgruppen ſpielen in der Theorie der Gleichungen eine Hauptrolle (namentlich ſind ſie wichtig für die algebraiſche Auflösbarkeit derſelben). Unendliche diskontinuierliche Gruppen kommen in der Funktionentheorie vor; Beiſpiele ſind die Perioden der goniometriſchen und elliptiſchen Funktionen; ferner gehören hierher die automorphen (Fuchsſchen) Funktionen, welche bei gewiſſen linearen Subſtitutionen des Arguments ihren Wert nicht ändern (ſ. [10]).

Kontinuierliche Gruppen (Transformationsgruppen) beziehen ſich auf Operationen (Transformationen) mit unendlich vielen Elementen. Es iſt in jeder derſelben eine infinitеſimale Transformation enthalten, durch welche jedes Element in ein unendlich benachbartes übergeführt wird. Als Elemente betrachtet man gewöhnlich Punkte in einem n-fach ausgedehnten Raum, welche durch die Transformationen der Gruppe in andre Punkte übergeführt werden. Bei den endlichen kontinuierlichen Gruppen ſind die neuen Koordinaten der Punkte beſtimmte Funktionen der alten Koordinaten und einer Anzahl von Parametern. Eine Gruppe mit r Parametern heißt r-gliedrig. Im folgenden werden Gruppen mit zwei Veränderlichen (ebene Gruppen) näher beſprochen. Iſt $x_1 = x + \xi(x, y)\, dt$; $y_1 = y + \eta(x, y)\, dt$ die infinitеſimale Transformation einer eingliedrigen Gruppe mit dem Parameter t und ſetzt man $X(f) = \xi \frac{\partial f}{\partial x} + \eta \frac{\partial f}{\partial y}$, ſo ſind

$$x_1 = x + \frac{1}{1} X(\xi) + \frac{1}{1 \cdot 2} X[X(\xi)] + \ldots \qquad y_1 = y + \frac{1}{1} X(\eta) + \frac{1}{1 \cdot 2} X[X(\eta)] + \ldots$$

die endlichen Gleichungen der Gruppe. Die Transformationen der Gruppe führen jeden Punkt (x, y) in die Punkte $x_1 y_1$ einer Kurve über, deren Gleichung (in $x_1 y_1$) man durch Elimination von t aus den endlichen Gleichungen erhält, wenn x und y beſtimmte Werte haben. Es entſteht hierdurch ein Syſtem von unendlich vielen Kurven (Bahnkurven), die bei allen Transformationen der Gruppe unverändert bleiben. Außer dieſen Bahnkurven gibt es noch andre invariante Kurvenſyſteme derart, daß jede Kurve des Syſtems durch irgendeine Transformation der Gruppe in eine andre Syſtemkurve übergeführt wird. Iſt $M\,dx + N\,dy = 0$ die Differentialgleichung eines ſolchen Kurvenſyſtems, ſo geſtattet dieſe die infinitеſimale Transformation $X(f)$ und dann iſt $\frac{1}{M\eta - N\xi}$ der integrierende Faktor, der die Differentialgleichung zu einer exakten macht (ſ. Differentialgleichungen I, a, δ und ζ). Eine zweigliedrige Gruppe $x_1 = f(x_1 y_1 a_1 a_2)$; $y_1 = \varphi(x_1 y_1 a_1 a_2)$ iſt tranſitiv, wenn jeder Punkt in jede Lage durch irgend eine Transformation übergeführt werden kann, wenn alſo die beiden Gleichungen nach den Parametern aufgelöſt werden können; z. B. die Gruppe G: $x_1 = a_1 (x \cos a_2 - y \sin a_2)$; $y_1 = a_1 (x \sin a_2 + y \cos a_2)$. Sie iſt intranſitiv, wenn beide Parameter eliminiert werden können, z. B. $x_1 = x + a_1 + a_2$; $y_1 = e^{a_1} \cdot ey + a^2$. In letzterem Falle beſitzt auch eine zweigliedrige Gruppe Bahnkurven. Läßt ſich bei einer tranſitiven Gruppe ein Kurvenſyſtem angeben derart, daß bei jeder Transformation alle Punkte einer Syſtemkurve entweder nur unter ſich

vertauſcht oder alle in Punkte einer andern Syſtemkurve übergeführt werden, ſo heißt die Gruppe imprimitiv (z. B. die Gruppe G, für welche $x^2+y^2=$ const. und $\frac{x}{y}=$ const. ſolche Kurvenſyſteme ſind), andernfalls primitiv. Beſondere Gruppen ſind diejenigen der Translationen, der Drehungen, die affine Gruppe. Ueber Transformationsgruppen im Raum ſ. [7], Abt. 3; über Gruppen mit n Veränderlichen ſ. [6], 1. Abſchn.; über Gruppen von Berührungstransformationen ſ. [6], 2. Abſchn. Bei unendlichen kontinuierlichen Gruppen kommen in den Ausdrücken der neuen Veränderlichen durch die alten willkürliche Funktionen vor.

Literatur: Von den angeführten Werken beziehen ſich [1]—[3] auf Subſtitutionsgruppen, [4], [5] und [10] auf automorphe Funktionen, [6]—[8] auf endliche Transformationsgruppen (wobei [6] für Vorgerücktere beſtimmt iſt), [9] auf unendliche kontinuierliche Gruppen. — [1] Netto, E., Subſtitutionentheorie und ihre Anwendungen auf die Algebra, Leipzig 1882. — [2] Serret, Handbuch der höheren Algebra, deutſch von Wertheim, 2. Aufl., II, 4. Abt., Leipzig 1879. — [3] Jordan, Traité des substitutions et des équations algébriques, Paris 1870. — [4] Forſyth, A. R., Theory of functions of a complex variable, Kap. 21—22, Cambridge 1893. — [5] Biermann, O., Theorie der analytiſchen Funktionen, Kap. 7, 2. Abſchn., Leipzig 1887. — [6] Lie, S., Theorie der Transformationsgruppen, I—III, Leipzig 1888—93. — [7] Derſ., Vorleſungen über Differentialgleichungen mit bekannten Infinitеſimalen Transformationen, herausg. von Scheffers, Leipzig 1891. — [8] Derſ., Vorleſungen über kontinuierliche Gruppen, herausg. von Scheffers, Leipzig 1893. — [9] Derſ., Unterſuchungen über unendliche kontinuierl. Gruppen, Chriſtiania 1895. — [10] Fricke, A., und Klein, F., Vorleſungen über die Theorie der automorphen Funktionen, I—V, Leipzig 1897—1901. *Wölffing.*

Grus, ſ. Sand.

Gruskohle, ſ. Brennſtoffe, Bd. 2, S. 288.

Gruſonmetall, ſ. Hartguß.

Guajakharz, Resina Guajaci, von dem weſtindiſchen Baum Guajacum officinale *L.* ſtammend, kommt von der Inſel Gonaive bei Port-au-Prince (Haïti) in unſern Handel, zumeiſt als Guajakharz in Maſſen (Guajacum in massis), das durch Ausſchmelzen gewonnen wird. Die der Länge nach durchbohrten Holzſtücke werden am Feuer erwärmt, das abfließende Harz in Kalebaſſen geſammelt; ſeltener wird es durch Auskochen des zerkleinerten Holzes mit Salzwaſſer gewonnen.

Es bildet verſchieden große dunkelgrüne oder bräunliche, grünlich beſtäubte, ſtets ſpröde, am Bruch ſtark glasglänzende Stücke; das friſche Pulver iſt ſchmutzig weiß und wird bald grün; ſpez. Gew. 1,25. — Bei 95° ſchmilzt es und riecht etwas nach Benzoe; Geſchmack ſcharf kratzend. Löslich in Aether, Alkohol, Chloroform, Alkalien mit brauner Farbe. Eine hervorragende Eigenſchaft iſt ſein Verhalten gegenüber oxydierenden Subſtanzen: dieſe bewirken eine prächtige blaue oder grüne Färbung, die durch reduzierende Körper oder durch Erhitzung wieder aufgehoben wird. Chemiſche Zuſammenſetzung: Guajakharzſäure $C_{20}H_{26}O_4$ (11,15 %), Guajakonſäure ($C_{19}H_{20}O_5$) 70,35 %, Guajak-Betaharz (= Guajacinſäure) 11,75 %, Guajakſäure $C_6H_6O_3$ (in Waſſer löslich), Gummi 3,7 %, Guajakgelb 4 %, Aſche 0,9 %. — Die freiwillig oder nach Einſchnitten in den Stamm ausfließenden Tropfen bilden geſammelt die Sorte Guajakharz in Körnern, die jetzt kaum mehr vorkommt. Guajakharz dient hauptſächlich zur Darſtellung der Guajaktinktur, die früher zum Nachweis des Blutes und der Blauſäure verwendet wurde. Die Proben ſind aber nicht zuverläſſig; es dient auch zum Nachweis von Enzymen [1].

Literatur: [1] Wiesner, Rohſtoffe u. ſ. w., Bd. 1, S. 300, 2. Aufl., Leipzig 1900. *T. F. Hanauſek.*

Guajakholz, ſ. Nutzhölzer.

Guajakol, der Monomethyläther des Brenzkatechins $C_6H_4(OH)(OCH_3)$ entſteht durch Deſtillation des Guajakharzes und iſt ein Beſtandteil des Kreoſots des Buchenholzteers. Es iſt eine farbloſe, ſtark lichtbrechende, bei 200° ſiedende Flüſſigkeit, deren wäſſerige Löſung mit Eiſenchlorid eine ſchön ſmaragdgrüne Färbung gibt. Das Guajakol iſt auch künſtlich aus dem Brenzkatechin darſtellbar. Es ſoll der wirkſame konſervierende Beſtandteil des Holzrauches ſein und findet, als ein Beſtandteil des Kreoſots, ſeine größte Verwendung zum Imprägnieren von Holz. *Bujard.*

Guanit, ſ. v. w. Struvit (ſ. d.).

Guano, ein aus Stickſtoffverbindungen und phosphorſaurem Kalk beſtehendes Gemenge rein organiſcher Entſtehung, das größere Flächen der Erde bedeckt. Er iſt hellgrau, gelb, braun oder rot, erdig oder auch hart, riecht nach zerſetztem Harn und iſt weſentlich aus Kalk, Ammoniak, Phosphorſäure, Harnſäure, Oxalſäure und Ulminſäure zuſammengeſetzt. In Knollen- und Kruſtenform enthält er zuweilen Salmiak, Struvit u. ſ. w. Er verbrennt, an der Luft erhitzt, unter Entwicklung brenzlich riechender Dämpfe. Salzſäure löſt ihn zum Teil unter Brauſen, auch Kalilauge in der Wärme unter Entwicklung von Ammoniak. Der beſte peruaniſche Guano iſt arm an phosphorſaurem Kalk, dafür reich an Stickſtoffverbindungen. Erdiger Guano verhält ſich umgekehrt.

Unter dem Einfluß des Regens werden Stickſtoffverbindungen gelöſt und fortgeführt, und als Reſt bleibt ſogenanntes Guanophosphat. Da der Düngewert des Guanos aber zum großen Teil in ſeinem Gehalt an Stickſtoff beruht, ſo ſind ſolche ausgelaugte Guanolager minderwertig.

Es enthält	Waſſer	Ammoniak-ſalze	Stickſtoff	Phosphor-ſäure	Alkaliſalze	Aſche
Guano aus Peru . .	14,8	52,4	14,4	13,5	7,4	32,8
Angamos .	7,4—22,3	56,0—64,8	17,4—19,3	7,1	2,5—3,3	21,7—27,8
Lobos . .	16,8	46,1	9,8	9,0	11,5	37,1

Man ſieht den Guano als das Verweſungsprodukt tieriſcher Exkremente, vorzugsweiſe von fleiſchfreſſenden Seevögeln (Pelikanen, Fettgänſen, Möwen), an; beigemengt ſind verweſte Tierleichen, Seehunde u. ſ. w., beſonders an der Seite der Guanolager. Die Erzeugung des Guanos geht da, wo die Vögel in großen Mengen brüten, niſten und wohnen, auch heute noch vor ſich; man ſchätzt die jährlich gebildete Menge auf mehr als 1000 t. Ausgedehnte Ablagerungen auf Urgebirge bis zu 30 m Mächtigkeit trifft man an der Küſte von Peru von der Payta-Bai bis zur Mündung des Rio Loſa, dann auf vielen Inſeln an der Weſtküſte von Südamerika, in Patagonien, Afrika (Saldanha-Bai, ſüdweſtliche Küſte) und auf auſtraliſchen Inſeln (Malda, Lacepède).

Vornehmlich von Peru wird der Guano als Düngemittel und Erſatz für Stallmiſt in großen Mengen ausgeführt. Die Einfuhr in Europa beträgt jährlich etwa 200000 t. Der rohe Guano wird durch Sieben, Zerkleinern und Mahlen gebrauchsfertig gemacht und nach dem Prozentgehalt an Stickſtoff, Phosphorſäure und Kali bewertet. Mit Schwefelſäure behandelt wird die Phosphorſäure löslich und der Guano als Peruguano-Superphosphat oder aufgeſchloſſener Guano wertvoller; er enthält dann 7% Stickſtoff, 7—10% lösliche Phosphorſäure und 1—2% Kali. Ammoniak iſt als ſchwefelſaure Verbindung gebunden und nicht mehr am Geruch kenntlich. Guanophosphate ſind an Stickſtoff arme, aber an unlöslicher Phosphorſäure reiche Guano, die wahrſcheinlich vom Meerwaſſer überflutet wurden, wie der Gehalt an Chloriden zeigt. Die Guanophosphate werden zur Erzeugung von Guanoſuperphosphaten benutzt.

Literatur: Meyn, L., Die natürlichen Phosphate, Halle 1873; Heiden, Lehrbuch der Düngerlehre, Hannover 1881. *Loppia.*

Guanophosphate finden ſich in beträchtlichen Ablagerungen an der Küſte und auf den Inſeln des Stillen Ozeans, ſind animaliſchen Urſprungs, ſehr phosphorreich, aber im Verhältnis zu Guano frei von Stickſtoff, welche Subſtanz ihnen wahrſcheinlich im Laufe der Zeit durch Auswaſchung verloren gegangen iſt.

Hierher gehören der Baker-, Curaçao-, Howland-, Jarvis-, Lacepède-, Maldon-, Mejillones-, Navaſſo- und Phönixguano. Ihre chemiſche Zuſammenſetzung iſt eine ſehr ähnliche und enthalten ſie der Hauptſache nach 65—80% phosphorſauren Kalk bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 12%; ferner kohlenſauren Kalk in ſehr wechſelnder Menge und geringe Mengen organiſcher Subſtanzen, die ihnen Spuren von Stickſtoff geben. Sehr wichtig iſt, daß ſie faſt frei von Eiſenoxyd, Tonerde und Fluor ſind, weil dieſe Stoffe ihrer ſpäteren Verarbeitung zu Superphosphaten (ſ. Phosphorſäuredünger) außerordentlich hinderlich wären und iſt die weiße Farbe der Aſche ein gutes Kennzeichen für die Abweſenheit der genannten Stoffe. Um einen ungefähren Anhalt ihrer Zuſammenſetzung anzugeben, ſei hier eine Analyſe des Bakerguanos nach Liebig mitgeteilt:

Baſiſches Kalkphosphat	78,79%
Magneſiaphosphat	6,12 „
Eiſenoxydphosphat	0,12 „
Schwefelſaurer Kalk	0,13 „
Alkalien	0,85 „
Chlor	0,13 „
Ammoniak	0,07 „
Salpeterſäure	0,45 „
Waſſer, Sand u. ſ. w.	13,34 „
	100,00%

Sie finden ſich entweder feinpulverig mit Klumpen, ſogenannten „lumps", vermiſcht, die ſich aber leicht zerreiben laſſen, ferner in ſchalenartigen Ablagerungen, die Kruſten (clinkers, crusts) genannt werden, und ſchließlich in ganz harten Maſſen. Die Hauptfundorte ſind die kleinen Eilande im Stillen Ozean (Pacificinſelguano) und auf der Weſtküſte von Südamerika an der Bai von Mejillones (Mejillonesguano).

Dieſe vorhergenannten Guanoarten kommen gemiſcht und mit ſehr verſchiedenem Feuchtigkeitsgehalte nach Europa, und muß der Importeur ſie durch Trocknen in ein gleichmäßiges, feines Pulver verwandeln, wenn er eine Garantie für den Gehalt der Ware übernehmen ſoll. Zu dieſem Zwecke befinden ſich in den europäiſchen Eingangshäfen große mechaniſche Darreinrichtungen, in denen die Guanos getrocknet werden, um nach dem Trocknen in ſogenannten Steinbrechern und Walzwerken grob zerkleinert zu werden. Hierauf werden die groben Stücke auf Mahlgängen oder in Desintegratoren ſtaubfein gemahlen und ſchließlich durch Zentrifugalſiebe von allen etwa noch vorhandenen gröberen Stücken befreit und gleichmäßig durchgemiſcht.

Zahlreiche der aufgefundenen Guanophosphatlager ſind bereits abgebaut oder als nicht ergiebig genug verlaſſen, ſo daß eine Zuſammenſtellung der heute noch im Abbau begriffenen Lager erwähnenswert erſcheint. Es ſind das folgende: 1. Unter den Inſeln des Stillen Ozeans die Baker-, Cheſterfield-, Enderburg-, Flint-, Garors-, Howland-, Houn-, Kaldon-, Phönix-, Starbuk- und Sydneyinſeln. 2. An der auſtraliſchen Küſte die Abrolhos-, Browſe- und Lacepèdeinſeln. 3. Die Falklandsinſeln und die Küſte Patagoniens an der Südſpitze Amerikas. 4. Die Avis-, Mona- und Tortolainſeln in Weſtindien. 5. Die Ichaboëinſeln in Südafrika. 6. Die Kuria-

Muria-Inseln im Arabischen Meerbusen, und endlich 7. das Lager von Mejillones an der Westküste Südamerikas.

Literatur: Meyn, L., Die natürl. Phosphate, Halle 1873; Bersch, W., Moderne Landwirtschaft, 1903. *Weiss.*

Güllenpumpe, s. Jauchepumpen.

Gürtelbahn oder Ringbahn, Verbindungsbahn verschiedener Bahnhöfe eines Ortes, welche diesen ganz oder teilweise ringförmig umzieht.

Gürtelpanzer, der Vertikalpanzer der Kriegsschiffe an der Bordwand vom Panzerträger bis zum Batteriedeck, s. Schiffbau.

Güterbahnhöfe, die für den Frachtverkehr aller Art dienenden Teile der Bahnhofsanlagen, die bei größeren Städten in der Regel von dem Personenbahnhof mehr oder weniger abgetrennt sind, dann also ein eignes Gebiet bilden. Sie werden, um weiter an oder in die Städte vordringen zu können, fast immer mit stumpf endigenden Gleisen, also in Kopfform, angelegt und haben hauptsächlich folgende Verkehrsarten zu erledigen:

1. Stückgutverkehr, welcher die einzeln zu verwiegenden Frachtstücke aller Art meist in irgendwelcher Verpackung umfaßt. Hierzu dienen Güterschuppen mit dem nötigen Zubehör an Gleisen, Ladestraßen, Rampen u. s. w.; auch besondere Rampen und Ladehallen für Chemikalien, für Petroleum und andres mehr: „Stückgutbahnhöfe" oder Güterbahnhöfe im engeren Sinne.

2. Wagenladungs- oder Rohgutverkehr (Produktenverkehr) für die Erzeugnisse des Bergbaus (Steine, Erze, Erden, Kohlen) sowie der Land- und Forstwirtschaft, welche in ganzen Wagenladungen meist ohne Verpackung verwogen und verfrachtet werden. Hierzu dienen Gruppen von Ladegleisen an offenen Ladestraßen nebst Zubehör an Wägevorrichtungen (Gleiswagen), Kranen, Rampen, Lademasten u. s. w.: „Rohgutbahnhöfe", die bei großen Anlagen von den Stückgutbahnhöfen oft ganz getrennt sind. Auch sie gliedern sich unter Umständen noch weiter, beispielsweise für Kohlen, Getreide, Kartoffeln u. s. w.

3. Der Viehverkehr wird im kleinen mit den langsamer fahrenden Personen- oder Mischzügen erledigt und findet alsdann seine Abfertigungsstellen in Verbindung mit dem Personenbahnhof. Größere Viehtransporte gehen jedoch mit besonderen Viehzügen und für diese sind auch besondere Viehbahnhöfe erforderlich, teils zum Verfrachten und Aufnehmen des Viehs, teils auch zu Uebernachtungen und Ruhepausen bei längeren Reisen, mit den nötigen Einrichtungen zum Füttern, Tränken, Reinigen und Unterbringen des Viehs (Viehbuchten, Stallungen) wie zum Reinigen und Desinfizieren der Viehwagen. Auch reihen sich die städtischen Schlachthöfe unter Umständen daran.

4. Das Umladen zur gänzlichen Entleerung oder besseren Ausnutzung sonst unvollständig gefüllter Wagen kommt fast auf allen Güterbahnhöfen vor, namentlich aber am Zusammenlauf mehrerer Linien. Es geschieht größtenteils an den Güterschuppen in Verbindung mit dem sonstigen Ent- und Beladegeschäft. Bei regelmäßig größerem Umfange, besonders auf den für sich allein gelegenen Verschiebebahnhöfen, werden dafür besondere Umladeschuppen oder bedeckte, sonst offene Umladebühnen zwischen zwei Gleisen hergestellt.

5. Zu diesen Aufgaben tritt an Orten mit Lastschiffahrt außerdem noch der Hafenverkehr (Umschlag) zwischen Schiff und Bahn; hierfür wird in der Regel ein besonderer Hafenbahnhof angelegt, der bei größeren Fluß- und Seehäfen an deren ganzer Ausdehnung sich entlang zu ziehen pflegt.

Dagegen gehört der Eilgutverkehr der Regel nach zum Personenbahnhof, weil das Eilgut großenteils mit den Personenzügen befördert wird und auch da, wo ganze Eilgutzüge verkehren, dessen Abfertigung soweit wie möglich in die Städte vorgeschoben werden muß. Die Eilgutschuppen, in ihrem Wesen den Frachtgüterschuppen gleich, nehmen in großen Städten, wo alltäglich gewaltige Mengen von Milch, frischem Gemüse, Obst u. dergl. ankommen, große Ausdehnung an. Als eine besondere Art von Eilgutbahnhöfen, jedoch nicht für den öffentlichen Verkehr bestimmt, kann man diejenigen Bahnanlagen bezeichnen, welche zur Versorgung von Markthallen dienen, wie z. B. die Gleishallen und Laderampen bei der Hauptmarkthalle Berlins am Alexanderplatz-Bahnhof, oder die unterirdischen Markthallen-Bahnhöfe in London, meist im Anschluß an die dortigen Untergrundbahnen.

Zur Sonderung und Wiederzusammenführung der Wagen nach und von den einzelnen Verkehrsplätzen bezw. Bahnhöfen sind Verschiebegleisgruppen erforderlich, die oft sich dem Güterbahnhof unmittelbar anschließen, bei größerem Verkehr jedoch — zumal an End- und Knotenpunkten — solche Ausdehnung beanspruchen, daß man sie als besondere Verschiebebahnhöfe (s. d.) ganz abgetrennt und oft weit außerhalb der Binnenstadt anlegen muß. Die Güterzüge laufen dann — sofern nicht ihre Wagen ohnehin schon auf eine einzelne Verkehrsart beschränkt sind — zunächst auf dem Verschiebebahnhofe ein, werden hier nach den erforderlichen Gruppen zerlegt und diese werden dann zu den entsprechenden Verkehrsplätzen gebracht. In gleicher Weise müssen die abgefertigten Wagen demnächst wieder zurückgebracht werden. Es findet also — je nach Bedarf ein- bis dreimal täglich — ein Austausch von Wagen statt. Dazu sind stets an jedem einzelnen Verkehrsplatze noch einige Austauschgleise erforderlich.

Die Gestalt der Güterbahnhöfe ist abhängig von der Anordnung der Güterschuppen. Hierbei kann man drei Hauptgruppen unterscheiden: Güterschuppen mit Längsladesteigen, solche mit quergelegten Ladezungen und solche mit sägeförmigen Ladesteigen.

I. Die erste Gruppe ist weitaus am meisten verbreitet, und zwar vorwiegend in der Form von Fig. 1 und 2 mit beiderseitigen Außensteigen, wovon der eine für die Bahn, der andre für die Ladestraße zur Anfahrt der Rollwagen dient. Diese Form ist namentlich in Deutschland

allgemein üblich. Die lichte Weite zwiſchen den Wänden ſchwankt zwiſchen 10 und 20 m; dazu kommen die Wandſtärken und die Ladeſteige von 1—1,6, auch bis 2 m Breite und jederſeits ein etwa 3,5—4 m weit ausgekragter Dachüberſtand zum Schutz des Ladegeſchäfts gegen Regen und Schnee. Zu Zeiten ſtarken Verkehrs wird auch das zweite Schuppengleis mit zum Ladegeſchäft benutzt, indem die Stechkarren mit den Gütern durch die Wagen des erſten Gleiſes hindurchgehen („Durchladen"). Hierzu empfiehlt ſich die Herſtellung eines etwas vergrößerten Gleisabſtandes und eines ſchmalen Zwiſchenladeſteigs zwiſchen den beiden erſten Gleiſen. Der Abſtand vom Ladeſteig bis zur Mitte des erſten Gleiſes beſtimmt ſich durch das Normalprofil des freien Raumes (ſ. Bahnprofil) und beträgt in der Regel 1,67 m bei einer Höhe des Ladeſteigs von 1,10 m über Schienenoberkante. Die Höhenlage der Ladeſtraße unter dem Ladeſteig richtet ſich nach dem ortsüblichen Rollfuhrwerk und beträgt 0,8—1,1 m. Die Breite der Ladeſtraße beträgt 10—15 m, zwiſchen zwei Paralleliſchuppen (Fig. 2) aber mindeſtens 20 m. Die Länge der Schuppen richtet ſich ganz nach dem örtlichen Bedarf und geht bis 200 m. Die Ladetore wiederholen ſich in Abſtänden von 7,5—10 m, an der Straßenſeite auch wohl bis 20 m. Die erforderlichen Dienſträume für die Beamten und die Kaſſe werden bei kleineren Schuppen

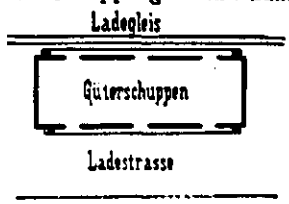


Fig. 1.

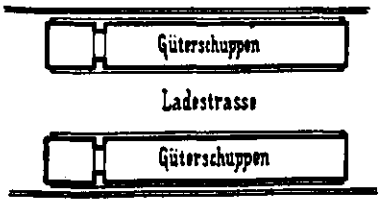


Fig. 2.

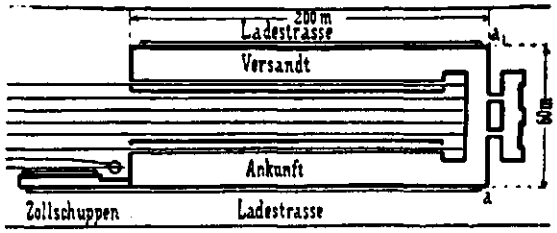


Fig. 3. Güterſchuppen mit innerem Ladegleis (Hannover).

von dem Innern derſelben abgeteilt, bei größeren (Fig. 2) auch wohl als beſondere Gebäudeteile angebaut, die dann ein oder mehrere Obergeſchoſſe mit Dienſtwohnungen enthalten können. Im Sockel unter dem Güterboden pflegen einige Räume für Arbeiter und Vorräte an Beleuchtungs-, Heizmaterial u. dergl. angelegt zu werden. — Bei großem Verkehr werden ſolche Schuppen wiederholt nebeneinander geſetzt, auch findet man häufig eine Verdopplung der Anlage mit gemeinſamer Ladeſtraße dazwiſchen (Fig. 2, Berlin), oder auch umgekehrt mit zwei äußeren Ladeſtraßen und mehreren Gleiſen dazwiſchen (Wien). Die erſte Art der Verdopplung geſtattet eine Ueberdeckung und einen vollſtändigen Abſchluß der Ladeſtraße wie auf dem früheren Lehrter Güterbahnhof, jetzigen Zollhof in Berlin. Bei Verdopplung pflegt die eine Seite für Ankunft, die andre für Verſand benutzt zu werden; jedoch kann ſolche Trennung auch durch Querteilung in demſelben Schuppen erfolgen. Wenn mehrere Schuppen der Länge nach nebeneinander liegen, ſo muß für jeden das Ladegleis mittels Weichen für ſich von einem Zufuhrgleiſe aus zugänglich ſein. Es empfiehlt ſich daher ſtatt deſſen, wenn die Breite genügt, ſtaffelförmige Anordnung wie in Verdopplung auf dem Nikolaibahnhofe in Petersburg, wobei jeder folgende Schuppen um einen Gleisabſtand zurücktritt, ſo daß jeder ſein eignes Lade- und zugleich Zufuhrgleis erhält. Bei Verdopplung nimmt alsdann die Breite der Ladeſtraße mit jedem Schuppenpaar nach dem Eingange hin zu, was der Zunahme der Rollwagenbewegung entſpricht.

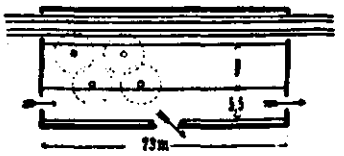


Fig. 4. Güterſchuppen mit Ladegleiſen und Ladeſtraße im Innern.

In Frankreich und Italien iſt es üblich, das Ladegleis in das Innere des Schuppens zu legen, wobei — wenn man nicht zwei Gleiſe einbauen und ſo das Gebäude noch mehr verteuern will — die Möglichkeit des Durchladens wegfällt. Dieſe Form iſt daher in Deutſchland nicht beliebt; eines der wenigen Beiſpiele daſelbſt, und zwar in verdoppelter Form mit Quergebäude und vorgeſetztem Verwaltungsgebäude, zeigt der Güterbahnhof Hannover (1880), ſ. Fig. 3. Zwiſchen beiden Schuppen liegen vier Wagengleiſe, zwei davon waren früher an zwei Stellen durch Drehſcheiben mit dem Verſandladegleiſe verbunden. Vor Kopf waren alle ſechs Gleiſe durch eine Schiebebühne, auch für lange Wagen, in Verbindung geſetzt. Drehſcheiben und Schiebebühne wurden ſpäter beſeitigt. An der Ankunftſeite ſchließt ſich ein Zollſchuppen dem Gebäude an.

In England iſt es üblich, die Fahrſtraße und die Ladegleiſe, häufig auch noch mehrere Wagenaufſtellgleiſe in das Innere des Schuppens zu legen, wie beiſpielsweiſe in Sunderland (Fig. 4 und [1]). Dabei wird zugleich Wert darauf gelegt, daß die an- und abfahrenden Rollwagen ſich nicht begegnen. Eine beſondere Eigentümlichkeit des engliſchen Güterverkehrs iſt die durchweg übliche Verwendung offener, nur mit Schutzdecken belegter Güterwagen auch für Stückgut. Dadurch wird die in Deutſchland und den meiſten Ländern des europäiſchen Feſtlandes ſo gut wie ausgeſchloſſene Benutzung von Kranen im Schuppen möglich und zur allgemeinen Regel. Die Güterböden zwiſchen Fahrſtraße und Ladegleis werden daher in England derart mit zwei Reihen von hydrauliſchen oder elektriſchen Kranen beſetzt, daß je zwei ſolche ſehr raſch das Gut von dem Bahnwagen abheben und auf das Rollfuhrwerk aufſetzen, wobei es zwiſchen beiden Kranen nur für einen Augenblick abgeſetzt und wieder gefaßt zu

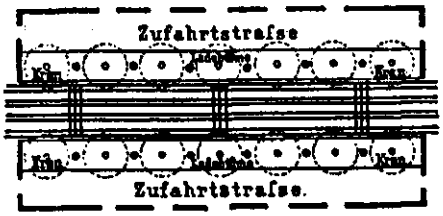


Fig. 5. Güterſchuppen mit innenliegenden Gleiſen und Ladeſtraßen (England). Grundriß zu Fig. 11.

werden braucht. Die Güterböden oder Ladebühnen ſind dann nur verhältnismäßig ſchmal und bewältigen trotzdem in kürzeſter Zeit einen großen Verkehr. Der in Fig. 4 angegebene ſchmale Ladeſteig auf der Außenſeite der Ladeſtraße findet ſich bisweilen und dient zur Erleichterung des Zurechtpackens auf den Rollwagen. Dieſelbe Form findet ſich in England häufig auch in Verdopplung: jederſeits ein ſolcher Ladeſteig mit vielen Kranen und einer Ladeſtraße daran; zwiſchen beiden Ladeſteigen dann je ein Ladegleis und eine Anzahl Wagenaufſtellgleiſe (in St. Pancras Goodſtation, London, im ganzen zwölf Gleiſe, alſo eine große Wagenhalle). Die Gleiſe ſind dann meiſt an mehreren Stellen durch unverſenkte Schiebebühnen miteinander verbunden. Dieſelbe Form, jedoch mit noch ſchmaleren Ladeſteigen und nur je einer Kranreihe darauf, zeigt Fig. 5, den zugehörigen Querſchnitt Fig. 11 (ſ. unten).

II. Güterſchuppen mit quergelegten Ladeſteigen von erheblicher Länge ſind in England mehrfach ausgeführt (Camdon Station, London; North Dock Station, Liverpool), um den gegebenen Raum mit möglichſt viel Ladelänge auszunutzen. Die Gleiſe ſind dann mit Drehſcheiben an die rechtwinklig dazu laufenden Zufuhrgleiſe angeſchloſſen. Zahlreiche hydrauliſche Windetrommeln dienen zur Bewegung der Wagen und der Scheiben. Dieſe Art des Zugangs nur mit Drehſcheiben ſetzt die in England übliche ausſchließliche Benutzung kurzer Wagen voraus [1]. In Deutſchland, zuerſt in den ſiebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ſeltens der ehemaligen Rheiniſchen Bahn auf dem Güterbahnhofe St. Gereon-Köln, iſt eine andre Form mit kurzen Quergleiſen und zungenartigen Ausbauten des im übrigen langgeſtreckten Schuppens oder auch nur des Ladeſteigs und Schutzdaches zur Ausführung gelangt. Zuerſt waren die Quergleiſe nur für je einen Güterwagen hergeſtellt. Bei dem Neubau der Kölner Bahnhofsanlagen wurde 1893 dieſelbe Grundform ausgeführt, jedoch mit 17 m langen,

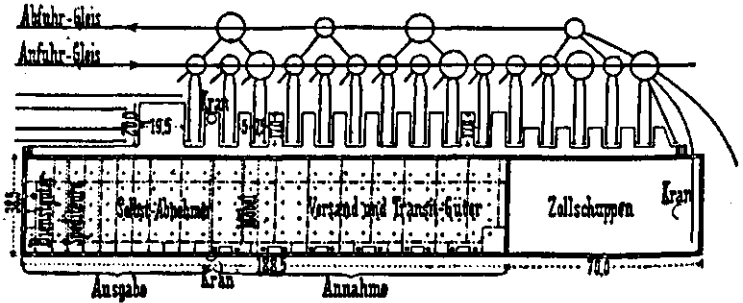


Fig. 6. Güterſchuppen auf dem Hauptgüterbahnhof Köln (Gereon).

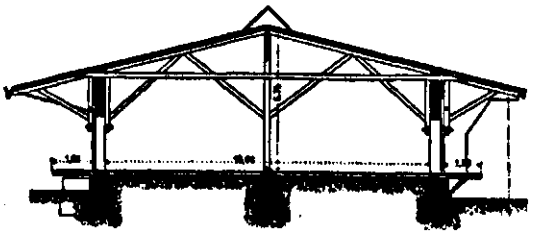


Fig. 8. Güterſchuppen mit außenliegenden Gleiſen und Zufahrtſtraßen.

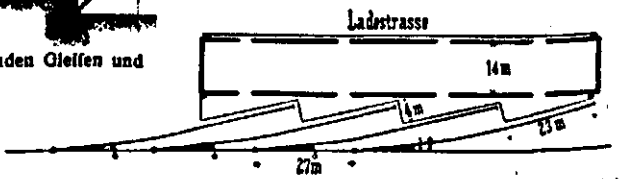


Fig. 7. Güterſchuppen mit ſägeförmigen Ladeſteigen (Olmütz, Köln).

offen überdeckten Zungen des Ladeſteigs für je 2—3 Wagen auf jedem Quergleiſe (ſ. Fig. 6). Die Drehſcheiben zeigen zwei verſchiedene Größen, für kurze und für längere Wagen. Außerdem ſind noch andre Ladeſtellen für beſonders lange Wagen vorhanden. An der Straßenſeite befindet ſich ein Längsladeſteig von etwa 1,5 m Breite. In dieſem Schuppen wird ein gewaltiger Verkehr bequem erledigt; Empfang und Verſand nebſt Umladegeſchäft ſind in demſelben Raum vereinigt. Arbeitstiſche und Wägevorrichtungen befinden

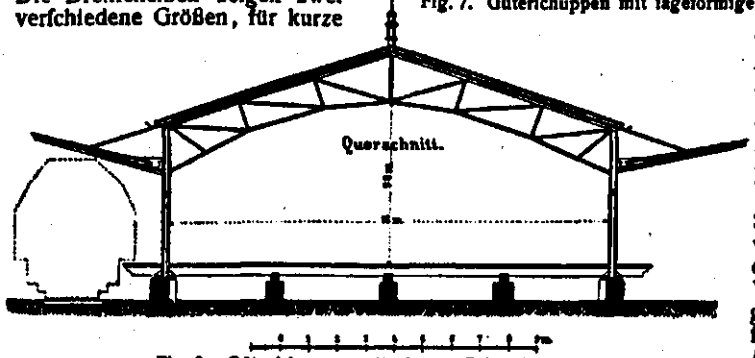


Fig. 9. Güterſchuppen mit oberem Seitenlicht.

ſich darin. Die Verwaltung des Güterbahnhofs erfolgt in einem beſonderen Gebäude (vgl. [2] und [9], S. 617). Dieſelbe Grundform gelangte auch beim Neubau des Güterbahnhofs in Frankfurt a. M. für einen im rechten Winkel gebrochenen Güterſchuppen größter Art zur Anwendung ([3], Bd. 4, Taf. 30; [9], S. 617). Sie hat jedoch weitere Nachfolge nicht gefunden.

III. Güterſchuppen mit **ſägeförmigen** Ladeſteigen (Fig. 7) ſind bereits 1881 in Olmütz von der Oeſterreichiſchen Lokalbahngeſellſchaft (durch Ingenieur v. **Schwind**) mit beſtem Erfolg ausgeführt worden. In Deutſchland iſt zuerſt der Eilgutſchuppen der Bahnhofsumbauten in Köln (1893) nach dieſer Form hergeſtellt, anfangs mit etwa 23 m Länge der einzelnen Ladeſteigabteilungen (in Olmütz 28 m), alſo für 3—4 Wagen [4]. In Köln ſind ſpäter die Ladeſteige zwiſchen je zwei Gleiſen zungenförmig verlängert, ebenſo auch in München [9], S. 618. Andre größere Beiſpiele ſind die in Zürich und Schaffhauſen [10]. — Die **Querſchnittsform** der Güterſchuppen iſt in Fig. 8—11 an einigen charakteriſtiſchen Beiſpielen dargeſtellt. Fig. 8 zeigt die ältere, in Deutſchland übliche und noch jetzt ſehr verbreitete Form mit Mittelſtändern und Dachbildung aus Holz, in der Regel mit Eindeckung aus Dachpappe. Da die Fenſter und auch die offenen Tore unter dem Dachüberſtande für breitere Schuppen nicht genügend Licht geben, ſo wird bei ſolchen die Schaffung von Oberlicht notwendig. Dieſes läßt ſich beſſer ſo anordnen, daß die eine Dachfläche über den Firſt hinaus etwas verlängert und darunter eine **ſenkrechte** Fenſterwand angebracht wird, gegebenenfalls ſtreckenweiſe nach der Richtung wechſelnd. Die unter anderm auf dem Potsdamer Bahnhof in Berlin, in Stuttgart und 1896 auf dem Stettiner Bahnhof in Berlin (20 m innere Weite) angewendete Form Fig. 9 mit Gegenneigung der Dachüberſtände verbeſſert den Lichteinfall unter dieſen und ſchafft zugleich die Möglichkeit reichlichen Lichteinfalls über den Seitendächern, ſo daß untere Fenſter entbehrlich werden, bringt aber anderſeits den Uebelſtand der Schneekehlen an den Wänden mit ſich. — Fig. 10 zeigt eine in Deutſchland (unter anderm in Bielefeld und Bremen) mehrfach ausgeführte Form mit ganz flachem Holzzementdach (Neigung etwa 1 : 20) auf eiſernen Bindern. Solche Formen gewähren durch Vermeidung überflüſſiger Höhe eine nicht unbeträchtliche Erſparnis an Baukoſten für Wände und Ständer; auch erleichtern ſie die etwaige Erwärmung des Schuppens im Winter. Einzelne Ständer in den Schuppen ſind kaum hinderlich, befördern im Gegenteil die Bildung von Gruppen für die abgehenden Güter. Fig. 11 endlich zeigt den Querſchnitt einer durch Fig. 5 im Grundriß dargeſtellten engliſchen Form mit Kranen auf den Ladeſteigen, wobei ſelbſtverſtändlich Oberlicht nicht fehlen darf. — Güterbahnhöfe in **zwei Geſchoſſen** übereinander finden ſich unter anderm auf dem Bahnhofe St. Lazare in Paris und auf dem Bahnhof St. Pancras in London [5] und [9]. — Die **Tore** erhalten in der Regel 2,5—3 m Breite und 2,3—2,5 m, auch 3 m Höhe. Der Verſchluß erfolgt durch hölzerne oder eiſerne Schiebetore, meiſt an der inneren Seite der Wand. Auch eiſerne Rolläden ſind angewendet worden, aber nicht ſehr verbreitet; ſ. a. **Bahnhöfe**.

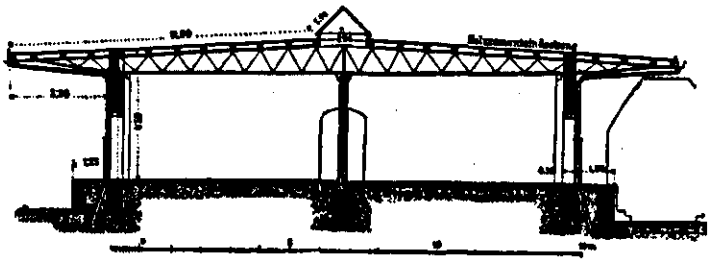


Fig. 10. Güterſchuppen in Bremen und Bielefeld.

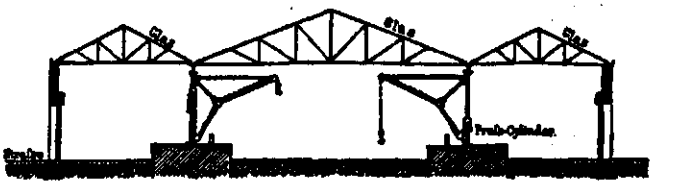


Fig. 11. Güterſchuppen mit innenliegenden Gleiſen und Zufahrtſtraßen (England). Querſchnitt zu Fig. 5.

Literatur: [1] Schwabe, Engliſches Eiſenbahnweſen, Wien 1877 (daſelbſt auch Verbindung von Güterſchuppen mit Getreideſpeichern und darunter befindlicher Schiffzufuhr). — [2] Zeitung des Vereins Deutſcher Eiſenbahnverwaltungen 1894, S. 57 ff. — [3] Röll, Encyklopädie des Eiſenbahnweſens, Wien 1892. — [4] Zentralblatt der Bauverwaltung 1881, 1886 (Bielefeld), 1888, 1899, S. 337 (Sägeform). — [5] Organ für die Fortſchritte des Eiſenbahnweſens 1888, S. 92. — [6] Heuſinger v. Waldegg, Handbuch der ſpeziellen Eiſenbahntechnik, Bd. 1, Leipzig 1877. — [7] Schmitt, E., Bahnhöfe und Hochbauten, Bd. 2, Leipzig 1882. — [8] Humbert, Traité complet, des chemins de fer, Paris 1891. — [9] Eiſenbahntechnik der Gegenwart, Bahnhofsanlagen, Wiesbaden 1899, S. 609 ff. — [10] Schweiz. Bauztg., Bd. 82, S. 207. — [11] Goering und Oder Bahnhofsanlagen (Handbuch der Ingenieurwiſſenſch., Teil 5, Bd. 4); Abſchnitt „Güterbahnhöfe" Leipzig 1907.

Goering.

Gütergleis, ſ. Bahnhöfe, Bd. 1, S. 481.
Güterhalle, ſ. Güterbahnhöfe.
Güterſchuppen, ſ. Güterbahnhöfe.
Güterverkehr, ſ. Eiſenbahnverkehr, Bd. 3, S. 326.
Güterzüge, ſ. Eiſenbahnbetrieb und -verkehr.
Güterzuſammenlegung, ſ. Feldbereinigung.
Güteverhältnis, elektriſches, ſ. Dynamomaſchine, Bd. 3, S. 191.
Guibalſcher Ventilator, ſ. Schleudergebläſe.
Guichets (Schlupfpforten), ſ. Wegeſchranken.

Guignets Grün (Chromgrün), f. Chromfarben.

Guilleaume-Keſſel, f. Dampfkeſſel, Bd. 2, S. 570.

Guillochieren, Verfahren mittels der Guillochiermaſchine Muſter in Stein- oder Kupferplatten zu radieren oder zu gravieren, zur Herſtellung von Kupfer-, Stein- und Buchdruckplatten. Die Methode iſt namentlich für die Wertpapiererzeugung (ſ. Banknotendruck) von größter Wichtigkeit. Die Guillochierung dient aber auch zum Verzieren, z. B. von Taſchenuhrgehäuſen, Gewehren u. dergl., ſowie zur Deſſinierung von Zeugdruckwalzen.

Die durch Kurbeln (auch elektromotoriſch) und Zahnräderüberſetzung betriebene Guillochiermaſchine beſteht in der Hauptſache aus dem Drehwerk, als dem Träger der zu gravierenden Platte, die in Ruhe verharren oder in ihrer Ebene kreisförmig oder exzentriſch und auch in der Richtung ihrer Längs- und Querachſe durch Supports bewegt werden kann, und dem auf Gleitbahnen geführten Wagen oder Guillochierwerk; dieſes enthält den Gravierſtift, der ſtillſtehend oder in gerader und ſchwingender Bahn ſich bewegend arbeitet. Letzteres wird entweder durch einen Winkelhebel, der durch einen Taſter (Kopierſtift) und verſchiedene eigenartig geformte Scheiben (Patronen, Matrizen, Faſſonräder und Schablonen genannt) ſeine Führung erhält, oder durch vielfach kombinierbare Exzentertriebe bewirkt. Je nach der Anwendung und Vereinigung dieſer zahlreichen Bewegungsarten, eventuell unter Belaſſung der Platte oder des Stichels in Ruhe, ferner je nach der veränderten Geſchwindigkeit des Drehwerkes oder Wagens laſſen ſich die verſchiedenartigſten Schraffuren und Zeichnungen (Kreiſe, Ovale, Wellenlinien, -kreiſe und -dreiecke, Radornamente, Kegel, Bänder, Moiré, Strahlen, Cykloiden u. ſ. w), ſelbſt der kompliziertеſten Art erreichen. Namentlich durch die Benutzung der Exzenter werden ſo eigentümliche, wenn auch geſetzmäßige Verzerrungen desſelben fortlaufenden Hauptmuſters und Anwachſen und Abfallen des Striches erreicht, daß die Nachahmung durch Zeichnerhand faſt gänzlich ausgeſchloſſen iſt. Aus dieſem Grunde eignen ſich die Guillochen vorzüglich zum Banknotendruck, wo ſie entweder als Untergründe oder vereinigt mit dem Kupferſtiche in der Hauptplatte außerordentliche Benutzung finden. Werden die Platten wie beim Kupferdruck (ſ. d.) behandelt, ſo ergibt ſich ein Abdruck, der die Gravüre in der Druckfarbe zeigt; im Buchdrucke erſchiene, falls die Originalplatte verwendet würde, ein negatives Bild: die gravierte Zeichnung weiß auf dunkelm Grunde. Deshalb muß entweder eine Uebertragung vorgenommen oder die Methode der Galvanoglyphie (ſ. d., für Buchdruck) herangezogen werden. — Die einfachen Liniermaſchinen beſitzen zumeiſt kein Drehwerk.

Ein ähnliches Verfahren iſt das mittels der Reliefmaſchine, welche die direkte Erzeugung einer Druckplatte nach einem Relief, z. B. einer Medaille geſtattet, wobei auch u. a. eine Verkleinerung oder Vergrößerung oder die Umwandlung eines Kreiſes in ein Oval möglich iſt.

Bei der Reliefmaſchine, die auch mit der Guillochiermaſchine zum Univerſalapparate (z. B. von Kreba in Frankfurt a. M.) vereinigt werden kann, überträgt ein über das zu kopierende Relief geführter Stift den in vertikaler Richtung erlittenen Hub auf ein Hebelwerk, das dieſen in eine horizontale Schwingung des Gravierſtiftes überſetzt. Die Licht- und Schattenwirkung wird dadurch von ſelbſt hervorgebracht, daß die Erhöhungen des Reliefs im Gegenſatze zum flachen Grunde, der gerade Linien bewirkt, Kurven erzeugt, die an gewiſſen Stellen zuſammen-, an anderen auseinanderlaufen.

Literatur: Fritz, Handbuch der Lithographie, Halle a. S. 1898. *A. W. Unger.*

Guillotineſchneider, eine bei der Papierfabrikation (ſ. d.) zum Beſchneiden der Bogenränder gebrauchte Schneidevorrichtung, deren ſehr ſtarkes ſcharfes Meſſer ſich ſenkrecht nach abwärts bewegt und dabei eine größere Anzahl übereinander gelegter Papierbogen beſchneidet. *Kraft.*

Guineagoldgelb, gelbe Körperfarbe, licht- und luftbeſtändig, jedoch durch Schwefelwaſſerſtoff veränderlich.

Zur Herſtellung verreibt man 10 Teile trockenes Bleiſulfat oder gewöhnliches Bleiweiß in verdünnter Eſſigſäure, fügt 1 Teil doppeltchromſaures Kali in gemahlenem Zuſtande hinzu und verreibt bis zur vollſtändigen Durchfärbung. Man wäſcht mit viel warmem, aber nicht heißem Waſſer und trocknet an warmer Luft. *Andés.*

Guinee, engliſche Goldmünze, bis 1718 = 20 Schilling, ſeitdem = 21 Schilling = 21,45 Mark. Guineen ſind ſeit 1816 nicht mehr geprägt und durch den Sovereign oder das goldene Pfund Sterling erſetzt worden. *Plato.*

Guipureſpitzen, ſ. Spitzen.

Guirlande (Girlande), ſ. Blumengehänge.

Gulden, urſprünglich Gold-, ſeit dem 15. Jahrhundert Silbermünze.

Nach dem Konventionsmünzfuß von 1763 waren 20 Reichs-, Kaiſer- oder Konventionsgulden = 1 kölniſche Mark, 1 Gulden = 2,10 Mark heutiger deutſcher Währung. Der rheiniſche Gulden nach dem 24-Gulden-Fuß = 1,75 Mark, der feine ſächſiſche = 2—2,33 Mark, der ältere ſüddeutſche (24½ = 1 kölniſche Mark) = 1,714 Mark, der neuere ſüddeutſche (52½ auf 1 Zollpfund) = 1,714 Mark, der polniſche (ſeit 1841 durch Einführung der Rubelwährung abgeſchafft = 30 Groſchen = 0,486 Mark = 24,3 Neukreuzer öſterreichiſcher Währung, der neue öſterreichiſche von 1858 (45 auf 1 deutſch. Münzpfund)

= 100 Neukreuzer = 2 Mark (je nach dem Kurſe weniger). 6 öſterreichiſche Gulden = 7 ſüddeutſche Gulden = 4 Taler (Vertrag vom 24. Januar 1857). Seit 1871 prägte Oeſterreich-Ungarn Goldgulden = 2,5 Goldfrancs = 2,25 Mark. Der niederländiſche Gulden = 100 Cents enthält $9^{9}/_{20}$ g Feinſilber und beträgt 1,701 Mark, die 10-Gulden-Stücke in Gold bei 6,048 g Feingold 16,87 Mark.

Guldinſche Regeln. Dieſen Namen führen zwei Sätze über den Schwerpunkt homogener ebener Linien und Flächenräume, die ſich bereits bei dem griechiſchen Mathematiker Pappus (Collectiones mathematicae, lib. VII) finden, aber von Guldin (geb. 1577, geſt. 1663) in ſeinen Werken „De centro gravitatis", 1635 und „Centrobaryca" 1643 reproduziert wurden.

1. Der Inhalt einer von einem ebenen Kurvenbogen erzeugten Rotationsfläche iſt gleich dem Produkt aus der Länge des rotierenden Bogens und des Weges, den ſein Schwerpunkt bei der Erzeugung der Fläche beſchreibt.

Es ſei MM' (Fig. 1) eine Seite eines ebenen Polygons AMB; μ ihre Mitte und μp ihr Abſtand von einer Achſe OX in der Ebene der Fig. 1, ſowie y_1 der Abſtand des Schwerpunkts S der gebrochenen Linie AMB von dieſer Achſe, dann iſt das Moment von S gleich der Summe der Momente der einzelnen Polygonſeiten, nämlich $y_1 \cdot \Sigma(MM') = \Sigma(MM' \cdot \mu p)$. Läßt man nun das Polygon um die Achſe rotieren, ſo erzeugt die Seite MM' die Oberfläche $2\pi \cdot MM' \cdot \mu p$ eines Kegelſtumpfes, das Polygon ſelbſt alſo die Oberfläche $\Omega = 2\pi \Sigma(MM' \cdot \mu p) = 2\pi y_1 \cdot \Sigma(MM')$. Es iſt aber $2\pi y_1$ der bei der Rotation vom Schwerpunkt S beſchriebene Kreisumfang. Geht das Polygon in eine Kurve von der Länge s über, ſo wird die Oberfläche der Kegelſtumpfſumme zu der von der Kurve erzeugten Rotationsfläche, und man erhält den Satz: $\Omega = 2\pi y_1 s$. Rotiert der Bogen nicht um 2π, ſondern nur um ϑ, ſo gilt der Satz gleichfalls, denn iſt Ω' die Oberfläche, die der Teilrotation entſpricht, ſo iſt $\Omega' : \Omega = \vartheta : 2\pi$, alſo $\Omega' = \vartheta(\Omega : 2\pi) = \vartheta y_1 s$, wo ϑy_1 den von S bei der Teilrotation beſchriebenen Weg darſtellt. Die Lage von s gegen die Achſe S übt keinen Einfluß auf den Inhalt der Oberfläche aus, ſolange der Abſtand y_1 derſelbe bleibt und s die Achſe nicht ſchneidet.

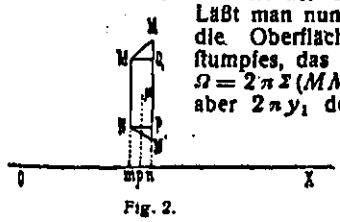


Fig. 2.

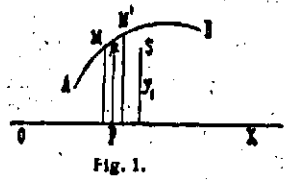


Fig. 1.

2. Das Volumen eines Rotationskörpers iſt das Produkt aus dem Inhalt des rotierenden ebenen Flächenraumes und des Weges, den ſein Schwerpunkt bei der Rotation beſchreibt.

Es werde der homogene Flächenraum einer ebenen Kurve als die Grenze einer Summe von ihr eingeſchriebener Rechtecke $MNPQ$ (Fig. 2) ſenkrecht zu einer Achſe OX in der Ebene der Kurve angeſehen; dann iſt das Moment einer ſolchen in bezug auf dieſe Achſe $MN \cdot NP \cdot \mu p$, wenn μp der Abſtand ſeines Schwerpunktes μ von der Achſe iſt. Iſt m die lotrechte Projektion von M auf die Achſe, ſo wird $MN = Mm - Nm$ und $\mu p = \frac{1}{2}(Mm + Nm)$, alſo das Moment $\frac{1}{2}(\overline{Mm}^2 - \overline{Nm}^2) NP$. Iſt alſo y_1 der Abſtand des Schwerpunktes der Summe der Rechtecke von der Achſe, ſo ſind $y_1 \cdot \Sigma(MNPQ) = \frac{1}{2}\Sigma(\overline{Mm}^2 - \overline{Nm}^2) NP$. Rotiert nun die Figur um die Achſe OX, ſo erzeugt jedes Rechteck ein Volumen gleich der Differenz zweier Zylinder, $\pi(\overline{Mm}^2 - \overline{Nm}^2) NP$ und wird mithin das erzeugte Geſamtvolumen $V = \pi\Sigma(\overline{Mm}^2 - \overline{Nm}^2) NP$ und daher $V = 2\pi y_1 \cdot \Sigma(MNPQ)$. Geht nun die Summe der Rechtecke in die Fläche F der Kurve über, ſo wird V das Volumen des von ihr erzeugten Rotationskörpers darſtellen und es drückt die Relation $V = 2\pi y_1 \cdot F$ den erwähnten Satz aus. Auch dieſer Satz gilt für Teilrotationen, wie leicht zu ſehen. Schneidet die Achſe OX die rotierende Fläche, ſo liefert der Satz unmittelbar angewendet die Differenz der Volumina der Rotationskörper, die von den zu beiden Seiten der Drehachſe gelegenen Flächenſtücken beſchrieben werden. Beide Guldinſche Regeln ſind übrigens leicht zu überſehender Ausdehnungen fähig auf Gebilde, die entſtehen, wenn die Achſe während ihrer Erzeugung kontinuierlich wechſelt. *(Schell) Finſterwalder.*

Gullies (Rinneneinläſſe), ſ. Kanaliſation der Privatgrundſtücke.

Gummi, alle diejenigen amorphen, in Alkohol unlöslichen, in Waſſer löslichen oder nur quellbaren Pflanzenſtoffe, die entweder durch (rückſchreitende) Umwandlung der Zellmembran entſtehen (pathologiſche Gummoſis) oder an Wundſtellen bei Holzpflanzen (auch im Kernholz) aus dem Zellinhalt ſich bilden und durch Ausfüllung der Gefäßöffnungen die Wunde verſchließen (phyſiologiſche Gummoſis) [1]—[6].

Als gummibildende, d. h. die Urſache der Gummibildung darſtellende Elemente werden das Enzym der Gummiarten (Gummaſe) [28], ferner gewiſſe Bakterien, Bacterium acaciae und Bacterium metarabinicum [25], neueſtens auch Ameiſen und eine Schmetterlingsraupe (für Chagualgummi) genannt. Die im Handel auftretenden Gummiarten ſind nur zum geringeren Teile Produkte der Zellmembranmetamorphoſe, wie der Tragant, das Tuna- und Moringagummi; zumeiſt entſtehen ſie aus den Beſtandteilen des Zellinhaltes, wie das echte arabiſche Gummi und überhaupt die meiſten Akaziengummiſorten [7]—[11] und [22]).

Die Hauptbeſtandteile der Gummiarten — letztere ſind keine chemiſchen Individuen, ſondern nur Gemenge — ſind ſogenannte Glykoſido-Gummiſäuren [23], welche wieder Gemenge

bilden; ein bisher noch nicht in seine Komponenten zerlegtes Gemenge solcher wasserlöslichen Glykosidogummisäuren wurde als Arabin bezeichnet, das eigentümlicherweise bei der Elementaranalyse zu der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ oder zu $C_{91}H_{148}O_{74}$ führte, dem ein Mol.-Gew. von 2418 entspräche. Die von O'Sullivan aus Geddagummi dargestellten Glykosidogummisäuren liefern als letzte Produkte der durchgreifenden Hydrolyse Geddinsäure, Arabinose und Galaktose. Die im Wasser nicht vollkommen löslichen Gummiarten hinterlassen einen gallertigen Rückstand, der als Bassorin (Tragantgummi) oder als Cerasin (Kirschgummi) bezeichnet wird. Das Bassorin — wie das Arabin eine Summe ähnlich gestalteter Verbindungen — „ist farblos, im Wasser wenig löslich. Bassoringallerten und -lösungen reagieren neutral. Unmittelbar aus den Gummen abgeschieden, enthält es keinerlei Metalle in salzartiger Bindung, bestimmt kein Calcium. In kochenden Lösungen von Alkalikarbonaten löst es sich wie das Cerasin, jedoch ohne Ausscheidung von $CaCO_3$. Im trockenen Zustande ist es nicht spröde, sondern zähe". — „Cerasin wird als eine farblose, in Wasser und Alkohol unlösliche Substanz beschrieben, in trockenem Zustande spröde. Mit Alkalikarbonatlösungen gekocht scheidet es Calciumkarbonat aus, wobei es in Lösung geht. Es enthält demnach Calcium in salzartiger Bindung und besteht aus einer Substanz sauern Charakters oder deren mehreren. Cerasin zeigt, von den gebundenen Basen befreit, in seinem physikalischen und chemischen Verhalten große Aehnlichkeit mit einer unlöslichen Modifikation des Arabins, die beim vollständigen Austrocknen derselben schon bei gewöhnlicher Temperatur (rascher bei höherer) entsteht und als Metarabinsäure bezeichnet wurde." (Bamberger) [23]. Vgl. a. [21].

Nach diesen Stoffen kann man die Gummiarten einteilen [3], [12] in: arabinreiche mit viel Arabin und sehr wenig Bassorin und Cerasin: Akaziengummi, echtes ostindisches Gummi, Acajougummi; cerasinreiche mit Cerasin und Arabin: Steinobstgummi (Kirschen-, Pflaumengummi); bassorinreiche mit Bassorin und wenig Arabin oder einem diesem nahestehenden Körper: Tragant-, Bassora-, Kutera-, Kokos-, Chagual- und Moringagummi; cerasin- und bassorinhaltige: Gummi von Cochlospermum Gossypium. Je nach ihrer Beschaffenheit, insbesondere nach ihrer Löslichkeit im Wasser, ihrem Klebe-, Steifungs- und Verdickungsvermögen finden die Gummiarten in der Technik vielfache und verschiedenartige Anwendung. Die wichtigsten Arten sind in folgendem beschrieben:

I. Akaziengummi, wird unterschieden in ost-, west-, südafrikanisches, ostindisches und australisches. — Ostafrikanisches, das eigentliche Gummi arabicum, stammt hauptsächlich von Acacia Verek *Guillem. et Perott.* (= Acacia Senegal *Willdenow*), von Acacia glaucophylla *Steud.*, Acacia giraffae *Burch*, Acacia abyssinica *Hochst.*, Acacia fistula *Schweinf.* und Acacia stenocarpa *Hochst.* ab; es wird in Kordofan, in Senaar, am Blauen Nil und seinen östlichen Zuflüssen, in Bischarin und im Somalilande [13], [14] gesammelt und bildet kugelige, knollige, eirunde, längliche und eckige, von Rissen durchsetzte Stücke von Erbsen- bis Walnußgröße von verschiedener Farbe und verschiedenen Durchsichtigkeitsgraden. Das Kordofangummi gilt als die beste und reinste Provenienzsorte. Nach Farbe, Größe und sonstiger Egalität stellt man durch Auslesen farblose weiße, blonde Sorten her, die als Gummi arabicum electissimum seu albissimum, I- und II-electum, album, flavum, medium, naturale u. s. w. bezeichnet werden. Das Gummi ist brüchig, am muscheligen Bruch glasglänzend, läßt sich leicht pulvern, ist geruchlos, schmeckt fade schleimig, löst sich mit der doppelten Gewichtsmenge Wasser vollständig zu einem stets etwas gelblichen, sauer reagierenden, kräftig klebenden Schleim auf, ist in Alkohol, Aether unlöslich und wird, auf 150° erhitzt, zum Teil unlöslich; spez. Gew. lufttrocken 1,487. Die Gummilösung ist mit Bleizuckerlösung in jedem Verhältnisse ohne Trübung mischbar, wird mit Eisenchlorid oder Borax zu einer Gallerte und von Alkohol gefällt. Mit Salpetersäure erhitzt gibt Gummi Schleimsäure in sehr wechselnden Verhältnissen (14—38%). Merkwürdig ist die Verschiedenheit im optischen Verhalten: Kordofangummi dreht die Polarisationsebene nach links, Senaargummi dagegen nach rechts. Ueber das Aussehen der geringeren Sorten ostafrikanischen Gummis s. insbesondere [3], [4] und [15]. — Westafrikanisches sogenanntes Mogadorgummi, aus Marokko kommend, stammt von Acacia gummifera *Willd.*, löst sich unvollständig und ist eine schlechte Ersatzsorte des echten arabischen Gummis. Viel wichtiger ist das Senegalgummi, dessen beste Qualität ebenfalls von Acacia Verek herstammt, während für die geringeren Sorten Acacia Neboued *Guill.*, Acacia vera *Willd.*, Acacia albida *DC* die Stammpflanzen sein sollen. Senegalgummi tritt in drei Hauptsammelsorten auf: a) Gomme du bas du fleuve (vom Unterlauf des Senegal), die häufigste und gemeinste Sorte, in runden oder dicken wurmförmigen gelblichen und bräunlichen Stücken. b) Gomme du haut du fleuve (vom Oberlauf des Senegal), reiner, weißer, leichter löslich in Wasser, besonders reich an dünnen ast- und wurmförmigen Stücken. c) Gomme friable (ou Salabreda), farblose oder nur sehr wenig gefärbte wurmförmige Stücke nebst zahlreichen verschieden großen und verschieden gefärbten (sehr zerbrechlichen) Bruchstücken. Aus diesen Sammelprodukten werden in Frankreich die Handelssorten durch Auslese und Siebung gewonnen, wie gomme blanche, gomme blonde u. s. w. [3], [4]. Diese sowie die Sorten Moyens und Menus grabeaux (in unserm Handel Gummi in granis major et minor, Granisgummi, sandige, sehr unreine, durch Abfieben gewonnene Sorten) sind gewöhnlich als arabisches Gummi im Kleinhandel. Echtes arabisches Gummi vom Senegalgummi zu unterscheiden, gelingt wohl mit den schlechteren Sorten; dagegen Kordofangummi vom besten Senegalgummi zu trennen, ist sehr schwer. Nach Tschirch [12] zeigt „Senegalgummi vielleicht etwas weniger Risse, ist auch etwas weniger spröde und glänzend als Kordofangummi, doch hängt das Aussehen aller Gummisorten sehr von der Witterung ab. Die Stücke erreichen beim Senegalgummi eine Größe von 4 cm, das Kordofangummi ist nie so groß. In größeren Massen, wo überhaupt beide Sorten sich leichter voneinander unterscheiden lassen, tritt eine etwas rötliche Färbung beim Senegalgummi hervor." Nebst der Anwendung des arabischen Gummis in der Heilkunde (in der Wüste auch

als Nahrungsmittel) findet es eine ſolche in der Technik als vorzügliches Klebemittel, zu feinen Appreturen für Seidenſtoffe, Seidenbänder, Spitzen, als Verdickungsmittel in der Likörfabrikation (nur die feinſten Sorten), im Zeugdruck und zur Bereitung der Waſſerfarben, zur Herſtellung der Zündholzköpfchen, als Zuſatz zur Tinte, um der Schrift Glanz zu geben; vegetabiliſcher Leim iſt Gummilöſung mit 2% Aluminiumſulfat. — Deutſchafrikaniſche Gummiarten von verſchiedenen Acaciaarten ſind in ihren Eigenſchaften ſehr verſchieden, meiſtens minder gut als arabiſches Gummi; vgl. insbeſondere [24] und [4]. — Südafrikaniſches Akazienguммi kommt als Kapgummi von Acacia horrida *Willd.* (auch Acacia Karoo *Hayne* und Acacia capensis *Burch*), wird am Oranjefluß geſammelt und beſteht aus trüben, dunkeln und nur unvollſtändig in Waſſer löslichen Stücken. — Oſtindiſches Akazien-gummi von Acacia Arabica *Willd.* und Acacia Farnesiana führt im Handel den Namen Amradgummi. — Auſtraliſches Akazienguммi, Wattlegummi, iſt eine ziemlich reichlich verwendete Erſatzſorte für arabiſches Gummi. Es wird in Neuſüdwales und Südauſtralien geſammelt und ſtammt von Acacia pycnantha *Benth.* Stalaktitiſche oder halbkugelige Stücke bis 10 cm Länge mit einer flachen (der Rinde anſitzenden) Seite, rotbraun, durchſcheinend, leicht und vollſtändig in Waſſer löslich.

Durch Bleichen der dunkeln Gummiſorten, z. B. mit ſchwefliger Säure, ſucht man dieſelben dem Kordofangummi ähnlich zu machen. Fälſchungen des Gummipulvers mit Dextrin ſind häufig; nach Hager gibt ſolches gefälſchte Pulver in dünner Waſſerlöſung mit fünf bis ſechs Tropfen Ammonmolybdänatlöſung und einigen Tropfen Salpeterſäure gemiſcht und aufgekocht eine blaue Flüſſigkeit; reine Gummilöſung bleibt farblos oder wird ſchwach bläulich ſchillernd. — Andre techniſche Erſatzmittel ſind Agar-Agar und Carragheen. Mitunter, z. B. an ſehr glattem Papier, haftet auch das beſte Gummi ſchlecht; Zuſatz von Calciumnitrat zum Gummi erhöht die Klebkraft [15]. Das ſogenannte Mineralgummi von Way iſt in Schwefel- oder Phosphorſäure gelöſtes Aluminiumphosphat.

II. Echtes oſtindiſches Gummi, Feroniagummi, von der oſtindiſchen Aurantiacee Feronia elephantum *Corr.* ſtammend, bildet große, unregelmäßige, oberflächlich höckerige, außerordentlich glänzende, topasgelbe, durchſichtige Stücke, die ſich in Waſſer leicht und vollſtändig auflöſen. Es dreht die Polariſationsebene nach rechts, gibt 5,1% Aſche und kann echtes arabiſches Gummi vollſtändig erſetzen [16].

III. Mezquitegummi, Miguite, Musguitgummi, von Prosopis dulcis *Schiede* (Acacia dulcis *Willd.*), Prosopis horrida *Kunth* u. ſ. w., aus Mexiko und dem Süden der Nordamerikaniſchen Union.

IV. Braſiliſches Gummi aus Para, von Acacia Angico *Mart.*

V. Gummi von Hymenaea Courbaril (Heuſchreckenbaum, Animebaum) aus Südamerika.

VI. Ghatigummi von Anogeisus latifolia *Wallich*, aus Oſtindien.

VII. Acajougummi, Gomme d'Acajou, von Anacardium occidentale aus Weſtindien und Südamerika; alle dieſe ſind Erſatzmittel des arabiſchen Gummis und werden auch demſelben beigemiſcht.

VIII. Von den cerafinreichen Sorten iſt nur das Kirſchgummi, Gummi nostras, gomme de pays, anzuführen. Es findet ſich an der geborſtenen Rinde der Kirſch-, Pflaumen-, Aprikoſen- und Mandelbäume in halbkugeligen oder nierenförmigen Stücken von blaßgelber bis brauner Farbe. Kirſch- und Aprikoſengummi ſind dunkel gefärbt. Letzteres iſt in Niederöſterreich außerordentlich häufig, löſt ſich zum Teil in Waſſer zu einer rötlichbraunen, etwas und unangenehm riechenden Flüſſigkeit, während ein Teil gallertig bleibt. Seine Verwendung iſt gering (z. B. in Frankreich, im Kattundruck in der deutſchen und öſterreichiſchen Induſtrie) [4], [26].

IX. Die folgenden Gummiarten ſind baſſorinhaltig. Tragant (Tragacantha, gomme adragante) iſt der durch Metamorphoſe der Membranen der Mark- und Markſtrahlzellen von Astragalusarten entſtandene und eingetrocknete Schleim. Die wichtigſten Stammpflanzen ſind: Astragalus adscendens *Boiss. et Hausskn.* im ſüdweſtlichen Perſien; Astragalus brachycalyx *Fiſch* in Kurdiſtan; Astragalus gummifer *Labill.* in Syrien, Kleinaſien; Astragalus microcephalus *Willd.* in Kleinaſien und Armenien; Astragalus verus *Oliv.* in Kleinaſien und Perſien u. a. m. — Nur Astragalus cylleneus *Boiss. et Heldr.* bewohnt das nördliche Morea und iſt wohl die einzige europäiſche Art, die Tragant liefert; die bei uns vorkommenden zahlreichen Arten dieſer Gattung zeigen keine Gummibildung. — Der aus natürlichen (durch Berſten entſtandenen) Riſſen ausfließende Tragant zeigt meiſt knollige, traubige, wurmförmige Geſtalten; aus künſtlichen Schnitten tritt er in Blätterform, aus Stichen in wurm- und fadenartigen Bildungen hervor. Danach unterſcheidet man: a) Blättertragant von Smyrna, flache, platten- oder flachmuſchelige, an der Oberfläche mit bogenförmigen, parallelen Leiſten verſehene weiße oder gelbliche, durchſichtige bis durchſcheinende, meiſtens matte hornartige, zähe Stücke. Egale, reinweiße Ware wird nur durch Elegieren gewonnen. b) Wurm- und Fadentragant (vermicelli) von Smyrna; teils durch Elegieren gewonnen, teils ganz dünne, gekrümmte, wurmförmig gebogene, geknäuelte und eingerollte bandförmige, teils ganz dünne, gekrümmte, wurmförmig gebogene, geknäuelte und eingerollte Stücke, in Farbe und Beſchaffenheit dem vorigen gleich. c) Syriſcher Tragant in wurmförmigen, knolligen oder traubigen Stücken, manche davon gelblich, bräunlich, mit ſtärkerem Glanze. d) Moreatragant, eine unreine Sorte mit knolligen, fadenförmigen und unregelmäßigen Stücken. Tragant läßt ſich leicht ſchneiden, faſt nicht pulvern und zeigt im Mikroſkope einen zelligen Bau; die Wand der Zellen verquillt in Waſſer; im Innern derſelben findet man teils einfache, teils zuſammengeſetzte Stärkekörner vor, die 4—10 μ meſſen; die beſten Sorten haben nur wenige Stärkekörner, und die Verdickungsſchichten der Zellwände ſind faſt vollſtändig in Schleim umgewandelt. Im polariſierten Lichte zeigt Tragant prismatiſche Farben (infolge der Miſchung der zwei Gummiſubſtanzen). Der Hauptbeſtandteil des Tragant iſt das Baſſorin (Girond, 1875, zitiert in [13], gibt an, daß der Tragant aus 60% Pektinſubſtanz beſteht), das in Waſſer nur auf-

quillt, daher Tragant ſich größtenteils nicht auflöſt. Das Baſſorin klebt nicht, bindet aber ſtark nach erfolgter Eintrocknung (Wiesner). Uebrigens ſoll es in großen Mengen Waſſer ſich ganz löſen [17]. In Fadentragant iſt auch Traubenzucker gefunden worden [18]. Der Aſchengehalt beträgt etwa 3%. Die techniſche Verwendung des Tragant iſt ſehr umfangreich: zur Appretur der Seidenbänder und Spitzen, zum Steifen der Filzhüte, zum Glänzendmachen von Leder, zur Verdickung der Farben in der Kattundruckerei und in der Konditorei, zu künſtlichen Blumen, Zieraten, Figuren u. ſ. w. Der jährliche Export aus Smyrna beläuft ſich auf ca. 4500 Zentner.

X. Das Baſſoragummi von Acacia leucophloea *Berth.* beſteht aus eckigen, glänzenden, gelblichen bis braunen, in Waſſer nur wenig löslichen Knollen. Kommt aus Indien und dient zum Verfälſchen des arabiſchen Gummis (gibt mit Borax keine Gallerte).

XI. Kuteragummi, afrikaniſcher Tragant, von Sterculia Tragacantha *Lin* und Sterculia urens *Roxb.*, iſt dem Tragant ähnlich und dient zur Verfälſchung desſelben. Er zeigt keinerlei Strukturverhältniſſe und niemals Stärkekörnchen, liefert 7,8% Aſche [19]. Ein Kutera- oder Kutiragummi wird übrigens auch von Astragalus heratensis *Bunge* und Astragalus strobiliferus *Royle* abgeleitet und iſt dann eine geringe Tragantſorte.

XII. Chagualgummi, Magueygummi, von mehreren Puyaarten (aus der Abteilung Pourretia) aus Chile ſtammend, ſammelt ſich an den Blütenſchäften an, wobei zur Bildung und zum Austritt die Raupe von Kastnia elegans durch ihre Verletzungen der Stammpflanze Anlaß gibt; topasgelbe Bruchſtücke von Hohlzylindern, ſehr baſſorinreich [4], [27].

XIII. Tunagummi von Opuntia Tuna, Venezuela [20].

XIV. Kokosgummi, gomme de coco, Haari tapau, von der Kokospalme, mit 70—90° Baſſorin [4].

XV. Moringagummi, gomme de ben-ailé, von Moringa pterygosperma *Gärtn.* aus Indien; bildet Körner oder Fäden, enthält neben Baſſorin u. ſ. w. auch Dextrin [4].

Literatur: [1] Wigand, Ueber die Desorganiſation der Pflanzenzelle; Pringsheim, Jahrb. für wiſſ. Botanik, Bd. 3, S. 115 ff. — [2] Frank, A. B., Ueber die anatomiſche Bedeutung und die Entſtehung der vegetabiliſchen Schleime; Pringsheim, Jahrb. für wiſſ. Botanik 1866—67, Bd. 5, S. 161 ff. — [3] Wiesner, J., Die techniſch verwendeten Gummiarten, Harze und Balſame, Erlangen 1869. — [4] Derſ., Die Rohſtoffe des Pflanzenreichs, 2. Aufl., Leipzig 1900, Bd. 1, S. 48 ff. — [5] Gaunersdorfer, Beiträge zur Kenntnis der Eigenſchaften und Entſtehung des Kernholzes, Sitzungsber. der Kaiſ. Akad. d. Wiſſ. Wien, Januarheft 1882. — [6] Frank, Ueber Gummibildung im Holz u. deren phyſiolog. Bedeutung, Bot. Zentralbl. 1884, Nr. 46, S. 195. — [7] Sorauer, P., Handb. der Pflanzenkrankheiten, 1. Teil, S. 876 ff., Berlin 1886. — [8] Martins, Sur un mode particulier d'excrétion de la gomme arabique produite par l'acacia Verek du Sénégal, Comptes rendus 1875, I, S. 607. — [9] Kiliani, Ueber arabiſches Gummi, Berl. chem. Geſellſch., zit. in Jahresber. f. Agrikulturchemie 1882, S. 88. — [10] Moeller, J., Ueber die Entſtehung des Akaziengummis, ſ. Sitzungsbericht der Kaiſ. Akad. der Wiſſ., Wien, Juniheft 1875. — [11] Wiesner, J., Ueber ein Ferment, welches in der Pflanze die Umwandlung der Celluloſe in Gummi und Schleim bewirkt, ebend., Juliheft 1885, und Bot. Ztg. 1885, Nr. 37. — [12] Tſchirch in Realencyklop. d. geſ. Pharm., 2. Aufl., Wien 1905, Bd. 6, S. 87. — [13] Vogl, A., Kommentar u. ſ. w. 1892, Bd. 2, S. 421—423. — [14] Haggenmacher, Reiſe im Somalilande, Peterm. Geogr. Mitteilungen 1876, Ergänzungsheft 47, davon Zitat in [13]. — [15] Valenta, Ed., Die Klebe- und Verdickungsmittel, Kaſſel 1884 (in techniſcher Beziehung beſonders empfehlenswert). — [16] Flückiger, Gummi und Bdellium vom Senegal, Schweiz. Wochenſchr. f. Pharmaz. 1869, Nr. 6, 7, 8. — [17] Derſ., Pharmakognoſie, Berlin 1891. — [18] Ludwig, Archiv d. Pharmaz., Bd. 82, S. 43. — [19] Flückiger, Pharmaceutical Journal for May 1869. — [20] Hanauſek, T. F., Goma de Tuna in Zeitſchr. d. Allg. öſterr. Apothekervereins 1877, S. 113. — [21] Hufemann und Hilger, Pflanzenſtoffe, II, A. I, S. 131. — [22] Höhnel, Fr. v., Ueber das Material, welches zur Bildung des arabiſchen Gummis in der Pflanze dient, Ber. d. Deutſch. Bot. Geſ. 1888, Bd. 6, S. 156—159. — [23] Bamberger in Wiesner, Rohſtoffe, Bd. 1, S. 61 ff., 2. Aufl. — [24] Siedler, Ber. d. Deutſchen Pharm. Geſ. 1901, XI, S. 23. — [25] Smith, Ueber den bakter. Urſprung verſchiedener Gummiarten, Zentralblatt f. Bakteriologie 1903, Nr. 2. — [26] Hofmeiſter, C., Ber. d. Deutſch. Bot. Geſ. 1898, XVI, S. 239. — [27] Hartwich in Zeitſchr. d. Allg. öſterr. Apothek.-Ver. 1896, S. 565 ff. — [28] Tſchirch-Stevens, Ueber die Gummienzyme, Pharmazeut. Zentralbl. 1905, Nr. 26.

T. F. Hanauſek.

Gummi, auſtraliſches, ſ. v. w. Akaroidharz; **Gummi, künſtliches**, ſ. v. w. Dextrin; **Gummi, plaſtiſches**, ſ. v. w. Guttapercha; **Gummi, vulkaniſiertes**, ſ. v. w. vulkaniſierter Kautſchuk; **Gummi elasticum**, ſ. v. w. Kautſchuk; **Gummi germanicum**, ſ. Dextrinfabrikation.

Gummiaderleitung, -bandleitung, ſ. Leitungen, elektriſche.

Gummidruck, direkter Pigmentdruck, ein photographiſches Kopierverfahren, bei dem die lichtempfindliche Schicht, beſtehend aus Gummi, chromſauren Salzen und Pigmenten (Aquarellfarben), auf Papier aufgetragen und unter einem Negativ belichtet wird.

Die vom Lichte getroffenen Stellen werden unlöslich und halten das Pigment feſt; die Entwicklung geſchieht mit Waſſer. Man pflegt bei dieſem Prozeſſe zwei oder drei Bildſchichten fukzeſſive übereinander zu kopieren, um die Kraft und Modulation der Bilder zu regeln. Der Prozeß iſt ſchon ſeit 50 Jahren bekannt, wird jedoch erſt ſeit der Mitte der 1890er Jahre zur Herſtellung künſtleriſcher Photographien mit Vorliebe vielfach verwendet, da er geſtattet, durch eigenmächtiges Eingreifen während der Entwicklung die künſtleriſchen Abſichten des Photographen zum Ausdruck zu bringen.

Zur Herſtellung der Gummilöſung (Gummiſtärkelöſung) werden 4 Teile weißes Gummiarabikum in 10 Teilen Waſſer warm gelöſt. Zur Haltbarmachung verſetzt man dieſe Gummivorratslöſung mit einigen Tropfen Karbolſäure. Man kann aber auch dieſe Löſung ohne Karbolzuſatz abſichtlich ſchimmeln laſſen und filtriert ſie danach durch Gaze. Vorteilhaft hat ſich erwieſen, wenn zum Auflöſen des Gummis anſtatt des Waſſers eine 2prozentige Stärkeabköchung benutzt wird.

Die Chromatlöſung beſteht aus 10 Teilen Kalium- oder Ammoniumbichromat und 100 Teilen Waſſer.

Zum Ueberziehen des Papiers mit der Gummiſchicht wird gut geleimtes bezw. vorpräpariertes Papier auf eine ebene Holzunterlage mit Fließpapier gebracht, an den Enden befeſtigt und mit einer dünnen Schicht von Farbe, Gummi und Chromatlöſung überzogen. Das Miſchen von Farbe und Gummi wird beim Tageslicht durchgeführt, während der Zuſatz von Chromſalz und das Streichen des Papiers bei ſtark gedämpftem Tageslicht oder Lampenlicht vorgenommen wird. Zum Auftragen der Miſchung verwendet man einen breiten weichen Pinſel (Fiſchhaarpinſel), zum Ausgleichen einen Vertreibpinſel aus Dachshaar. Getrocknet wird das Gummidruckpapier in einer geheizten Dunkelkammer. Als allgemeines Rezept kann eine Miſchung von gleichen Teilen Farbe, Gummiarabikum und Chromatlöſung gelten. Dieſelbe muß ſo dünn aufgeſtrichen ſein, daß das Papier noch durchſcheint.

Die Belichtung kann ſowohl von der Schichtſeite als auch von der Rückſeite vorgenommen werden. In letzterem Falle wird das geſtrichene Papier in Petroleum getränkt, mit Fließpapier abgeſaugt, wodurch dasſelbe nach dem Trocknen transparent erſcheint. Das Petroleum wird beim fertigen Druck durch Uebergießen des Druckes mit Benzin entfernt. Belichtet wird das Gummipapier unter einem Negativ im Kopierrahmen, wobei Papier und Negativ mit Strichmarken verſehen werden. Zur Abſchätzung der Lichtwirkung wird (wie beim Pigmentdruck) ein Photometer benutzt. Die Lichtempfindlichkeit des Gummidruckpapiers iſt ſo groß, daß ein für Celloidindruck geeignetes Negativ bei zerſtreutem hellen Tageslichte in beiläufig $^1/_8$ Stunde fertig kopiert.

Die Entwicklung geht bei richtigem Kopiergrade im kalten oder mäßig erwärmten Waſſerbade, auf dem die Kopie unter Vermeidung von Luftblaſen ſchwimmen gelaſſen wird, vor ſich. Bei ſtärkerer Belichtung wird durch Schaukeln des Papieres im Waſſerbade, durch Ueberſpülen, Abbrauſen mit kaltem Waſſer, Uebergießen mit Holzmehlbrei u. ſ. w. entwickelt. Die erſte Kopie auf Gummidruckpapier gibt faſt nie ein fertiges Bild, es ſind meiſt zwei, drei oder noch mehr Kopien erforderlich, was erreicht wird, indem man die trockene erſte Kopie abermals mit der lichtempfindlichen Farbſchicht überſtreicht, trocknet, belichtet, entwickelt und wiederholt, bis das Bild die gewünſchte Tonabſtufung aufweiſt. Meiſt werden drei übereinander kopierte Farbbildſchichten (eine für die dunkelſten Töne, eine für Mitteltöne, eine für die Details in den Lichtern) das richtigſte Reſultat geben. Demzufolge iſt auch die Kopierzeit zu wählen, für Schatten kürzer, für Mitteltöne länger und für die Details in den Lichtern am längſten. Der fertige Gummidruck wird mit einer dünnen Gummiſchicht überzogen.

Literatur: Behrens, Der Gummidruck, 2. Aufl., Berlin 1903; Gaedicke, Der Gummidruck, 2. Aufl., Berlin 1903; Hofmeiſter, Der Gummidruck, Halle a. S. 1898; Kofel, Der Gummidruck, Wien 1900; Köſters, Der Gummidruck, Halle a. S. 1904; Rapp, Praktiſche Anleitung zur Ausübung des Gummidruckes, Wien 1900; Silberer, Anleitung zum Gummidruck, Wien 1903; Eder, Rezepte und Tabellen, 6. Aufl., Halle a. S. 1905. *J. M. Eder.*

Gummieren, eine Art des Appretierens, wobei Gummi-, Dextrin- oder Tragantlöſungen einſeitig auf verſchiedene Gewebe aufgebracht werden, um dieſen Geweben „Griff“ und Steifheit zu verleihen (ſ. Appretmittel).

Dasſelbe erfolgt auf Maſchinen, die im weſentlichen aus einem Troge zur Aufnahme der Appreturflüſſigkeit und aus zwei aufeinander laufenden Walzen beſtehen, von denen die untere in die Appreturflüſſigkeit taucht. Das Gewebe ſtreicht über die obere, meiſt punktierte Walze, die bei der Bewegung der Maſchine die Appreturflüſſigkeit aufnimmt und auf die Ware überträgt. Mitunter geſchieht das Gummieren auch ſo, daß eine dünne Gummilöſung durch eine Einſprengmaſchine auf das Gewebe aufgeſpritzt wird. *Singer.*

Gummigutti, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 641.

Gummiklappen, ſ. Pumpenventile.

Gummilack (Stocklack, Gummi lacca, Resina lacca), ein natürliches Harz- und Farbſtoffgemenge, das die jungen Zweige mehrerer indiſchen Bäume, und zwar Croton lacciferum *L.* (Gummilackbaum), Schleicheria trijuga *Willd.*, Ficus religiosa *L.*, Ficus indica *Vahl*, Ficus bengalensis *L.*, Ficus laccifera *Roxb.*, Urostigma rubescens *Miqu.*, Butea frondosa *Roxb.*, Ziziphus lujuba *L.* u. a. bedeckt.

Es bildet ſich nach dem Anſtich der ganz jungen, ſaftigen Triebe durch die Gummilackſchildlaus (Coccus laccae *Kerr* = Carteria Lacca *Signoret*), und zwar der befruchteten, ungeflügelten Weibchen. Die herausquellende Harzmaſſe umhüllt die Tierchen, die zu großen Blaſen anſchwellen. Die infizierten Zweige verlieren die Blätter und ſterben ab; im März iſt gewöhnlich der Harzausfluß beendet. Innerhalb der erſtarrten Harzmaſſen haben ſich in der Schildlaus 20—30 Larven entwickelt, die im Oktober oder November den Harzpanzer durchbohren und ihre Entwicklungsſtätte verlaſſen.

Die mit Harz bedeckten Zweige kommen als Stock- oder Stangenlack direkt in den Handel oder man ſammelt nur die Harzkruſten, indem man ſie von den Zweigen abbricht:

Körnerlack. Der Harzüberzug an den Zweigen ist verschieden mächtig, von mehreren Millimetern bis zu einigen Zentimetern. Die Farbe ist ein tiefes Braunrot, in einzelnen Sorten lichtbraun; interessant ist, daß die undurchbohrten dunkler gefärbt sind als die durchbohrten. Spez. Gew. 1,139 [1], [2], [3].

Gummilack setzt sich aus Wachs, Farbstoff, Reinharz und Verunreinigungen zusammen. Das Wachs wird mit Petroläther abgeschieden und besteht aus ca. 50% Wachsalkoholen und im übrigen aus an Fettsäuren (Palmitin-, Stearin-, Oelsäure u. s. w.) gebundenen Alkoholen. Mithin unterscheidet sich Gummilack dadurch von allen andern Harzen und wird daher mit Recht ein Fettharz genannt. Der Farbstoff (in reinster Form als Laccainsäure) heißt Lac dye und wurde schon im Artikel Farbstoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 641 besprochen. Das Reinharz bildet nach Tschirch und Farner [4] ein hellbraunes Pulver, das aus einem in Aether nicht löslichen Teil (65%) und einem ätherlöslichen besteht. Ersterer zerfällt bei der Verseifung in die Aleuritinsäure und in einen Harzalkohol; letzterer stellt die Resinotannole vor (vgl. den Art. Harze), enthält hauptsächlich freie Fettsäuren, einen wachsartigen Körper, ein Resen und das Erythrolaccin $C_{14}H_8O_5 + H_2O$, das die schöne gelbe Farbe des Schellacks (s. unten) bedingt; es kristallisiert in goldgelben rhombischen Blättchen, sublimiert in prächtig roten Nadeln und löst sich in Alkohol, Aether, Benzol, Toluol, Chloroform und Essigsäure mit goldgelber, in Alkalien mit violetter Farbe. Der meiste Gummilack kommt von dem Gebiete des Ganges; Bengalen liefert die beste Sorte; viel wird auch aus dem Gebiete des Irawady, namentlich von Barma, dann von Anam und Siam geliefert (Siamlack 1896 pro 1 Ztr. 55—60 sh. London). — Aus dem Gummilack werden zwei technisch wichtige Produkte hergestellt, der Farbstoff Lac dye (Lacklack) und der Schellack. Letzterer besteht hauptsächlich aus den leichter schmelzbaren Harzen des Rohstoffes und wird entweder ohne vorausgehende Entfernung des Farbstoffes dargestellt, wobei sich die dunkelroten und dunkelbraunen Sorten ergeben, oder nachdem man vorher den Farbstoff ausgewaschen hat; dann erhält man den blonden und bronzefarbigen Schellack. Die alte indische Methode der Schellackgewinnung besteht darin, daß man den zerkleinerten Stocklack in schmale Säcke bringt, bis zum Flüssigwerden des Harzes erhitzt (etwa 140°) und hierauf die Säcke auswindet; das ablaufende Harz fällt auf Pisangblätter, erstarrt daselbst und bildet abgeklopft die scharfkantigen, unregelmäßig vieleckigen, dünnen, durchscheinenden, leicht zerbrechlichen Plättchen von verschiedener Helligkeit in der Farbe. Es kommen aber auch Sorten mit viel dickeren Platten (Knopflack) oder in rundlichen, mitunter etwas plattgedrückten Kuchen (Kuchenlack), selbst in unregelmäßigen Klumpen (Klumpenlack) vor. Im Handel unterscheidet man Orange I (1 Ztr. = 109—115 sh.), Orange II (1 Ztr. = 93—94 sh.), Halborange, Kirschrot, Knopf I und II, Garnet frei (1 Ztr. = 83—84 sh.) u. s. w. Schellack riecht erwärmt sehr angenehm; der geschmolzene läßt sich in lange Fäden ziehen, was als ein gutes Kennzeichen reiner Ware anzusehen ist; er erstarrt auch wieder sehr rasch, kann daher direkt zu raschem Verkitten benutzt werden; er ist in Weingeist leicht löslich und dient zur Darstellung von Weingeistfirnissen (Tischlerpolitur), Fußbodenglanzlack, Buchbinderlack, Kitten (Marineleim), zu Siegellack, in der Hutfabrikation bei der Bearbeitung des Hutfilzes. Die Schellack-Boraxlösung heißt Wasserfirnis, ist wasserdicht und zu vielen Klebarbeiten gesucht. Schellack ist auch ein Bindemittel für Schmirgelschleifsteine und -feilen. Der im Licht- und Steindruck angewendete Schwimmlack wird aus Schellack hergestellt; die alkoholisch-ammoniakalische Lösung dient als photographischer Negativlack [2]. Durch Behandlung mit Chlor kann man den Schellack weiß bleichen und bringt ihn dann in seidig glänzenden, spiralige Windungen zeigenden Stangen als gesponnenen Schellack in den Handel; dieser besitzt aber nicht mehr die leichte Löslichkeit in Alkohol. Verfälschungen mit Kolophonium kann man beim Erwärmen am Geruch erkennen, sicherer durch Behandlung mit Petroläther, in dem sich der größte Teil des Kolophoniums (90%) löst, während von Schellack nur 1—2% in Lösung gehen; zum Nachweise kann man auch Aether benutzen [2], [5].

Literatur: [1] Wiesner, Die technisch verwendeten Gummiharze u. s. w., Erlangen 1869. — [2] Ders., Rohstoffe, 2. Aufl., 1. Bd., S. 304 ff., Leipzig 1900. — [3] Unverdorben in Poggend. Ann., Bd. 14, S. 119. — [4] Tschirch u. Farner, Arch. d. Pharm., 1899, Bd. 237, S. 35. — [5] Wiesner in Dammers Lexik. d. Verf., S. 358, Leipzig 1887. *T. F. Hanausek.*

Gummiringe, zum Abdichten von Rohrleitungen (s. d.) gebrauchte Ringe, die, um haltbar zu sein, nur aus bestem Paragummi hergestellt werden dürfen.

Ist die Qualität eine entsprechende, so müssen nach Thiem das spez. Gew. 0,97, der Aschengehalt 0,75%, also verbrennlich 99,25% sein. Ein Stück von 15 cm Länge und 1,62 cm Durchmesser, nimmt im Aetherdampf eine Länge von 22,3 cm an und 100 g verbrennliche Substanz absorbieren 174 g Aether. Bei einer dreifachen Vermehrung (oder Verminderung) der ursprünglichen Länge darf die Elastizitätsgrenze nicht überschritten werden; die doppelte Länge der ursprünglichen wird erzeugt durch Belastung mit 3,97 kg Gewicht pro Quadratzentimeter ursprünglichen Querschnitt.

Gummischläuche, s. Gummiwarenfabrikation.

Gummitreibriemen, Riemen (s. d.) aus Gummi mit Gewebeeinlagen.

Gummiwarenfabrikation. Die Gummiwarenfabrikation ist 1842 durch den Engländer Hancock und den Amerikaner Goodyear eingeführt worden und hat in den letzten Jahrzehnten sich großartig entwickelt; sie zerfällt in Weichgummi-, Hartgummi-, Patentgummifabrikation, Fabrikation von wasserdichten Geweben mittels Gummi sowie Herstellung von Lederimitationen.

Die Weichgummifabrikation. Der Rohgummi wird zur Bearbeitung vor allem von feinen Verunreinigungen, die aus Sand, Lehm, Baumrinde u. f. w. beſtehen, befreit und zwar mit Hilfe des Waſchwalzwerks, das genau ſo konſtruiert iſt wie das Miſchwalzwerk (Fig. 1); nur hat dasſelbe gerippte Walzen ſowie Waſſerſpülung. Der Rohgummi wird zuerſt in heißem Waſſer erweicht und dann zwiſchen den in Differentialgeſchwindigkeit laufenden gerippten Walzen vorgewaſchen, während aus einem mit vielen Löchern verſehenen Rohr kontinuierlich kaltes Waſſer darauf fließt. Das Spülwaſſer läuft in die Berührungsſtelle der beiden gegeneinander ſich bewegenden Walzen, die das Material zerreißen und zerdrücken, während das darauf fließende Waſſer die Verunreinigungen fortſpült. Dieſe Manipulation wird ſo oft wiederholt, bis das abfließende Waſſer klar iſt. Unter den Walzen iſt ein mit Siebboden verſehener Kaſten, der das Material aufnimmt, angebracht. Der ſo bearbeitete Gummi hat das Ausſehen gegerbter Felle in etwa 2—4 mm Stärke. Das Nachwaſchen geſchieht auf einem genau ſo konſtruierten Walzwerk mit glatten Walzen. Die Gummifelle werden an der Luft getrocknet, was etwa 2—4 Wochen dauert. Fig. 1 ſtellt das Walzwerk dar, auf dem der Gummi geknetet und gemiſcht wird. Die Walzen ſind aus Hartguß heiz- und kühlbar eingerichtet, im übrigen glatt und bewegen ſich in Differentialgeſchwindigkeit gegeneinander. Der gewaſchene und getrocknete Gummi wird auf dieſer Maſchine bei erwärmten Walzen (etwa 40° C.) geknetet, und wenn er einen ſchwarzen, homogenen Teig bildet, mit verſchiedenen Zuſätzen durch fortwährendes Kneten vermengt. Die Walzen müſſen hierbei gekühlt werden (etwa 15—20° C.), da ſonſt die Knetmaſſe auf den Zylindern anklebt. Die Materialien, die dem Gummi je nach deſſen Verwendungszweck und Qualität der Ware beigemengt werden, ſind folgende: Zinkweiß, ſchwefelſaures Baryt (Lithoponeweiß), Antimonpentaſulfid (Goldſchwefel), Kreide, Bleiweiß, Bleiglätte, unterſchwefelſaures Blei, Zinnober, Eiſenoxydrot, Schwefelzink, Graphit, Ruß, Gummiſubſtitute (Factis genannt, hergeſtellt aus geſchwefelten vegetabiliſchen Oelen durch Kochen mit Hilfe von Chlorſchwefel), Gummiabfälle, entvulkaniſierter Gummi ſowie viele andre Erd- und Chromfarben, die jedoch nur bei der kalten Vulkaniſation angewendet werden. Außer den genannten Materialien kommt dazu der zur Heißvulkaniſation nötige Schwefel.

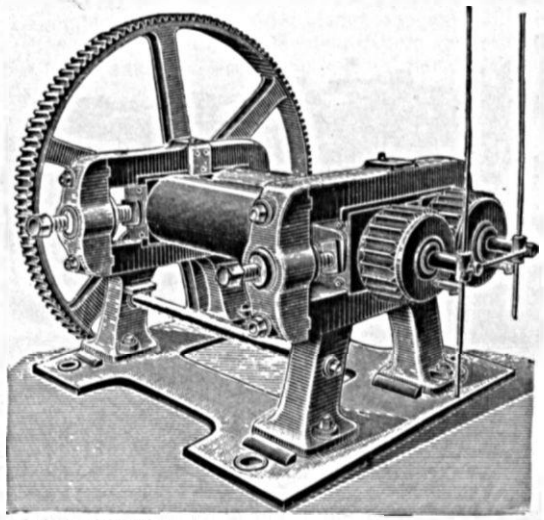


Fig. 1. Gummimiſch- und -walzwerk.

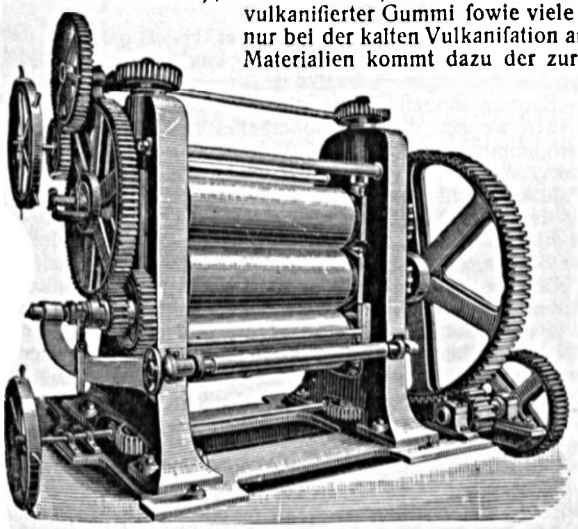


Fig. 2. Gummikalander.

Die Miſchungsrezepte ſind ſehr verſchieden; jeder Artikel und jede Qualität hat eine andre Zuſammenſtellung. Zur Herſtellung einer Dampfdichtungsplatte iſt bei guter Qualität folgende Miſchung gebräuchlich: 3 kg Gummi, 3 kg Kreide, 5 kg Zinkweiß, 2 kg Abfälle, 0,5 kg Schwefel. Für rote Gasſchläuche: 1 kg Gummi, ½ kg Factis, 2 kg Lithoponeweiß, 0,600 kg Goldſchwefel. Für weiße Gasſchläuche: 1 kg Gummi, 0,667 kg Factis weiß, 0,333 kg Factis ſchwarz, 1,600 kg Lithoponeweiß und 0,100 kg Schwefel. Nachdem die Miſchung gut zuſammengeknetet iſt, richtet ſich die weitere Behandlung nach dem daraus herzuſtellenden Artikel. Alle dieſe aufzuführen, würde zu weit führen; es ſeien nur die wichtigſten beſchrieben.

Dampfdichtungsplatten. Die geknetete Miſchung wird mittels des in Fig. 2 abgebildeten Kalanders zu einer entſprechend ſtarken Platte ausgewalzt. Der Gummi paſſiert die Flächen aller drei Walzen, die erwärmt ſind. Die erhaltenen Platten werden zurechtgeſchnitten, zwei derſelben mit einer oder zwei Gewebeeinlagen verklebt und dann in der Vulkaniſierpreſſe vulkaniſiert. Fig. 3 ſtellt dieſe Preſſe, die in ſehr verſchiedenen Dimenſionen angewendet wird, dar. Die Preſſe beſteht aus zwei hohlen Eiſengußkörpern, die mit einer Dampfſpannung von 4½—5 Atmoſphären heizbar ſind. Die obere Platte iſt beweglich und übt den Druck nach unten aus. Auch wird für dieſen Zweck das hydrauliſche Syſtem angewendet. Die Vulkaniſation dauert je nach Qualität und Dicke der Platte ¾—1½ Stunden bei einer Temperatur, die dem Dampfdruck von 4½ Atmoſphären entſpricht, alſo ca. 145° C.

Die Vulkaniſation des Gummis iſt bis heute wiſſenſchaftlich nicht definiert worden. Wenn

man Gummi mit 4—5% Schwefel vermiſcht und ihn mit Rückſicht auf ſeine andern Beimengungen 2—3 Stunden bei einer Temperatur von 135° C. und einem Dampf- oder mechaniſchen Druck von 3½ Atmoſphären erhitzt, ſo vulkaniſiert er, d. h. er wird in höchſtem Grade elaſtiſch und geht bei Spannung und Druck nach erfolgter Aufhebung der erſteren und Entlaſtung in ſeine urſprüngliche Form zurück. Der vulkaniſierte Gummi erſcheint vom heutigen chemiſchen Standpunkt aus als ein Additionsprodukt und die vulkaniſche Wirkung als eine Oxydation; bewieſen iſt dies aber nicht. Da die Gummiſubſtitute auch Schwefel binden, ſo muß ein höherer Prozentſatz angewendet werden. Paragummi braucht 4% Schwefel, die qualitativ ſchlechteren, weniger nervigen Sorten 5—6% Schwefel. Die Vulkaniſation mit Schwefel allein iſt nur unter Dampf oder mechaniſchem Druck möglich. Die bei waſſerdichten Stoffen und Gummiſchuhen angewendete Heißluftvulkaniſation iſt nur unter Zuſatz von mindeſtens 35% Bleiglätte durchführbar.

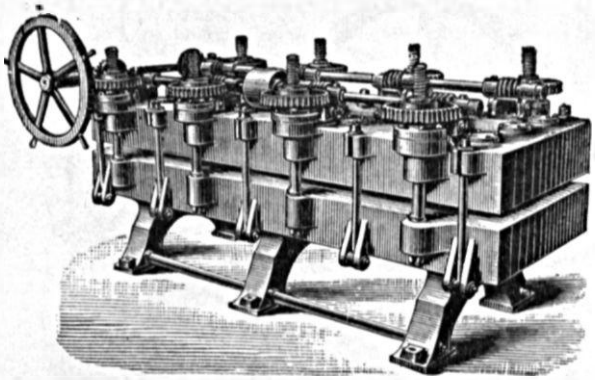


Fig. 3. Vulkaniſierpreſſe.

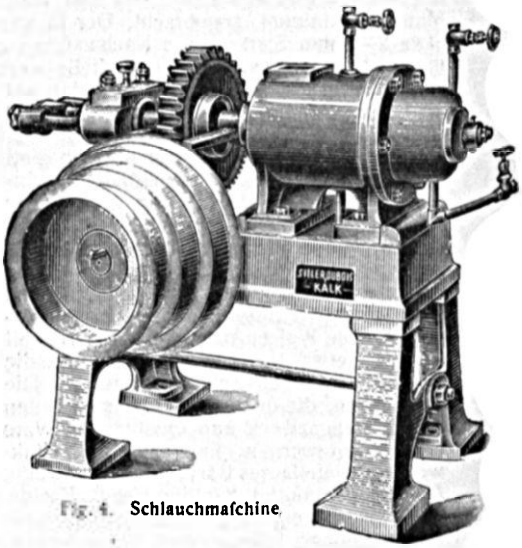


Fig. 4. Schlauchmaſchine.

Gummiſchläuche werden entweder mit der Hand gefertigt, und zwar um einen ca. 25—30 m langen Eiſendorn geklebt und mit Gewebeeinlagen verſehen oder nahtlos mittels der Schlauchmaſchine (Fig. 4) hergeſtellt. Das Prinzip derſelben iſt das Herausquetſchen der erhitzten Gummimaſſe aus einem mit Dorn verſehenen Mundſtück, dem das Material durch eine Transportſchnecke zugeführt wird.

Viele Gummiartikel werden mittels Formen gepreßt und mit der Hand geklebt. Die Vulkaniſation erfolgt zum Teil in der Preſſe und dem Vulkaniſierkeſſel, der aus ſtarkem Eiſenblech mit Deckel verſchließbar hergeſtellt iſt und mittels eines einfahrbaren Wagens die zu vulkaniſierenden Gegenſtände, entweder in ihren Formen eingeſchloſſen oder in Blechkäſten in Talkum verpackt und eingebettet, aufnimmt. Auch werden die Vulkaniſierkeſſel ſtehend angeordnet.

Die Hartgummifabrikation. Hartgummi (auch Ebonite, Vulkonite genannt) iſt eine Modifikation des vulkaniſierten Kautſchuks, die 30—40% Schwefel enthält und ein ſchwarzes, ebenholzartiges Ausſehen beſitzt. Die Fabrikation iſt bis auf die Miſchungsverhältniſſe dieſelbe wie bei Weichgummi, unter Anwendung derſelben Maſchinen und Apparate. Hartgummi wird zu Batteriekäſten und als Iſolator in der Elektrotechnik, in der Chirurgie zu ärztlichen Inſtrumenten, in der Zahntechnik für künſtliche Gebiſſe, zu ſäure- und alkaliwiderſtandsfähigen Gefäßen ſowie zu vielen Gebrauchsartikeln, wie Kämmen u. ſ. w., verwendet. Die Miſchungsverhältniſſe ſind folgende: Für polierte Hartgummiplatten 3 kg Paragummi, 3 kg Borneogummi, 4 kg Schwefel, 1 kg Leinöl. Die Vulkaniſation dauert je nach Stärke der Platte 4—8 Stunden bei 4½ Atmoſphären, entweder im Keſſel oder in der Vulkaniſierpreſſe. Die Herſtellung der verſchiedenen Artikel erfolgt durch Preſſen in Formen und werden dieſe Preſſungen in dünne Zinnfolien gehüllt, d. h. gleich mit dieſen geprägt. Die Folien werden nach der Vulkaniſation, wenn die Gegenſtände erkaltet ſind, entfernt und geben der Ware eine glatte Oberfläche. — Für billige Miſchungen werden die in Pulver gemahlenen Abfälle verwendet, z. B. 6 kg Gummi, 6 kg Schwefel, 15 kg gemahlene Abfälle, 1,5 kg Leinöl. Hartgummi iſt in hohem Grade elaſtiſch und polierfähig und läßt ſich in roter, grüner und ſchwarzer Farbe herſtellen. Alkalien und Säuren mit Ausnahme der konzentrierten Salpeterſäure greifen Hartgummi nicht an. In heißem Waſſer und in der Wärme erweicht Hartgummi und läßt ſich biegen und prägen, beim Erkalten erſtarrt er wieder. Ueber den Nachweis von Kautſchukſurrogaten im Ebonit ſ. Chemikerzeitung 1906, S. 499.

Die Patentgummifabrikation. Unter Patentgummi verſteht man eine Platte aus reinem, unvermiſchtem Gummi, die eine dunkelbraune Farbe hat und eine große Elaſtizität aufweiſt. Die Gummiplatten werden zu Schläuchen, Eisbeuteln, Schweißblättern, Kinderſaugern und vielen andern Gegenſtänden verarbeitet; auch die bunten, auf Jahrmärkten käuflichen Luftballons und ähnliche ſogenannte franzöſiſche Gummiartikel werden daraus hergeſtellt. Die Bezeichnung Patentgummi ſtammt aus England; 1866 erfand M. Guibal das ihm patentierte Verfahren, aus reinem Gummi Platten zu ſchneiden. Der Gummi wurde auf gewöhnliche Weiſe gereinigt und bearbeitet und dann mittels hydrauliſchen Drucks in zylindriſche Blöcke gepreßt, die, durch ein Gefrierverfahren hart geworden, mittels einer Schneidmaſchine in Platten geſchnitten wurden. Der zylindriſch gepreßte Gummiblock wird in die Maſchine eingeſpannt, damit er ſich um ſeine

Achſe bewegt; ein langes ſcharfes Meſſer, das mit Seifenwaſſer befeuchtet wird, ſchält den Block in Platten auf. Die Patentgummiplatten ſind infolge ihrer Rippen, die durch das Schneiden entſtehen, leicht erkenntlich. Dieſe Patentplatten werden zur weiteren Fabrikation durch Wärme erweicht und mittels Kleben und Auffpannen auf Formen zu den verſchiedenſten Artikeln verarbeitet. Das Kleben geſchieht mittels in Benzin aufgelöſtem Gummi, mit dem die Schnittflächen beſtrichen werden; bei dünneren Platten mittels der Klopfmaſchine ohne Anwendung eines Klebemittels. Die Schnittflächen beſitzen einen gewiſſen Grad natürlicher Klebkraft und vereinigen ſich durch Klopfen auf feſter Unterlage. Die Luftballons werden hauptſächlich auf dieſe Weiſe hergeſtellt und bei erfolgter Vulkaniſation aufgetrieben, wonach ſie ſich durch Erwärmen auf einer heißen Platte wieder zuſammenziehen und ſich leicht wieder aufblaſen laſſen. Die Ballons werden mittels Anilinfarben und Alkannaextrakt gefärbt.

Patentgummi enthält keinen eingemiſchten Schwefel und wird meiſtens kalt vulkaniſiert. Dieſes Verfahren erfand Alexander Parkes 1843; es wird eine Löſung von Gummi in Schwefelkohlenſtoff oder Solvent Naphtha und Chlorſchwefel im Volumenverhältnis von 1000 : 18—30 hergeſtellt. In dieſe Flüſſigkeit werden die Gegenſtände getaucht oder damit ausgeſpült. Man erhält durch die Manipulation denſelben Effekt wie bei der Heißvulkaniſation in wenigen Minuten. Die Waren neigen im Winter aber leicht zum Gefrieren und werden hart, was bei der Heißvulkaniſation ausgeſchloſſen iſt. Man kann dünne Patentgummi und gewalzte Platten auch mittels Chlorſchwefelgas vulkaniſieren, indem man dieſe, namentlich in Form von Schweißblättern, etwa 20—30 Minuten dem Gas ausſetzt. Dickere Patentgummiwaren kann man auch in flüſſigem Schwefel kochen und dadurch eine Vulkaniſation erreichen. Die Waren müſſen jedoch in Lauge gekocht werden, um den Ueberſchuß von Schwefel zu entfernen, da ſie ſonſt grau anſtatt ſchwarz werden. Dieſes Verfahren wird jedoch wenig angewendet.

Patentgummiplatten werden auch imitiert, indem man gewalzte Paraplatten mit Rippen preßt, ſo daß ſie das Ausſehen der erſteren haben; ſie ſtehen jedoch in Qualität den geſchnittenen Platten weit nach. Die über Gummi und Gummiwaren bis heute beſtehende Literatur iſt vom praktiſchen Standpunkt aus veraltet, enthält aber für den Laien zur Orientierung manches Wiſſenswerte; vgl. a. Kautſchuk.

Literatur: [1] Clouth, Die Kautſchukinduſtrie, Wien 1878. — [2] Heinzerling, Ch., Die Fabrikation der Kautſchuk- und Guttaperchawaren, Braunſchweig 1883. — [3] Hoffer, R., Kautſchuk und Guttapercha, 21. Aufl., Wien 1892. — [4] Le caoutchouc et la gutta percha par E. Chapel, Paris. — Fachzeitſchriften ſ. u. Kautſchuk. *Bruno Schaefer.*

Gumpe, ſ. Herdarbeit.

Gunterſkala, ſ. Rechenmaſchinen.

Gurgelrohr (Halsrohr), an gewiſſen Druckpumpen das kurze Verbindungsſtück zwiſchen Saugventilkaſten und Pumpenzylinder (ſ. Waſſerhebung).

Gurhofian, ſ. Dolomit.

Gurjun, Gurjun-, Gardſchanbalſam, Balsamum Gurjunae, Baume de Dipterocarpe, Wood oil, Garjantel, Holzöl, iſt der aus dem Stamme von Dipterocarpus incanus *Roxb.*, D. alatus *Roxb.*, D. angustifolius *Wight et Arn.*, D. turbinatus *Gaertn. fil.* und von andern Dipterocarpusarten in Oſtindien (insbeſondere in den Küſtenländern der Straße von Malacca und in Birma) gewonnene Balſam [1].

Unter einer in den unteren Teil des Stammes geſchlagenen Kerbe wird ein Feuer angezündet; der ausfließende Balſam wird in Bambusrohren geſammelt. Es ſoll aber auch das Feuer direkt in der in den Stamm gehauenen Höhlung angezündet werden [5], [6]. Anders iſt dagegen die Gewinnungsweiſe in Kambodſcha. Dort werden die Bäume angebohrt und der in dem Bohrloch (wie bei uns der Lärchenterpentin) ſich anſammelnde Balſam mit einem Löffel hervorgeholt [2]. Jeder Baum gibt aus zwei bis drei Höhlungen 130—180 l Balſam (Roxburgh). Die mächtigen Kanäle der Stämme dieſer Bäume ſind oft über 2 cm weit und füllen ſich bisweilen ſo ſtark mit Balſam, daß der Stamm mit heftigem Knall berſtet [6]. Es wird eine helle und dunkle Sorte unterſchieden (Cochinchina): die helle Sorte ſondert ſich beim Stehen in eine klare, bernſteingelbe obere und in eine graugrünliche, trübe untere Schicht, die dunkle Sorte in eine ſtark fluoreszierende obere und eine ſchwarzgrüne untere Partie [3]. Im allgemeinen iſt der Balſam dickflüſſig, dichroitiſch, im reflektierten Lichte trübe, olivgrün, im durchfallenden rötlichbraun, in dünner Schicht durchſichtig, riecht wie Kopaivabalſam, ſchmeckt gewürzhaft ſcharf und bitter. Spez. Gew. 0,964. Löslich in Chloroform, Schwefelkohlenſtoff, ätheriſchen Oelen, zum Teil in abſolutem Alkohol, Aether, Aceton. Der in der Petrolätherlöſung auftretende Bodenſatz beſteht aus amorphen Flocken und Kriſtallnadeln. Mit dem fünffachen Gewichte Waſſer heftig geſchüttelt, bildet der Balſam eine dicke, auch beim Erwärmen ſich nicht klärende Emulſion; auf Zuſatz von noch einmal ſo viel Waſſer tritt keine Emulgierung mehr ein, der Balſam ballt ſich im Gegenteil zuſammen, die Flüſſigkeit darüber ſchmeckt bitter und reagiert ſauer [4]. Durch Erhitzen wird der Balſam ſtark verändert. Bei 130° iſt er ſehr verdickt und bleibt ſo auch, nachdem er wieder erkaltet iſt; bei 220° (im geſchloſſenen Rohre) wird er faſt feſt. In der Hauptſache beſteht er aus ätheriſchem Oel (80—82 %), ferner aus indifferenten amorphen Harzkörpern (ſogenannten Reſenen), beiläufig 16—18 %, Harzſäuren und Bitterſtoff. Die Bodenſätze, die bisweilen im Gurjunbalſam ſich bilden, enthalten kriſtalliniſche Ausſcheidungen von Phenol- und Reſencharakter [6]. Mit 6 % Kalk und 12 % Magneſia gibt Gurjun (wie der verwandte Kopaivabalſam) ein erhärtendes Gemenge.

Die von Saigon, Singapore, Kalkutta, Moulmein und Akyab meiſt nach England gebrachte Ware wird mediziniſch und techniſch benutzt. Beſonders bemerkenswert iſt die Anwendung

des Balſams als Anſtrichmaſſe, zu Lackfirniſſen, Pauspapieren und zur Verfälſchung ätheriſcher Oele [5], S. 237.

Literatur: [1] Hanbury in Pharmaceutic Journal and Transact., Bd. 15, S. 321. — [2] Rigal in Journ. de Pharmac. et Chim. 1884, Bd. 10, S. 251. — [3] Vogl, A., Kommentar u. ſ. w., II, 1892, S. 459. — [4] Flückiger, Pharmakognoſie, Berlin 1891. — [5] Wiesner, Rohſtoffe, 2. Aufl., Leipzig 1900, Bd. I, S. 236. — [6] Tſchirch und Weil, Ueber den Gurjunbalſam, Archiv d. Pharm. 1903, Bd. 241, 5. Heft, S. 372 ff.

T. F. Hanauſek.

Gurt, ſ. v. w. Gurtſims (ſ. d.).

Gurtband, ein geradliniges Gurtgeſims von geringer Ausladung.

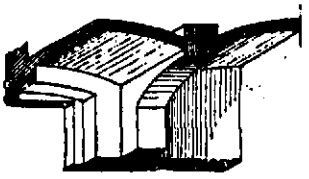


Fig. 1.

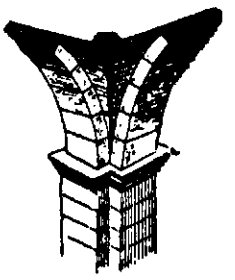


Fig. 2.

Gurtbogen, jeder zwiſchen zwei benachbarten Gewölben angebrachte gemauerte Bogen, der entweder die Stelle des gemeinſchaftlichen Widerlagers vertritt (ſ. Fig. 1) oder die Gewölbejoche zweier benachbarter Kreuz- oder Kuppelgewölbe voneinander ſcheidet (ſ. Fig. 2).

Bei mehrſchiffigen Anlagen heißen die mehr oder weniger profilierten Gurtbogen, die quer zu den Schiffen gerichtet ſind, Gurtrippen, Quergurten oder Querrippen, während die der Länge nach die Schiffe trennenden und die Stelle der Schildmauern bei einſchiffiger Anlage erſetzenden Gurtbogen Längengurten oder Längsrippen genannt werden.

L. v. Willmann.

Gurte finden als Maſchinenteile Verwendung an Aufzügen, Becherwerken und Bandtransporten; ſie beſtehen aus Hanf, Gummi mit Einlagen, Leder oder Drahtgeflecht.

Gurte für Aufzüge beanſprucht man bei Leder mit 20 kg auf 1 cm Breite; bei Hanf, doppelt gewebt, etwa 4 mm ſtark, mit 30 kg/cm; vierfach gewebt, 6 mm ſtark, mit 40 kg/cm; ſechsfach gewebt, 8 mm ſtark, mit 50 kg/cm. Die Gurttrommeln erhalten die 30—40fache Gurtſtärke als Durchmeſſer und hohe Bordränder. — Die Preiſe für 1 m Länge und 1 dm Breite ſtellen ſich ungefähr: für Leder auf 4—5 ℳ; leichte Hanfgurte für Becherwerke auf rund 1 ℳ; doppelte für Aufzüge 1,50—2,50 ℳ; vierfache 2,50—3,00 ℳ; ſechsfach 3—4 ℳ — je in Breiten bis zu 600 mm und Längen von 20 m an bis 120 m Stücklänge; Drahtgurte 4—5 ℳ, in Breiten von 0,1—0,5 m bei 1 mm Drahtſtärke; oder 0,1—1 m bei 2 mm; oder 0,2—1 m bei 3—4 mm; Gummitransportgurte mit verſtärkten Rändern mit drei- und vierfachen oder ſechs- und achtfachen Gewebeeinlagen 8—10 ℳ. — S. a. Weberei.

Lindner.

Gurten, 1. ſ. v. w. überſchneiden, überblatten. Verbindung zweier Hölzer, die ſich in rechtem oder ſchiefem Winkel durchkreuzen. Gurtung = Ueberblattung. 2. ſ. v. w. umgürten, mit Eiſenbändern zuſammenhalten.

Weinbrenner.

Gurtförderer (Fördergurt, Förderband, Transportband, Bandtransporteur oder Traineur), ein endloſes wagerecht oder wenig geneigt (bis zu 27°) über liegende Rollen geſpanntes und von dieſen getragenes Band (aus Gummi mit Hanfgewebeeinlage, Ballata oder Baumwolle). S. a. Maſſentransport und [1].

Baumwollgurte mit Deckſchicht aus widerſtandsfähigem Gummimantel (Fig. 1) zum Schutz gegen Feuchtigkeit und Abnutzung wurden zuerſt von der Robins Conveying Co. in New York angewendet. Gurte der Continental-Kautſchuk- und Guttapercha-Co., Hannover, beſitzen eine Zugfeſtigkeit von 500 kg/qcm. Die Gurte werden unter einem Druck von 250 Atmoſphären gepreßt und auseinander gezogen, um ſpäteres Dehnen zu verhüten. Baumwolle, gegen Feuchtigkeit mit Ballata getränkt, iſt ſehr widerſtandsfähig und etwas billiger. Einfache Baumwolle- und Hanfgurte ſind ſehr hygroſkopiſch. Gurte aus eiſernen Gliederſtücken (Stahldrahtgurte u. ſ. w.) von 0,2—1,5 m Breite fertigen A. W. Kaniß, Wurzen i. S. (Drahtgeflechte auch für Kohlenwäſchen) und G. Pickhardt, Bonn (Stahlſchnurroſttransporteur). Die Laufrollen ſind aus Holz oder häufiger aus Eiſen (meiſt leichte ſchmiedeeiſerne oder ſtählerne Rollen mit eingeſetzten Endzapfen) und haben bei dem Tragtrum je nach der Schwere und der Breite des Gurtes einen Abſtand von 2—4 (5) m (Getreide) bezw. 1,2 bis 1,8 m (Kohle), bei dem Leertrum 4—6 m bezw. 2,4—3,6 m; Durchmeſſer 80—120 mm. Die Leitrollen haben bei ſtarker Ablenkung am Ende und an den Abwurfſtellen 300—500 mm, bei ſchwächerer Biegung auch wohl nur 150—200 mm Durchmeſſer.

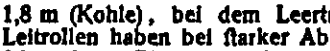


Fig. 1. Bandquerſchnitt.

Das Fördergut wird durch einen Trichter aufgeſchüttet — zur Erzielung geringſten Verſchleißes muß an den Aufgabeſtellen dem Gut annähernd dieſelbe Richtung und Geſchwindigkeit gegeben werden wie dem Bande (fahrbare Aufwurfwagen [2]) — und fällt von dem Band in eine Abwurfrinne oder kann durch Einfügen einer beſonderen Vorrichtung (eines feſten Abwerfers oder fahrbaren Abwurfwagens) oder eines Abſtreichers an beliebiger Stelle abgeworfen werden. In dieſen Abwurfvorrichtungen (Fig. 2—4) wird das Band auf zwei übereinander liegende Rollen geführt, ſo daß es eine kurze S-förmige Biegung machen muß, während das Fördergut infolge ſeines Beharrungsvermögens in derſelben Richtung weiter fliegt und in ſeitlich aus-

mündenden Rinnen abfließt. Um zu verhindern, daß körniges Gut seitlich abfällt, werden in bestimmten Abständen schrägstehende Rollen verwendet, die den Gurt muldenförmig mehr oder weniger aufbiegen (Fig. 5) [3].

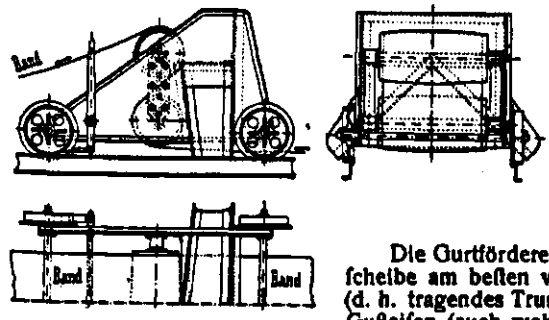


Fig. 2—4. Abwurfwagen.

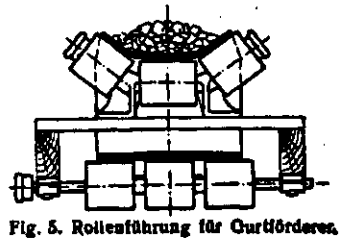


Fig. 5. Rollenführung für Gurtförderer.

Die Gurtförderer erhalten ihren Antrieb durch eine Riemenscheibe am besten von der Seite her, nach der gefördert wird (d. h. tragendes Trum gezogen). Die Antriebtrommel besteht aus Gußeisen (auch wohl mit Holzbelag); die Endstation ist vielfach zugleich Spannvorrichtung (mittels Schraube oder Gewicht).

Nach Baumgartner [4] sind bei 4 m Rollenabstand am Tragtrum (für Getreide)

bei Gurtbreiten von	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8 m
die Spanngewichte	78,75	105	130	177	219	315	420	560 kg.

Wenn die Rollen enger stehen, kann die Gewichtsanspannung in demselben Verhältnis geringer sein, doch empfiehlt es sich, die Gewichte nach Bedarf vergrößerbar (Blei- oder Eisenplatten) einzurichten.

Bei größeren Entfernungen sind Gurtförderer den Schnecken (s. d.) vorzuziehen wegen des wesentlich kleineren Arbeitsaufwandes (für wagerechte Gurte bei rund 30 m Länge und 50 Tonnenstunden Leistung bei Korn 4,80 PS., bei Kohle u. s. w. 5,00 PS. [Schnecke 18,38 PS.]). Die tragenden Förderteile sind vom eigentlichen Laufwerk vollständig getrennt. Das Gut liegt ruhig; alle vorkommende Reibungen sind rollende. Innige Berührung des Förderstoffes mit der Luft. Das Band reinigt sich selbst (für klebriges Gut Bürste am Abwurfende), und der Betrieb ist nahezu geräuschlos. Aufgabe und Abwurf an beliebigen, auch an mehreren Stellen zugleich. Fig. 6—12 [5] zeigen die gebräuchlichsten Anordnungen. Einen fahrbaren Gurtförderer zeigt Fig. 13 [6].

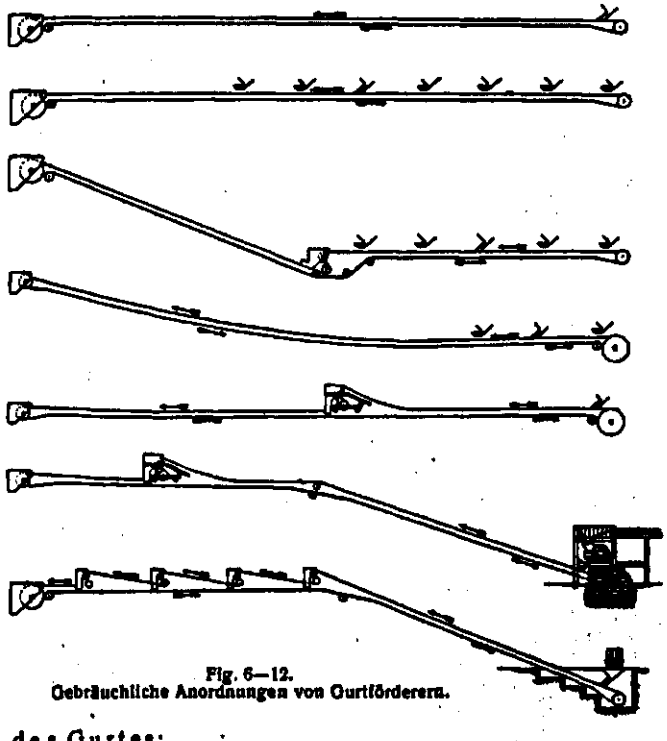


Fig. 6—12.
Gebräuchliche Anordnungen von Gurtförderern.

Geschwindigkeiten des Gurtes:

für leichtes Getreide, Kleie, Mehl	$v = 2{,}0$	m/sec
„ schweres Getreide	$v = 2{,}5-3\,(5)$	„ „
„ Kohle, bei durchweg wagerechtem Bande	$v = 2{,}3$	„ „
„ Kohle, bei geneigtem Bande bis zu	$v = 3{,}3\,(4{,}5)$	„ „
Sortierbänder (Lesebänder)	v bis 0,3	„ „

Fig. 13. Fahrbarer Gurtförderer.

Nach Amme, Giesecke und Konegen, Braunschweig [7] und [8], ist die Leistungsfähigkeit eines flach arbeitenden Transportbandes bei gut gesichertem Betriebe, wenn bedeutet: M die Förderung in Kubikmeterstunden, T die Fördermenge in Tonnenstunden, B die Bandbreite in Metern, v die Bandgeschwindigkeit in Meterfekunden ($v = 2$—4 für Getreide), γ das spezifische Gewicht, bezogen auf Wasser (für schwere Frucht $\gamma \sim 0{,}75$, für leichte Frucht $\gamma \sim 0{,}6$), $M = 200\,(0{,}9\,B - 0{,}05)^2 \cdot v$ oder $T = 200\,(0{,}9\,B - 0{,}05)^2 \cdot v\,\gamma$.

Der Arbeitsbedarf ist abhängig von der Konstruktion der Rollen, der Lager, der Antriebe sowie des Bandes selbst, ferner von der Art der Bandführung, der tatsächlichen Förderhöhe und Förderlänge sowie von der Fördermenge. Bei guter Bauart und Ausführung ergibt sich bei den üblichen Gummi- oder Hanfbändern mittlerer Stärke und mittleren Gewichts der tatsächliche Arbeitsverbrauch erfahrungsgemäß zu:

$$A = \frac{T \cdot 1000 \cdot h}{3600 \cdot 75} + \sqrt{T}\,[0{,}04\,(1{,}3 + x) + 0{,}008\,\sqrt[3]{T}\,(0{,}07\,l + 0{,}03\,l_1)],$$

wobei unter Hinweis auf die obigen Bezeichnungen bedeutet: A den Arbeitsbedarf in Pferdestärken, h die tatsächliche Förderhöhe, l_1 die tatsächliche Förderlänge, l die Gesamtlänge von Endrolle zu Endrolle in Metern und x die Anzahl der Ablenkrollen des Bandes ohne Antriebrolle.

Gurtförderer für Getreide (Weizen und Roggen) nach Kapler, Berlin.

Gurtbreite in Millimetern	250	300	350	400	450	500	550	600	650.
Leistungen in Tonnenstunden	10	15	20	25	30	40	55	75	100.

Für Gerste gilt das 0,8fache, für Hafer das 0,6fache.

Gurtförderer für leichte Massengüter (Getreide u. s. w.) nach Zimmer.

Breite des Bandes mm	Geschwindigkeit und Fördermenge in Tonnenstunden 2,286 m/sec	2,64 m/sec	3,05 m/sec
203	6	7	8
254	9	10	12
305	18	20	22
356	26	30	34
406	36	40	44
457	45	50	55
508	60	65	70
559	70	80	90
610	90	100	110

Gurtförderer für schwere Massengüter (Kohle u. s. w.) nach Robins.

Breite des Bandes mm	Geschwindigkeit m/sec	Fördermenge für Kohlen t/Stunden	Größe der Kohle	Brems-PS. für 30 m lange wagerechte Gurtförderer
305	0,76 bis 3,05	10–35	51 mm-Würfel bis Staub	3,2
457		50–175	102 . . . 19 mm-Würfel	4,8
610		125–475	152 . . . 25 . .	6,0
762		250–900	178 . . . 51 . .	7,6
914		350–1500	229 . . . 51 . .	9,2

Nach Amme, Giefecke und Konegen, Braunschweig, gilt ferner für Sack- und Ballentransporteure [8] und Steigbänder [9]: Breite der Bänder je nach Höhe der Säcke 550—650 mm, bei Ballen 700—1000 mm; Geschwindigkeit des Bandes 0,5–1,5 m/sec. Bedeutet v die Geschwindigkeit in Meterfekunden, a den Abstand der einzelnen Säcke auf dem Bande, so ergibt sich die Stückzahl der stündlich beförderten Säcke zu $S = \frac{3600\,v}{a}$. Bedeutet ferner h die tatsächliche Förderhöhe, l die tatsächliche Förderlänge in Metern, q das Gewicht des einzelnen Sackes in Kilogramm, so beträgt erfahrungsgemäß der Arbeitsbedarf in Pferdestärken bei gut konstruierten Transporteuren etwa $A = \frac{q\,v}{75\,a}(f\,l + h)$, wobei $f = 0{,}08–0{,}15$, je nach der Güte der Ausführung, ist.

Für harte, grobstückige Massengüter [10] und große Mengen (gewisse Lesebänder) kommen statt der Gummi- oder Hanfgurte zweckmäßig Stahltransportbänder [11] oder Pfannenbezw. Plattentransporteure zur Verwendung, bei denen eine Anzahl Platten zu einer endlosen Kette vereinigt sind. Abwurf bei wagerechten oder bis zu 15° gegen die Wagerechte geneigten Bändern am Endumführungsrade (z. B. Kettenrostfeuerung von Babcock & Wilcox [12]) oder durch fahrbare Abstreicher, bei schrägen Transportbändern (15—45° [60°]) nur bei Endumführung wegen der besonderen Tragplattenform (Rücken- und Seitenplatten winkelrecht zu den Tragplatten), die ein Rutschen des Gutes verhindert. Der sich aus der Ueberwindung der Reibungswiderstände (rund $^1/_{50}$ des Gewichtes des bewegten Bandes einschließlich der darauf befindlichen Fördermenge) und der Arbeit für das Heben des Gutes zusammensetzende Arbeitsaufwand ist klein, da an den Gelenkbolzen der Kettenglieder Hartgußrollen mit Dauerschmierung (Schwämme in der hohlen Nabe) sitzen, die auf den Voll- und Leerseiten auf Stahlschienen laufen. Die Anlagekosten sind etwas größer als bei Gurtförderern, aber auch die Dauer ist größer. Diese Bänder können auch in einem Teil wagerecht, im andern geneigt geführt werden (⌐-Form) [13]; beim Richtungswechsel Druckschienen. Breite des Bandes 0,75—1 m, Geschwindigkeit 0,25 bis 0,4 m, stündliche Leistung bis 150 t Kohle. Betrieb rauh (Aufbereitungsanlagen, Schlacken- und Aschentransport); Antrieb kräftig und reichlich zu bemessen. Rechnerisch läßt sich die Beanspruchung der Ketten selten genau bestimmen (Stauungen, Klemmungen u. s. w.).

Ein guter Transport erfolgt namentlich für langgestreckte Sammelkörper — Schienen, Träger u. s. w. in den Walzwerken, Stämme u. dergl. in den Sägemühlen (Bolinder [14], Skandinavien, und Allis, Milwaukee) — auch durch Antrieb der Unterstützungsrollen, die das Gut vorwärtswälzen (Rollentransporteur von Pohlig [15]); vgl. a. Stufenbahn und [16].

Literatur: [1] Buhle, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1899, S. 87 ff. und S. 1389 ff. bezw. Technische Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern, Berlin 1901, 1. Teil, S. 16, 54, 72, 102 und 106 ff., Berlin 1904, 2. Teil, S. 13 ff.; Derf., Glasers Annalen 1898, II, S. 48, bezw. Transport- und Lagerungseinrichtungen für Getreide und Kohle, Berlin 1899, S. 51, sowie Taf. II, IV und IX; Derf., „Hütte", 19. Aufl., 1. Teil, Berlin 1905, S. 1245 ff. — [2] Buhle, Techn. Hilfsmittel u. s. w., Berlin 1906, 3. Teil, S. 125 ff. — [3] Derf., „Stahl und Eisen" 1904, S. 246 ff., bezw. Techn. Hilfsmittel u. s. w., Berlin 1906, 3. Teil, S. 107 ff. (Ridgeway); Eng. News 1904, S. 578 (Doppelgurt); Elektr. Bahnen und Betriebe 1904, S. 142 (Link-Belt-Flachtrogförderer).

— [4] Baumgartner, Handbuch des Mühlenbaues und der Müllerei, Berlin 1902, Bd. 1, 2. Teil, S. 784 ff. — [5] Buhle, Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 358 ff. und 1902, S. 245 ff. bezw. Techn. Hilfsmittel u. f. w., 1. Teil, S. 96 ff. und 2. Teil, S. 35 ff. — [6] Buhle, Deutfche Bauztg. 1904, S. 547, bezw. Techn. Hilfsmittel u. f. w., Berlin 1906, 3. Teil, S. 10 und Glafers Annalen 1903, II, S. 219 ff., bezw. Techn. Hilfsmittel u. f. w., 2. Teil, S. 61 ff. — [7] Fifcher, Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1891, S. 1014 ff. — [8] Buhle, ebend. 1899, S. 88 ff.; 1906, S. 6 ff. — [9] Ebend. 1893, S. 1352 ff.; 1901, S. 1349 ff.; 1903, S. 1425 (Menfchenbeförderung). — [10] Ebend. 1901, S. 1293 und 1906, S. 21 ff. (Techn. Hilfsmittel, 3. Teil, S. 155 ff.); ferner Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 131 ff. fowie Elektr. Bahnen u. Betriebe 1906, S. 6 ff. (Gepäck auf Bahnhöfen, Landungsftegen u. f. w.). — [11] Buhle, Glafers Annalen 1898, II, S. 70 bezw. Derf., Transport- und Lagerungseinrichtungen für Getreide und Kohle, Berlin 1899, S. 57; Derf., Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1902, S. 1470 ff., bezw. Techn. Hilfsmittel u. f. w., 2. Teil, S. 48 ff.; ferner Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1904, S. 1406 und Dingl. Polyt. Journ. 1905, S. 693 ff. — [12] Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1904, S. 1523, bezw. Techn. Hilfsmittel u. f. w., 3. Teil, S. 162 ff. — [13] Buhle, „Stahl und Eifen" 1905, S. 1046 ff. bezw. Techn. Hilfsmittel u. f. w., 3. Teil, S. 109 ff. — [14] Derf., Zeitfchr. f. Arch. u. Ingenieurw. 1905, S. 419 ff., bezw. Techn. Hilfsmittel u. f. w., 3. Teil, S. 67 ff. — [15] Derf., ebend., S. 225. — [16] Derf., Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1899, S. 260 ff., bezw. Techn. Hilfsmittel u. f. w., 1. Teil, S. 31 ff.

M. Buhle.

Gurtgefims, f. Gurtfims.

Gurthaken, -karabiner, -ring, f. Feuerfchutz, Bd. 3, S. 766.

Gurtquerfchnitte der Fachwerksträger. Bei der Bildung der Gurtquerfchnitte kommt zu beachten: 1. Möglichft einfache Zufammenfetzung mit Vermeidung zu reichlicher oder fchwieriger Nietarbeit; 2. Veränderlichkeit der Querfchnittsfläche bei tunlichfter Erhaltung der Schwerachfe; 3. Vermeidung von für die Erneuerung des Anftriches fchwer zugänglichen Zwifchenräumen oder oben offener Hohlräume (Waffertäcke), die Waffer auffangen; 4. Fähigkeit eines richtigen und leichten Anfchluffes der Ausfachungsftäbe. Auf Druck beanfpruchte Gurte müffen überdies entfprechend knickfteif ausgebildet werden.

Zuggurte können bloß aus Flacheifen zufammengefetzt werden, und zwar entweder aus wagerecht übereinander liegenden Flacheifen (Bandgurt), eine Konftruktionsform, die hauptfächlich für die Untergurte der Paulifchen Träger Anwendung fand, wegen des mangelhaften Anfchluffes der Ausfachungsftäbe heute nicht mehr ausgeführt wird, oder aus fenkrecht geftellten Flacheifen oder Blechen (Streifengurt), die untereinander durch Nietung verbunden und zur Erzielung einiger Horizontalfteifigkeit allenfalls mit Randwinkeln gefäumt werden. Hierher gehören auch die Kettengurte der amerikanifchen Fachwerksbrücken, die in jedem Gliede aus einer Anzahl an den gemeinfchaftlichen Knotenpunktsbolzen angefchloffenen Augenftäben (f. d.) beftehen (f. Bolzenverbindung). Bei unfern Konftruktionen zieht man es vor, auch die Zuggurte fteif auszubilden und dafür ähnliche Querfchnitte wie für die Druckgurte zu wählen. Auch die amerikanifchen Brückenkonftrukteure erfetzen jetzt den Kettengurt in den in der Nähe der Brückenauflager gelegenen Fächern durch fteife Stäbe, um den auftretenden Längskräften Rechnung zu tragen.

Die Druckgurte, das find bei einfachen Balkenträgern die Obergurte, bei durchgehenden Balkenträgern in der Nähe der Mittelftützen auch die Untergurte, bei Bogenfachwerken beide Gurtungen, müffen einen fteifen, d. h. knickfeften Querfchnitt erhalten und find auf Knickungsbeanfpruchung zu berechnen. In diefer Hinficht gilt das über Druckftäbe Gefagte und kann für das Ausknicken in der Trägerebene die Entfernung der Knotenpunkte als Knicklänge angenommen werden. Die gleiche Länge kommt auch für das Ausknicken fenkrecht zur Tragwandebene in Frage, wenn die Knotenpunkte durch Querverbindungen gehalten find. Für die Obergurte offener Brücken, die ohne Querverbindung find, kommt für die Knickficherheit des Gurtes nebft dem Trägheitsmoment feines Querfchnittes für die vertikale Schwerachfe auch noch die Steifheit der Ausfachungsftäbe fowie das Trägheitsmoment der Querträger in Frage; keinesfalls genügt es, hier den Obergurt nur auf Ausknicken in einer Knotenweite zu berechnen, ohne gleichzeitig die Steifigkeit der von den Druckftäben der Ausfachung und den Querträgern gebildeten Rahmen einer Unterfuchung zu unterziehen (f. Brücken).

Fig. 1.

Die hauptfächlichft angewendeten fteifen Gurtquerfchnittsformen find:

1. Der T-förmige Querfchnitt aus einem vertikalen Stege und horizontalen Flanfchen beftehend. Für ganz kleine und fchwache Gitterträger genügt ein ⊥-Eifen etwa mit aufgenieteten Blechen oder zwei Winkeleifen; für ftärkere Träger wird jedoch diefer Gurtquerfchnitt aus Flacheifen bezw. Blechen und Winkeleifen zufammengefetzt (Fig. 1). Die Stehbleche follen dabei nicht zu fchwach genommen werden (für Brückenträger δ mindeftens 14 mm), um Ueberanftrengungen in den Nietanfchlüffen zu vermeiden, und wegen der Knickungsbeanfpruchung foll die Breite des Stehblechs vor den beiden Anfchlußwinkeleifen nicht größer als die 15fache Stehblechdicke fein. Wo größere Breiten, daher auch Dicken des Stehblechs notwendig werden, empfiehlt es fich, dasfelbe aus zwei aufeinander genieteten Blechen zu bilden. Im übrigen find fehr breite Stehbleche wegen der bei der Biegung der Träger entftehenden großen Nebenfpannungen nicht zweckmäßig. Für die Anfchlußwinkel find breitfchenklige Kaliber zu wählen. Danach richtet fich die Breite der Kopfbleche oder Lamellen. Werden diefe fo breit gemacht, daß fie beiderfeits um mehr als 6 cm über die Ränder der Winkeleifen vorftehen, fo find die

Lamellen unter ſich durch eine Randvernietung, in der die Nieten gegen die mittleren Reihen verſetzt ſind, zu verbinden. Mit dem einfachen T-Gurte laſſen ſich Querſchnittsflächen bis zu etwa 500 cm² erreichen; durch Verſtärkungen in Form von Randwinkeln an den Lamellen und am Stehbleche läßt ſich die Größe der Fläche noch weiter bis auf etwa 700 cm² ſteigern.

2. Der ⊤-förmige Querſchnitt (Doppel-T-Gurt, Fig. 2). Derſelbe iſt bei größeren Spannweiten und dort, wo man dem Gurte wegen der erforderlichen Seitenſteifigkeit eine größere Breite zu geben hat, ſehr häufig angewendet. Hinſichtlich der Stärke und Breite der Stehbleche gilt das gleiche wie beim einfachen T-Querſchnitt. Der Abſtand der beiden Stehbleche richtet ſich nach der den Druckſtäben der Ausfachung mit Rückſicht auf Seitenbeanſpruchung zu gebenden Breite und wird beiläufig mit $^1/_{80}$ der Trägerhöhe angenommen. Die Kopfbleche (Lamellen) erhalten, wenn ihre Breite über 1 m iſt, verſetzte Längsſtöße. Sie ſind mit jedem Stehblech gewöhnlich mittels je zwei Winkeleiſen verbunden; zuweilen ſind die inneren Winkel weggelaſſen, wobei ſich dann aber empfiehlt, wenigſtens an den Knotenpunkten durch beiderſeitige Winkel den Anſchluß zu bewerkſtelligen. Im gedrückten Gurte empfiehlt ſich eine Säumung der Stehblechränder mit Flacheiſen oder Winkeln, und es ſind hier die beiden Stehbleche außer an den Knotenpunkten auch noch dazwiſchen durch eingenietete Querbleche (Diaphragmenbleche) oder durch Gitterwerk zu verbinden, welch letzteres an den Saumwinkeln befeſtigt wird. Der größte ausgeführte Doppel-T-Querſchnitt hat etwa 2500 cm² Fläche. Sehr große Gurtquerſchnitte haben zuweilen auch drei und ſelbſt vier Stehbleche erhalten. Im Untergurt wird, um Waſſerſäcke zu vermeiden, dieſer Querſchnitt durch einen Längsſpalt geteilt.

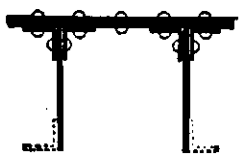


Fig. 2.

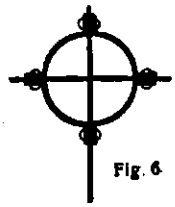


Fig. 6.

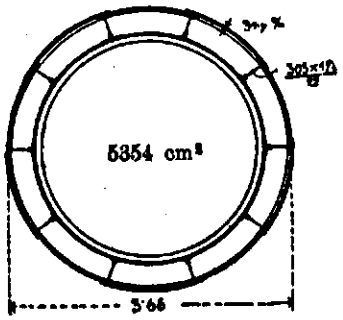


Fig. 7.

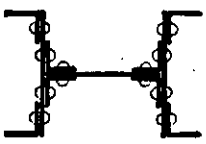


Fig. 3.

Fig. 5.

Fig. 4.

3. Der][-förmige Gurt (Fig. 3). Derſelbe beſteht aus zwei vertikalen, zumeiſt durch Winkeleiſen eingefaßten Blechen, welche in der Mitte durch ein horizontales Blech oder durch Gitterwerk miteinander verbunden ſind. Vorteile: ſymmetriſche Form, daher Erhaltung der Schwerachſe, geringe Nebenſpannungen. Es laſſen ſich damit ungefähr dieſelben Flächengrößen erzielen wie mit dem ⊤-Querſchnitt.

4. Der +-förmige Querſchnitt (Fig. 4), entweder bloß aus vier Winkeleiſen beſtehend, welche zwiſchen ſich den erforderlichen Zwiſchenraum zum Einſetzen der Knoten- und Anſchlußbleche laſſen, oder bei größerer Fläche aus vier Winkeleiſen und dazwiſchen befindlichen horizontalen und vertikalen Blechen gebildet. Man kann den Gurt auch aus zwei oder aus vier ſolchen kreuzförmigen Elementen zuſammenſetzen, welche neben und übereinander anzuordnen und unter ſich in ſtarre Verbindung durch Gitterwerk zu bringen ſind. Auf dieſe Art laſſen ſich mit dem doppelten Kreuzquerſchnitt auch große Querſchnittsflächen ausführen.

5. Der][-förmige Querſchnitt (Fig. 5), ſelten aus zwei [-Eiſen, ſondern meiſt auch aus Blechen und Winkeleiſen oder bloß aus vier oder acht Winkeleiſen mit dazwiſchen liegendem Flacheiſengitterwerk zuſammengeſetzt. Auch als Doppelgurt ausgeführt und bei den von Schwedler erbauten Brücken (ſ. Schwedler-Träger) häufig angewendet. Die Schlitze zwiſchen den beiden [-Gurtteilen ſind aber im Anſtrich ſchlecht zu erhalten.

6. Der T-förmige Querſchnitt in Form eines Blechträgers findet wegen der ſchwierigen Knotenpunktsanſchlüſſe zu den Gurtungen der Balkenträger ſelten Anwendung; er eignet ſich am eheſten noch zu ſolchen Trägerarten, wo die Veränderlichkeit des Gurtquerſchnitts eine geringe iſt, alſo zu paraboliſchen Balkenträgern und Bogenträgern. Dasſelbe gilt auch von dem Kaſtengurt.

7. Der röhrenförmige Gurt. Die zylindriſche Röhre iſt eine zur Aufnahme großer Druckkräfte beſonders geeignete Form. In kleinen Dimenſionen ſind ſolche Gurte aus Quadrant- und Sextantſeiten zuſammengeſetzt (Fig. 6), hier und da bei Bogenträgern und auch bei älteren Ausführungen von Balkenträgern zur Anwendung gelangt. Große aus Blechen gebildete Röhrengurte haben die beiden noch von Brunel erbauten Brücken über den Wye bei Chepstow und über den Tamar bei Saltaſh, und zwar haben bei dieſen Brücken beide Tragwände einen gemeinſchaftlichen Druckgurt in Form einer kreisförmigen oder elliptiſchen Röhre. Das bedeutendſte Beiſpiel röhrenförmiger Druckgurte zeigt aber die Brücke über den Firth of Forth. Der Untergurt der Kragträger hat hier die Geſtalt einer aus 32 mm ſtarken Stahlplatten zuſammengeſetzten Röhre (Fig. 7) von 3,66 m größtem Durchmeſſer, welche innen noch durch Längsträger und Diaphragmenringe ausgeſteift iſt. *Molan.*

Gurtfims (Gurtgeſims), Geſims (ſ. d.) zwiſchen den Stockwerken, die es andeutet, hat nur geringe Höhe und ladet ſelten mehr als ein Drittel derſelben aus.

Gurten aus Haufteinen (Fig. 1—4) können weit über die Mauer vorſpringend mit hinreichender Sicherheit verſetzt werden, während Backſteingurten nur geringen Vorſprung erhalten wegen der geringen Abmeſſung der Steine (Fig. 5). Nach der Stellung unterſcheidet

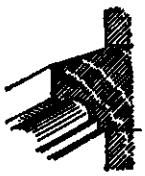


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 7.

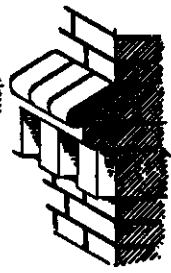


Fig. 5.

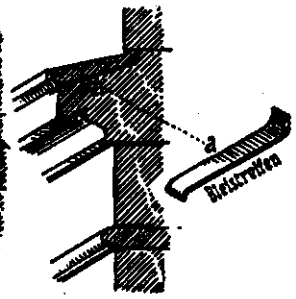


Fig. 6.

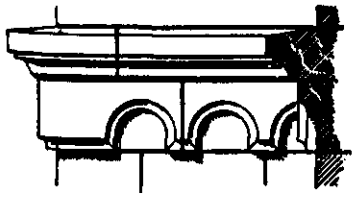


Fig. 4.

Fig. 8.

man die Gurtgesimse als Balkengesims (Balkengurt, Steckgurt) oder als Brüstungsgesims (Brüstungsgurt, Fenstergurt). Gegen das Abfrieren gibt man den Gurtgesimsen viel Abwässerung und versieht dieselben unten mit einer Wassernase, damit das Regenwasser abtropfe und nicht an der Mauer herablaufe. Die Stoßfugen der Gurtsimse sind sorgfältig zu dichten, was durch Einlegen von Metallstreifen zu erreichen ist (Fig. 6). — Als Abgrenzung zwischen Mauern und Böschungen ist der Anschluß der letzteren besonders zu sichern (Fig. 7 und 8). *Weinbrenner.*

Gurtträger, 1. s. Dienste; 2. Tragstein zur Aufnahme einer Gewölbegurte.

Gurtungen eines Trägers, bei Vollwand- oder Blechträgern die durch Winkel- und Flacheisen gebildete Randverstärkung, bei Fachwerksträgern die nach der Längsrichtung durchgehenden, am Umfang des Trägers liegenden Stäbe. *Melan.*

Gurtweite (Jochweite), die Entfernung der querlaufenden Gurtbogen bei Gurtgewölben.

Gurtwieden, solche Wieden (s. d.), mit denen die Verbindung der Gestöre (s. Floß) mehrerer hintereinander gestellten Flöße derart zu einem Zuge erfolgt, daß noch eine gewisse Beweglichkeit behufs anstandslosen Fahrens in Flußkrümmungen und über Floßdurchlässe (s. Floßgasse) gewahrt ist.

Gußasphalt. Die Gebilde der Asphalttechnik sind vorzugsweise Decken von verhältnismäßig geringer Stärke auf fester Unterlage. Sie werden für Straßenbauzwecke sowie als Isolierschichten oder Abdeckungen u. dergl. zusammenhängend oder aus Platten zusammengesetzt hergestellt. Erfolgt die Herstellung durch Ausgießen geschmolzener Asphaltmassen, so belegt man die erstarrte Asphaltdecke mit dem Namen Gußasphalt, versteht darunter aber auch die Masse im vorherigen geschmolzenen Zustand. Daneben wird nach der Art der Herstellung der Decke noch Stampf- und Preßasphalt unterschieden.

Die Materialien für Gußasphalt sind Asphaltmastix (s. d.) und Asphaltgoudron (s. d.), bei Gußasphalt für Geh- und Fußwege tritt noch Kies oder unter Umständen Sand hinzu. — Die Herstellungsarbeit des Gußasphalts umfaßt das Einschmelzen, Ausgießen und Verarbeiten der Masse zu einer zusammenhängenden Decke, unter Umständen zu Platten. Das Einschmelzen erfolgt in einem offenen, mit losem Deckel versehenen Kessel, der in einen zylindrischen, mit Rost und Rauchrohr ausgestatteten Ofen eingehängt wird. Der vorher in Stücke von etwa 8 cm Dicke zerschlagene Asphaltmastix sowohl als der Goudron wird nicht auf einmal, sondern nach bestimmten Erfahrungsregeln [1] in einzelnen Gaben so eingefüllt, daß ein völlig gleichmäßiges Schmelzen und eine gleichmäßige Mischung mit bestimmtem Bitumengehalt erzielt wird. Die Schmelztemperatur soll nicht weniger als 150° C. und nicht mehr als 170° C. betragen, um einerseits völliges Schmelzen bis zu einem bestimmten Flüssigkeitsgrad zu gewährleisten, anderseits ein Verbrennen und Verdampfen des Bitumens zu verhüten. Man zieht deshalb auch solche Brennmaterialien vor, die eine weniger intensive Hitze geben und ein sicheres Regulieren derselben gestatten.

Im Straßenbau wird die Gußasphaltdecke gegenwärtig fast ausschließlich für Gehwege benutzt, für Fahrwege nur ausnahmsweise angewendet. Für solche Zwecke des Straßenbaues erhält die Masse Kies- oder Sandzusatz; in Deutschland fast ausschließlich den ersteren, anderwärts läßt man feineres Material, selbst Sand, zu. Bei Isolierungsschichten und Abdeckungen, die nicht betreten werden, unterbleibt ein derartiger Zusatz. Der Kies, am besten Quarzkies, soll frei von lehmigen und staubigen Teilen sein und eine Korngröße von höchstens 7 mm größtem Durchmesser besitzen. Auch das Einmischen dieses vorher erwärmten und getrockneten Kiesmaterials in das geschmolzene Mastix- und Goudrongemenge geschieht in einzelnen Gaben nach bestimmten Erfahrungsregeln [1], um gleichmäßige Kiesverteilung und vollständige Umhüllung aller Kieskörner zu erzielen. Schließlich wird der Bitumengehalt nach Maßgabe gewisser, durch praktische Erfahrung gegebenen Kennzeichen [1] durch Zugabe eines Goudronrestes geregelt, die Masse vor dem Ausschöpfen auf die richtige Temperatur gebracht und durch Regeln

des Feuers darauf erhalten. Das Miſchungsverhältnis von Aſphaltmaſtix, Goudron und Kies richtet ſich teils nach dem mit den Bezugsquellen wechſelnden Gehalt des Maſtix an Bitumen, teils nach den klimatiſchen Verhältniſſen der Gegend, in der die Aſphaltierung ſtattfindet. Es muß ſowohl dem Erweichen im Sommer, das mit dem relativen Bitumengehalt zunimmt, als auch dem Springen im Winter infolge zu großer Sprödigkeit bezw. zu geringen Bitumengehaltes entgegengearbeitet werden. Dem mitteleuropäiſchen Klima entſpricht etwa eine Miſchung [1] von 1500—1600 kg Maſtix + 700—800 kg Kies + 100 kg Goudron, was 1 cbm Aſphaltgußmaſſe ergibt. Die frühere Rheiniſche Eiſenbahn ſchrieb vor, daß der Goudronzuſatz im allgemeinen möglichſt gering bemeſſen und etwa drei Prozent der Aſphaltmaſſe betragen ſoll. Für Fußbodenbeläge ſollte die mit Goudron verſetzte Aſphaltmaſſe einen Zuſatz von höchſtens 33 % Kies erhalten. Es iſt eine gewiſſe Erfahrung nötig, um in allen Fällen das richtige Verhältnis zu treffen. Die fertige Gußaſphaltmaſſe wird aus den Keſſeln, die unter gewöhnlichen Verhältniſſen möglichſt in der Nähe des Verwendungsortes aufgeſtellt werden, mittels beſonderer Schöpfgefäße entnommen und auf die Unterlage (meiſtens ein abgeglichenes Betonbett) ausgeleert. Ueber die weitere Behandlung der Maſſe zwecks Bildung der Decke ſ. Straßenbau.

Die Gußaſphaltmaſſe kann auch in großen Betrieben fabrikmäßig, mit mechaniſchem Rührwerk u. ſ. w. hergeſtellt werden. Das bedingt für den Transport der geſchmolzenen Maſſe zu den Verwendungsſtellen beſonders ausgebildete Wagen, mit geeigneten Heiz- und Rührvorrichtungen verſehen, um ein Erkalten der Maſſe und Abſetzen der ſchwereren Teile auf dem Transport zu verhindern. Solche Anlagen ſind aber ſowohl für Neubauten als auch Reparaturen nur bei großem Bedarf ökonomiſch.

Literatur: [1] Dietrich, Die Aſphaltſtraßen, Berlin 1882, und die unter Aſphaltgoudron, Aſphaltmaſtix und Aſphaltſtein angegebenen Werke. *Brünler.*

Gußeiſen, ſ. Eiſengießerei.

Gußeiſenpflaſter, ſ. Straßenbau.

Gußeiſenprüfung. Die Eigenſchaften des Gußeiſens, die ſeine Verwendbarkeit bedingen, ſind: ſeine Zug-, Druck-, Biege- und Stoßfeſtigkeit, das Schwindungsvermögen, die Neigung zum Abſchrecken oder Weißwerden ſowie zum Werfen und zur Lunkerbildung beim Erkalten des Guſſes. Die Feſtigkeitseigenſchaften ſtehen in enger Beziehung zur Abſchreckbarkeit, d. h. zur Neigung des Eiſens, beim langſamen Erkalten den im flüſſigen Eiſen enthaltenen Kohlenſtoff zum großen Teil als Graphit auszuſcheiden und infolgedeſſen grobes Bruchgefüge mit dunkelm Ausſehen anzunehmen, beim ſchnellen Erkalten dagegen viel Kohlenſtoff im gebundenen Zuſtande feſtzuhalten und dann helles, feinkörniges Gefüge zu erlangen. Die Feſtigkeitseigenſchaften ſind daher abhängig nicht nur von der chemiſchen Zuſammenſetzung des Eiſens, ſondern auch von den Verhältniſſen, unter denen die Erſtarrung erfolgt, alſo von dem Material (Sand oder Eiſen) und dem Zuſtande (trocken, naß, erwärmt, gekühlt) der Form, in die gegoſſen wird, ſowie von den Querſchnittsabmeſſungen des Gußſtückes und von der Gießtemperatur.

Allgemeines. Unter den chemiſchen Beimengungen des Roheiſens iſt neben Kohlenſtoff das Silicium der am meiſten zu beachtende Stoff. Je größer der Siliciumgehalt iſt, deſto weniger Kohlenſtoff wird unter ſonſt gleichen Umſtänden vom Eiſen gebunden, und um ſo mehr Kohlenſtoff wird als Graphit ausgeſchieden. Im allgemeinen verwendet man daher zu ſtarken, langſam erkaltenden Stücken Eiſen mit geringem, zu ſchwachen, ſchneller erkaltenden Stücken Eiſen mit höherem Siliciumgehalt. Die zweckmäßigen Grenzen des Siliciumgehaltes hängen bei normalem Kohlenſtoffgehalt des Eiſens ab von dem gleichzeitig vorhandenen Gehalt an Mangan, Phosphor und Schwefel. Neuere Schmelzverſuche von Jüngſt [1] ergaben für Eiſen mit 2,56—3,48 % Geſamtkohlenſtoff, daß Ueberſchreiten des Siliciumgehaltes von 2,5 % nach oben und von 1,4 % nach unten die Feſtigkeit des Eiſens verminderte unter ſteigendem Gehalt an Graphit und fallendem Gehalt an chemiſch gebundener Kohle. Letzterer betrug bei gutem Gußeiſen 0,5—0,8 %. Je nachdem dieſe Grenzen nach unten oder oben überſchritten wurden, war das Eiſen weich und mürbe oder hart und ſpröde. In guter Uebereinſtimmung hiermit fand Buchanan [2], [3] die größte Biegefeſtigkeit bei 0,5—0,6 % gebundenem Kohlenſtoff. Fig. 1 zeigt an drei Schmelzen die Beziehungen zwiſchen der chemiſchen Zuſammenſetzung und der Biegefeſtigkeit, ermittelt an Stäben von 30 mm Durchmeſſer und 600 mm Stützweite. Das Eiſen war bei heißem Winde aus grauem Roheiſen im Kupolofen erblaſen. Man erkennt, daß mit wachſender Feſtigkeit der Gehalt des Gußeiſens an Silicium, Graphit, Phosphor ſowie der Geſamtgehalt an fremden Beimengungen abnahm, während der Gehalt an gebundenem Kohlenſtoff (geb. *C*) und an Mangan zunahm [4].

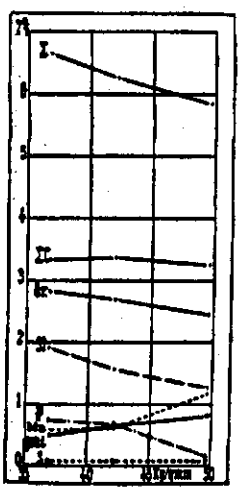


Fig. 1. Gehalt an fremden Beimengungen bei verſchiedenen Biegefeſtigkeiten.

Beiſpiele für den Einfluß, den die Querſchnittsabmeſſungen des Stückes auf die Biegefeſtigkeit des Guſſes haben, zeigen die Schaulinien Fig. 2 und 3. Linie 1, Fig. 2, ſtellt die Ergebniſſe der Verſuche von Reuſch [5], [6] dar, ausgeführt mit Rundſtangen von 10—44 mm

Durchmeſſer, wobei die Stützweite ſtets gleich dem 20fachen Durchmeſſer war. Für jeden der 8 Durchmeſſer liegen im allgemeinen 20 Verſuche mit der gleichen Gattierung vor, wobei immer je ein Stab für die verſchiedenen Durchmeſſer aus derſelben Pfanne gegoſſen iſt. Die Linien II—IV, Fig. 2, entſtammen dem Bericht von Leyde [7] über Verſuche mit drei Güſſen verſchiedener Gattierung (II hart, III mittel, IV weich). Bei jedem Guß ſind 11 Proben mit quadratiſchem Querſchnitt von 10—130 mm Querſchnittskante gleichzeitig aus derſelben Pfanne, liegend in

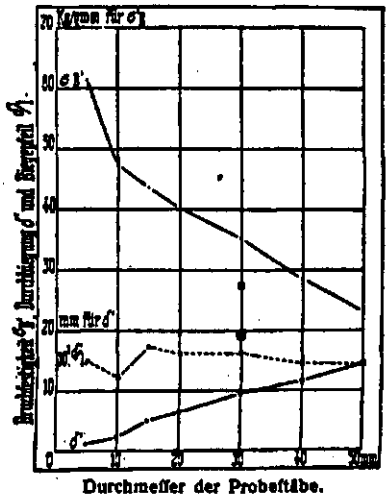


Fig. 3. Einfluß des Stabdurchmeſſers auf die Biegefeſtigkeit. Stäbe in getrockneten Formen gegoſſen, bei 30—50 mm Durchm. in geteilten Schiel, bei 5—20 mm Durchm. in ungeteilten ſenkrecht; alle heiß aus derſelben Gießkelle. Unbearbeitet geprüft.

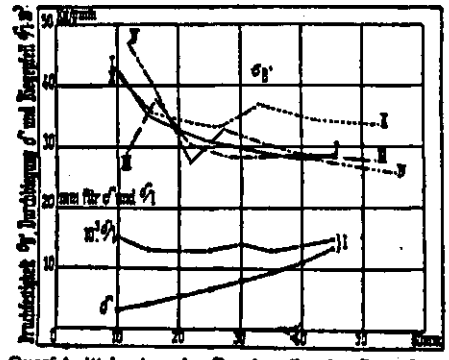


Fig. 2.
Einfluß des Stabdurchmeſſers auf die Biegefeſtigkeit.
Linien I: Verſuche von Reuſch.
Linien II—IV: Verſuche von Leyde.
II hart; III mittel; IV weich.

getrockneten Formen gegoſſen. Die 11 Stäbe zweigten nach derſelben Seite parallel von einem ſtarken Stabe von 150 × 150 mm Querſchnitt und 1600 mm Länge ab. In Fig. 2 ſind nur die Verſuche mit den Stäben bis zu 50 mm Querſchnittskante dargeſtellt, da nur bei dieſen die Stützweite gleich der 20fachen Querſchnittskante war. Die vier Reihen zeigen übereinſtimmend, daß die Feſtigkeit mit wachſendem Querſchnitt abnimmt, und zwar erwies ſich die Abnahme beſonders erheblich bei Zunahme der Stärke des Stabes von 10 mm auf 25—30 mm. Die Geſamtdurchbiegung δ^1 der Stäbe Reihe I nimmt mit wachſendem Durchmeſſer bei gleichem Verhältnis des letzteren zur Stützweite zu, der Biegepfeil (Geſamtdurchbiegung : Stützweite) dagegen bleibt für alle Stabdurchmeſſer nahezu gleich.

Zu demſelben Ergebnis führten die Verſuche Fig. 3 der Gebrüder Sulzer-Winterthur [4], nur tritt bei ihnen der Einfluß des Stabdurchmeſſers auf die Biegefeſtigkeit noch ſchärfer hervor. Die Feſtigkeitsabnahme äußert ſich hier bis zu 50 mm Durchmeſſer ſtetig. Hierbei hat mit wachſendem Durchmeſſer bei annähernd gleichem Gehalt an Kohlenſtoff der Gehalt an Graphit zu- und an gebundenem Kohlenſtoff abgenommen (ſ. Tab. 1).

Tabelle 1. Veränderung des Kohlenſtoffes mit wachſendem Stabdurchmeſſer.

Gehalt an	bei den Stabdurchmeſſern in Millimetern						
	5	10	15	20	30	40	50
Geſamtkohlenſtoff . . . %	3,38	3,38	3,32	3,40	3,42	3,40	3,37
Graphit . . . . . %	2,39	2,60	2,60	2,80	2,82	2,90	2,95
Gebundenem Kohlenſtoff . %	0,99	0,78	0,72	0,60	0,60	0,50	0,42

Tabelle 2. Biegeverſuche mit Stäben, die an ein ſtärkeres Gußſtück angegoſſen waren. Einfluß der Entfernung des meiſtbeanſpruchten Querſchnittes von der Abzweigſtelle.

Reihe	Abmeſſungen der Proben			Biegefeſtigkeit kg/qmm bei der Eiſenſorte			Entfernung des meiſtbeanſpruchten Querſchnittes von der Abzweigſtelle in mm
	Querſchnittskante, angenähert a mm	Stützweite l mm	Verhältnis l/a	I hart	II mittel	III weich	
1	30	300	10	27,1	26,1	31,7	400
		600	20	36,9	28,4	30,5	800
		300	10	39,9	29,5	35,3	1200
2	40	800	20	34,3	28,5	27,7	800
		400	10	40,9	28,2	27,8	1200
3	50	450	9	33,6	27,5	24,6	400
		1000	20	33,8	27,7	25,9	800
		450	9	38,2	32,9	25,1	1200
4	60	1100	18	35,8	27,8	24,1	800
		540	9	37,3	28,3	22,2	1200

Ein Teil der Leydeſchen Stäbe war mehrere Male geprüft; die meiſtbeanſpruchten Querſchnitte lagen hierbei der Reihe nach 800 mm, 400 mm und 1200 mm von dem Querſchnitt entfernt, in dem der Stab von dem ſtärkeren Stück abzweigte. Die Ergebniſſe Tab. 2 zeigen, daß die Biegefeſtigkeit eines und desſelben Stabes um ſo größer war, je weiter die Bruchſtelle von dem ſtarken Anguß entfernt lag, d. h. je ſchneller das Material erkaltete. Der Einfluß äußerte ſich bei dem „harten" Material I am ſtärkſten und anſcheinend bei dünnen Stäben mehr als bei dickeren. Buchanan [2], [3] unterſuchte dieſen Einfluß der verſchiedenartigen Erſtarrungsverhältniſſe, indem er aus derſelben Pfanne Stäbe gleichen Querſchnittes goß, und zwar die einen für ſich in gewöhnlichen Formen, die andern dagegen abgezweigt von der Form eines ſchweren Gußſtückes, ſo daß ſie mit dem letzteren gleichzeitig erkalteten. Die erſteren lieferten bei höherem Gehalt an gebundenem Kohlenſtoff um 17 % höhere Biegefeſtigkeit und um 15 % größere Durchbiegung; Stäbe aus Eiſen mit 2,5 % Silicium, 51 mm breit, lieferten bei 6 mm Dicke um 24 % höhere Biegefeſtigkeit als bei 25 mm Dicke. Möglichſt heiß gegoſſene Stäbe ergaben um 12,8 % höhere Feſtigkeit als möglichſt kalt gegoſſene von den gleichen Abmeſſungen. Nach verſchieden ſchnellem Erkalten betrugen die Feſtigkeiten von zwei ſonſt gleichen Stäben 28 kg/qmm bei den ſchneller und 10 kg/qmm bei den langſamer erkalteten; der Gehalt an gebundenem Kohlenſtoff war bei dem langſamen Erkalten von 1,13 auf 0,67 % heruntergegangen, der Graphitgehalt von 2,36 auf 2,84 % gewachſen. Dem Einfluß verſchieden ſchnellen Erkaltens iſt es auch zuzuſchreiben, daß bei ſtärkeren Gußſtücken die Feſtigkeit des Materials von der Oberfläche aus nach der Mitte hin abnimmt. Ein Umſtand, der beſonders bei der Entnahme von Proben aus ſtärkeren Gußſtücken, z. B. bei Unterſuchung des Materials gebrochener Maſchinenteile zu beachten iſt. Die Ergebniſſe der Druckverſuche, Tab. 3 und Fig. 4, laſſen ſowohl die Unterſchiede in der Materialfeſtigkeit in verſchiedener Entfernung von der Oberfläche des Gußſtückes als auch den Einfluß des Blockquerſchnittes deutlich erkennen. Die hier in Frage ſtehenden Proben ſind erhalten, indem aus acht Blöcken von 12,5—100 mm Querſchnittskante (Abſtiffen Fig. 4) 1—5 Würfel von 12,5 mm Kantenlänge an verſchiedenen Stellen des Querſchnittes entnommen ſind [8].

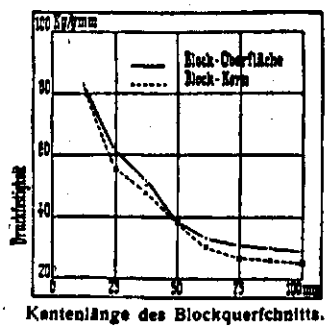


Fig. 4. Einfluß der Abmeſſungen des Blockes und der Lage der Probe im Querſchnitt auf die Feſtigkeit von Gußeiſen.

Tabelle 3. Feſtigkeiten an verſchiedenen Stellen des Stabquerſchnittes bei verſchieden ſtarken Blöcken.

Angenäherter Querſchnitt des Blockes mm	Druckfeſtigkeit kg/qmm, ermittelt an Würfeln von 12,5 mm Kantenlänge, entnommen am Rande des Blockes, beginnend nebeneinander					Verhältnis der Feſtigkeiten Kern : Rand %
	1 Rand	2	3	4	5 Kern	
12,5 × 12,5	—	—	—	—	82,6	—
25 × 25	61,5	—	—	—	56,0	91
37,5 × 37,5	50,2	—	—	—	48,1	96
50 × 50	38,5	38,8	—	—	38,7	100
62,5 × 62,5	33,7	32,0	—	—	30,7	91
75 × 75	31,4	28,7	29,2	—	27,5	88
87,5 × 87,5	30,1	27,6	26,6	—	26,2	87
100 × 100	29,0	27,9	26,7	26,3	25,5	88

Die Urſache für dieſe Feſtigkeitsunterſchiede pflegt man auf den höheren Gehalt des ſchneller erkalteten Materials vom Rande an gebundenem Kohlenſtoff zurückzuführen. Bei neueren Unterſuchungen [4] ſind dieſe Unterſchiede indeſſen ſo gering gefunden (am Rande 0,2 % mehr als im Kern), daß man ihnen keinen erheblichen Einfluß auf die Feſtigkeit zuſchreiben kann. Dagegen hat ſich gezeigt, daß die Korngröße des Gußeiſens deſſen Feſtigkeit ſehr erheblich beeinflußt [7], [9].

Bei Ermittlung der Feſtigkeitseigenſchaften von Gußeiſen an beſonders gegoſſenen Probeſtäben, im Gegenſatz zur Entnahme der Proben aus größeren Stücken, iſt ferner zu beachten, daß Proben, die ſteigend von unten gegoſſen wurden, höhere Biegungsfeſtigkeit liefern als von oben gegoſſene Stäbe und daß auch die Gußnaht, die beim Gießen in geteilten Formen entſteht, die Feſtigkeit beeinträchtigt, indem ſie gleichſam eine Verletzung der Gußhaut bildet. Schließlich liefern Stäbe mit kreisrundem Querſchnitt höhere Feſtigkeiten als quadratiſche Stäbe, deren Querſchnittskante gleich dem Durchmeſſer der Rundſtäbe iſt (ſ. die Beobachtungspunkte ⊡ und ⊙ Fig. 3, erhalten für Quadratſtäbe mit 30 mm Querſchnittskante). Die Erſtarrungsverhältniſſe ſind bei den quadratiſchen Stäben weniger gleichmäßig, und hierdurch entſtehen bei ihnen an den verſchiedenen Stellen des Querſchnittes größere Unterſchiede beſonders in der Korngröße als bei Rundſtäben, wodurch bei erſteren auch die Spannungsverteilung zum Nachteil für die Bruchlaſt ſich ungleichmäßiger geſtaltet [22], [23].

Aber auch ohne den Einfluß der Erſtarrungsverhältniſſe iſt die Biegefeſtigkeit des Gußeiſens abhängig von der Form des Querſchnittes. Vergleichende Zug- und Biegeverſuche von Bach mit Proben von den verſchiedenſten Querſchnittsformen, die aus dem Vollen herausgearbeitet waren, ergaben, daß die Biegefeſtigkeit um ſo größer, je größer die Anhäufung des Materials um die neutrale Faſer oder Nullachſe herum iſt [10]. Zu den gleichen Ergebniſſen

gelangte ſpäter auch Johnſon [11]. Die Feſtigkeit eines zylindriſchen Stabes iſt hiernach größer als die eines Stabes mit viereckigem Querſchnitt und die eines quadratiſchen größer, wenn die neutrale Faſer die Lage der Diagonale hat, als wenn ſie parallel zu den Seitenflächen liegt.

Nach Verſuchen von Ouſerbridge [12]—[15] nimmt Gußeiſen ferner an Feſtigkeit zu, wenn es wiederholten Erſchütterungen unterworfen wird, deren Stärke geringer iſt, als zum Bruch erforderlich ſein würde. Erklärt wird dieſe Erſcheinung damit, daß die beim Erkalten entſtandenen Spannungen beim Erſchüttern durch Aenderung der Lage der Gußeiſenteilchen ausgeglichen und beſeitigt werden. Dieſe Feſtigkeitsſteigerung trat ein bei der Unterſuchung von je zwei paarweiſe aus derſelben Pfanne gegoſſenen Probeſtäben auf Biegefeſtigkeit, von denen immer der eine nur mit der Drahtbürſte vom anhaftenden Sande gereinigt war, während der zweite entweder mehrere Stunden in der Scheuertrommel gerüttelt oder 3000 Schlägen mit dem Handhammer auf das eine Ende ausgeſetzt war. Ebenſo wurde die Schlagbiegefeſtigkeit geſteigert durch Behandeln der Stäbe in der Scheuertrommel und Erſchüttern mit Schlägen, deren Leiſtung nicht hinreichte, den Bruch herbeizuführen. Die Feſtigkeitsſteigerung ergab ſich bei hartem Eiſen oder bei dicken Gußſtücken größer als bei weichem Eiſen bezw. dünnen Stücken.

Harriſon [16], [14] fand, daß die Biegefeſtigkeit, ermittelt an Stäben von 25,4 × 25,4 mm Querſchnitt bei 305 mm Stützweite, durch Schütteln in der Trommel um 6,6—44,7 % zunahm, während die Zugfeſtigkeit teils um 1,8—34 % wuchs, teils um 3,5—16 % abnahm. Liegend gegoſſene quadratiſche Stäbe lieferten, nur mit der Drahtbürſte gereinigt, um 3,5 % höhere Biegefeſtigkeit, wenn die beim Gießen nach unten gelegene Seite die Druckſeite des Biegeſtabes bildete, als wenn ſie auf der Zugſeite lag. Nach dem Schütteln in der Trommel wurden für beide Fälle gleiche Biegefeſtigkeiten gefunden, ihre Steigerung durch das Schütteln betrug 5,3 und 8,5 %. Heiß gegoſſene Stäbe zeigten in Uebereinſtimmung mit den oben erwähnten Verſuchen von Buchanan um 10 % höhere Biegefeſtigkeit als kalt gegoſſene, durch Rütteln in der Trommel ſtieg die Feſtigkeit der erſteren um 9,7 %, die der letzteren um 26,8 %, ſo daß nun die kalt gegoſſenen um 3,6 % feſter waren als die heiß gegoſſenen.

Schließlich iſt bei Beurteilung der Feſtigkeitsergebniſſe zu beachten, daß bearbeitete, von der Gußhaut befreite Stäbe größere Biegefeſtigkeit zeigen als unbearbeitete. So fand Bach [17] bei Biegeverſuchen mit Stäben von 30—40 mm Seitenlänge des quadratiſchen Querſchnittes und 1000 mm Stützweite die Feſtigkeit der rohen Stäbe um 15—17 % geringer als die der bearbeiteten. Er erklärt den Unterſchied damit, daß einerſeits die im Guß durch verſchieden ſchnelle Abkühlung erzeugten Spannungen beim Entfernen der Oberflächenſchichten durch das Bearbeiten verringert werden und daß anderſeits der Elaſtizitätsmodul des Gußhautmaterials als größer anzunehmen iſt wie derjenige des weiter nach innen gelegenen Gußeiſens, wofür beſonders die kleinere Durchbiegung bei vorhandener Gußhaut ſpreche. Die geringere Nachgiebigkeit der an und für ſich am ſtärkſten beanſpruchten äußeren Faſern müßte dann auch die Urſache ſein, daß die inneren Faſern weniger ausgenutzt werden. Die erwähnte Anſicht über den Einfluß der Spannungen vertritt auch Johnſon [18]. Ledebur [19] gibt ihn gleichfalls zu; nach ihm ſind aber die durch Anſammlung von Härtungskohle hervorgerufene größere Härte der Gußnarbe und die hiermit verbundene geringere Dehnbarkeit nach der Erklärung von Bach ſowie die Anhäufung von Gußblaſen, Herdſchaum und andern fremden Beimengungen dicht unter der Oberfläche mit von Einfluß auf die geringere Feſtigkeit der unbearbeiteten Proben.

Die gebräuchlichſte **Prüfung zur Beſtimmung der Feſtigkeitseigenſchaften** des Gußeiſens iſt der Biegeverſuch; daneben ſteht der Zugverſuch in Anwendung und nach den älteren Beſchlüſſen des Verbandes für die Materialprüfung der Technik [20] auch der Druckverſuch. Ferner findet man Scherverſuche und Stauchproben [21]. Der Vorzug des Biegeverſuches iſt, daß er bei genügend großer Stützweite am beſten geſtattet, in der Durchbiegung des Stabes bis zum Bruch die Formänderungsfähigkeit des Gußeiſens feſtzuſtellen. Sie iſt von beſonderer Bedeutung für die Beurteilung des Materials, weil hohe Feſtigkeit allein nicht immer deſſen Güte kennzeichnet. Als Vorzug des Biegeverſuchs vor dem Zugverſuch wird es bezeichnet, daß die Lage des Bruches durch die Art der Beanſpruchung (Kraftangriff in der Mitte zwiſchen zwei Stützen) beſtimmt und nicht weſentlich durch zufällige Materialfehler beeinflußt iſt, während beim Zugverſuch die Beanſpruchung innerhalb der ganzen Stablänge gleich groß iſt und der Bruch daher ſtets in dem durch Verunreinigungen, Blaſenbildung u. ſ. w. zufällig ſchwächſten Querſchnitt erfolgt. Um die Wirkung dieſer Zufälligkeiten auch beim Zugverſuch mehr auszuſchalten, iſt empfohlen worden [22], [21], [23], die Verſuchslänge bei den Zerreißproben ſehr kurz zu wählen; hiermit iſt aber wieder der Nachteil verbunden, daß nun die beim Zugverſuch ſehr leicht auftretenden Biegungsſpannungen mehr ins Gewicht fallen.

Zur Ausführung der Biegeverſuche findet man auch heute noch in den Gießereien eine einfache Vorrichtung, beſtehend aus einem Hebel, der mit dem einen Ende an der Wand oder ſonſt drehbar feſtgelegt iſt, an dem andern Ende eine Gewichtſchale trägt und mit einer untergeſtellten Stütze auf den quer zu ihm auf zwei Schneiden oder Rollen gelagerten Probeſtab wirkt. Zuverläſſige Ergebniſſe ſind von derartigen Einrichtungen ſelbſtverſtändlich nicht zu erwarten, zumal der Hebel ſich der Durchbiegung der Probe entſprechend ſchief ſtellt. Das Bedürfnis an zuverläſſigen Einrichtungen hat zur Konſtruktion einer Reihe von Sondermaſchine geführt, die ſowohl hinſichtlich der Belaſtungsweiſe als auch der Kraftmeſſung die verſchiedenartigſten Ausführungen aufweiſen.

1. Die Maſchine von Hanſen [24]. Sie gleicht im weſentlichen der vorbeſchriebenen Einrichtung. Der Probeſtab *d* (Fig. 5) ruht mit den Enden auf den feſten Widerlagern *b* und *c* und wird in der Mitte durch den Stempel *l* belaſtet, welcher in zwei Augen an dem Bock *e* geführt iſt und an ſeinem oberen Ende die Pfanne *o* als Stützpunkt für den zweiarmigen Belaſtungshebel *h* trägt. Der kürzere Hebelarm legt ſich mit der Schneide *n* gegen die Pfanne *s*,

Letztere ſteckt in einem Schlitz der bei *k* drehbar gelagerten Stange *l* und wird beim Verſuch mit Hilfe der Druckſchraube *m* entſprechend der jeweiligen Durchbiegung des Probeſtabes unter den einzelnen Belaſtungen ſo weit abwärts verſchoben, bis der Hebel wieder in die Gleichgewichtslage zurückgekehrt iſt. Dieſe wird an dem Einſpielen der an der Druckſtange *i* angebrachten Zunge *v* auf den vom Hebel *h* getragenen Zeiger erkannt. Vor dem Aufbringen

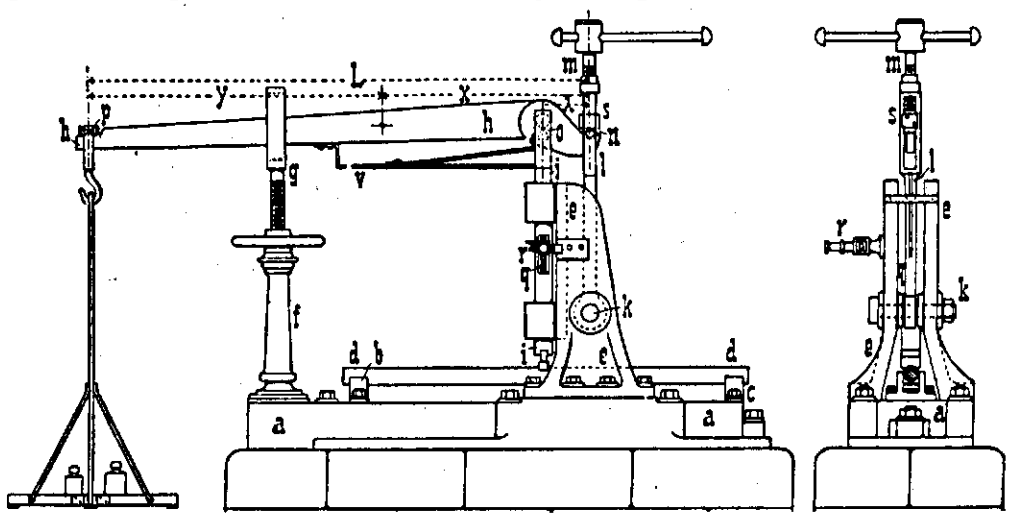


Fig. 5.

der Belaſtungsgewichte auf die Schale iſt der Hebel abzufangen, damit die Probe keine ſtoßweiſe Inanſpruchnahme erleidet. Hierzu dient die gabelförmige Schraube *g*, welche in dem Bock *f* an einem Handrade mit Muttergewinde auf und ab bewegt werden kann. Die Durchbiegung der Probe wird an der Verſchiebung des Stempels *i* gegen den Bock *e* beobachtet. Die Ableſung erfolgt mittels eines Mikroſkopes *p* mit zwölffacher Vergrößerung, welches gegenüber einer ſehr feinen, auf dem Stempel angebrachten Millimeterteilung an dem Bock befeſtigt iſt. In dem Okularkopf des Mikroſkopes iſt ein metallener Rechen mit zehn Spitzen angebracht, von denen die mittlere als Ausgangspunkt der Ableſung durchbohrt iſt (ſ. Fig. 6). Die Teilungslänge von fünf Spitzen entſpricht der Bildgröße eines Millimeters der Skalenteilung. Nach der Stellung der Teilmarken zu den Spitzen können demnach 0,1 mm abgeleſen und 0,01 mm geſchätzt werden. Zwiſchen dem Druckſtempel und den ſchwach abgerundeten Stützſchneiden einerſeits und dem Probeſtück anderſeits werden glasharte Sättel aus Stahl eingeſchaltet, um örtliche Verletzungen der Probe an den Druckſtellen zu vermeiden. Die Flächen, mit welchen die Sättel auf den Stützſchneiden ruhen, ſind ſauber poliert, damit ſie, den Durchbiegungen der Probe folgend, leicht auf den Schneiden gleiten. Die Belaſtung P der Probe iſt $P = p\frac{L}{\lambda} + A + B + C$, wenn p die Belaſtung der Wiegeſchale, L den Abſtand zwiſchen den äußeren Schneiden des Hebels, λ die Länge des kurzen Hebelarmes, A das Gewicht des Stempels nebſt Zubehör einſchließlich des mittleren, auf der Probe ruhenden Sattels, B den vom Hebelgewicht und C den vom Gewicht der Wiegeſchale herrührenden konſtanten Druck, beide berechnet auf die Stabmitte, bedeuten.

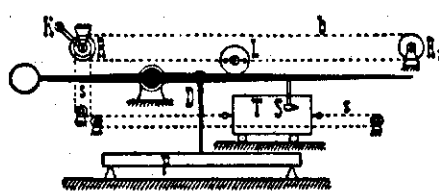


Fig. 7.

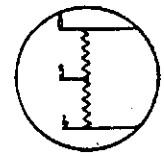


Fig. 6.

2. Die Maſchine von Keep iſt bei der in Fig. 7 ſchematiſch dargeſtellten Anordnung mit einer Laufgewichtswage zwecks ſtetig wachſender Belaſtung der Probe P und einem Selbſtzeichner ausgerüſtet. Der einarmige Belaſtungshebel wirkt durch das Druckſtück D unmittelbar auf die Mitte des Probeſtabes ein. Der Drehpunkt des Hebels ſowohl als ſein Auflager auf das Druckſtück ſind durch Schneiden gebildet, welche einen gegenſeitigen Abſtand von 100 mm haben. Bei der Nulliſtellung, d. h. der Gleichgewichtslage des mit einem Gegengewicht ausgerüſteten Hebels ſteht das Laufgewicht über der Stützſchneide des Hebels. Seine Maſſe iſt ſo angeordnet, daß ſeine Schwerpunktsachſe mit der Stützſchneide zuſammenfällt. Sein Gewicht beträgt 25 kg, ſomit entſpricht jede Verſchiebung um 100 mm einer Steigerung der Belaſtung des Stabes um 25 kg. Dieſe Verſchiebung wird durch ein Stahlband *b* ohne Ende bewirkt, welches an das Laufgewicht angreift und längs des Hebels über zwei Rollen R und R_1 geleitet iſt, von denen die eine R durch eine Kurbel bewegt wird. Mit dem Laufgewicht zugleich wird die Schreibtafel T durch ein zweites Stahlband *s* von derſelben Kurbelwelle aus, aber nur mit einem Viertel der Geſchwindigkeit des Laufgewichtes längs des Hebels verſchoben. Hierbei wird der Weg durch den Schreibſtift S verzeichnet, welcher 500 mm von der Stützſchneide entfernt an dem Hebel angebracht iſt und durch eine Feder gegen die Tafel gedrückt

wird. Da nun der Hebel der Durchbiegung der Probe entsprechend absinkt, so beschreibt der Zeichenstift eine Kurve, deren Ordinaten den fünffachen Betrag der Durchbiegung darstellen, während jeder Millimeter der Abszissenlänge 1 kg Belastungszuwachs entspricht. Die Länge der Druckstange wird vor dem Versuch so geregelt, daß der Hebel beim Bruch der Probe möglichst horizontal steht [25], [26].

3. Die Bruchfestigkeitsprüfungswage von Erdmann Kircheis [27] (Fig. 8) ist ebenfalls eine einarmige Laufgewichtswage. Der Drehpunkt des Wagenhebels, aus Schneide und Pfanne gebildet, liegt fest am Maschinengestell. In einiger Entfernung vom Drehpunkt ruht der Hebel quer auf der Probe, welche an beiden Enden unterstützt ist. Das aus dem Eigengewicht des Hebels resultierende Moment macht somit bereits einen Teil der Probebelastung aus. Hierzu kommen die Momente des Laufgewichtes und eines am Hebelende hängenden konstanten Gewichtes. Die Bewegung des Laufgewichtes erfolgt durch einen Kettenzug ohne Ende, welcher von einem Handrade aus mittels Rädergetriebes betätigt werden kann. Die resultierende Belastung sowie die zugehörige Durchbiegung der Probe werden an Skalen

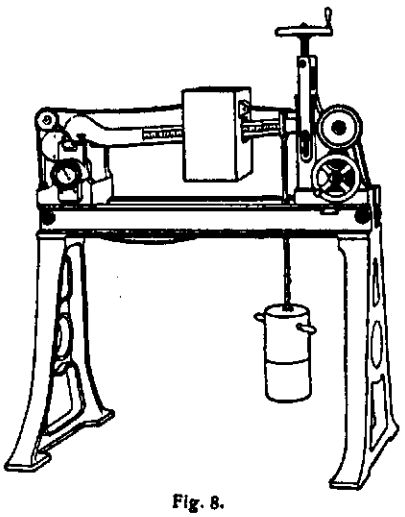


Fig. 8.

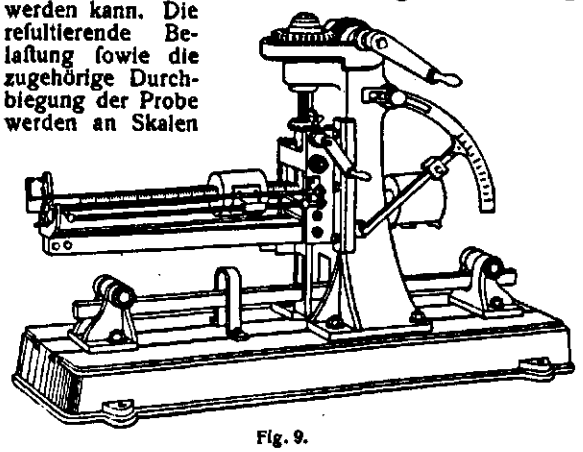


Fig. 9.

abgelesen. Um die Belastung jederzeit abfangen und die Probe entlasten zu können, ist um das Hebelende ein Bügel gelegt, der durch eine Schraube zu heben und zu senken ist. Die Stützweite beträgt 20 cm, der Durchmesser der Probe 2,17 cm und sein Widerstandsmoment somit 1.— Hieraus ergibt sich nach der Gleichung: $k = \frac{P \cdot l}{4\,W} = \frac{P \cdot 20}{4}$ die jeweilige Materialspannung k der Probe in Kilogramm/Quadratzentimeter gleich der fünffachen in Kilogramm abgelesenen Gesamtbelastung.

4. Die Maschine von Johnson [18]. Bei ihr wird an Stelle der Belastung des Probestabes der Druck auf das eine Widerlager ermittelt. Zu diesem Zweck steht nur das eine Widerlager fest auf dem Maschinengestell und das zweite auf der Plattform einer Wiegevorrichtung. Die Belastung des Probestabes erfolgt in der Mitte zwischen den Widerlagern durch eine Druckschraube. Als Maß für die Durchbiegung wird der Weg der letzteren mikrometrisch ermittelt. Zu diesem Zweck ist eine Latte an zwei mit den Widerlagern verbundenen Tragestangen oberhalb der Druckschraube angebracht, welche eine senkrechte Skala und daneben die Mikrometerschraube trägt.

Fig. 10.

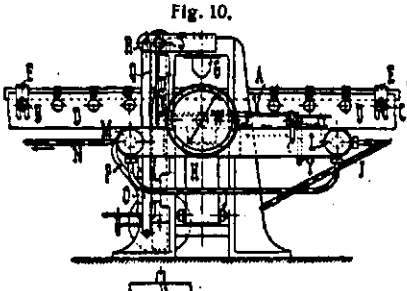


Fig. 11.

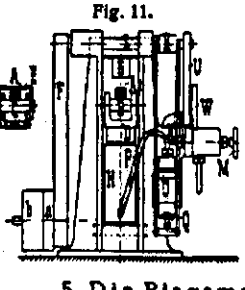
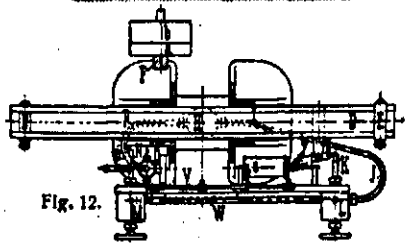


Fig. 12.



5. Die Biegemaschine von Mohr & Federhaff (Fig. 9). Die Probe ist durch zwei in verstellbaren Lagerböcken ruhende Rollen abgestützt und erfährt in der Mitte durch einen Schraubenantrieb eine aufwärtsgerichtete Belastung. Der Zug der Schraube wirkt durch einen Wiegehebel auf die Probe, so daß die jeweilige Belastung durch Verschiebung eines Laufgewichtes auf dem Wiegehebel bestimmt werden kann. Die Durchbiegung wird durch eine mit dem Zugstück verbundene Zeigervorrichtung an einer Kreisteilung angezeigt.

6. Die Maschine von Amsler Laffon & Sohn, Schaffhausen, für 2000 kg Kraftleistung [28] (Fig. 10—12). Bei ihrer Konstruktion ist besonders die bisher bei Prüfung gegossener Stäbe gebräuchliche Form, 1000 mm Stützweite bei 30 mm Querschnitt, berücksichtigt. Der Probestab *A* ruht mit den Enden auf den Bolzen *B* und *C*, die an verschiedenen Stellen durch den U-förmigen Balken *D* hindurchgesteckt werden können, so daß ihre Achsenentfernung,

die Stützweite, 400, 600, 800 oder 1000 mm beträgt. Der Balken *D* wird durch den Kolben des mit Oel gespeisten Preßzylinders *H* angehoben, so daß die Probe in der Mitte gegen die feststehende Druckschneide *G* sich legt und gebogen wird. Die über den Auflagern *B* und *C* mit den Schrauben *F* festgespannten Bügel *E* dienen dazu, die Bruchstücke des Stabes gegen Herausspringen aus der Maschine zu sichern. — Die Kraftmessung geschieht durch ein Pendelmanometer, das mit dieser Maschine unmittelbar verbunden und wie folgt eingerichtet ist. *O* ist der durch das Rohr *P* an den Preßzylinder angeschlossene kleine Hilfszylinder, dessen nach unten wirkender Kolben durch den Zaum *Q* auf den wagerechten Arm *R* des Pendels *T* einwirkt. — Der Pendelausschlag wird durch den auf der Achse *S* sitzenden Hebel *U* auf die Stange *V* und durch diese auf den Zeiger *W* übertragen, der ihn auf einer Kreisteilung anzeigt. Je nachdem man mit dem unbelasteten Pendel arbeitet, oder die Gewichtsscheibe *a*, oder die Scheiben *a* und *b* (Fig. 11 und 12), beide auf die Pendelstange aufgesteckt hat, entspricht eine volle Umdrehung des Zeigers *W* der Belastung von 500, 1000 oder 2000 kg und jedes Teilungsintervall 5, 10 oder 20 kg. Der Schreibstift *s* zur Aufzeichnung der Schaulinie sitzt auf der Stange *V*, und die Schreibtrommel wird durch die am Biegebalken angebrachte Zahnstange *Y* gedreht, sobald der Balken sich aufwärts bewegt. Je nachdem man die Zahnstange mit einem der drei Zahnrädchen auf der Trommelachse in Eingriff bringt, wird die Durchbiegung der Probe (Weg des Biegebalkens) in natürlicher, doppelter oder dreifacher Größe aufgezeichnet. *L* und *M* sind die miteinander verbundenen Steuerventile. *L* ist durch das Rohr *K* mit dem Druckerzeuger (Pumpe, Akkumulator) und durch *J* mit dem Preßzylinder *H* verbunden. Zum Entlasten wird *L* geschlossen und *M* geöffnet; die Preßflüssigkeit fließt dann durch das Rohr *N* zum Druckerzeuger zurück.

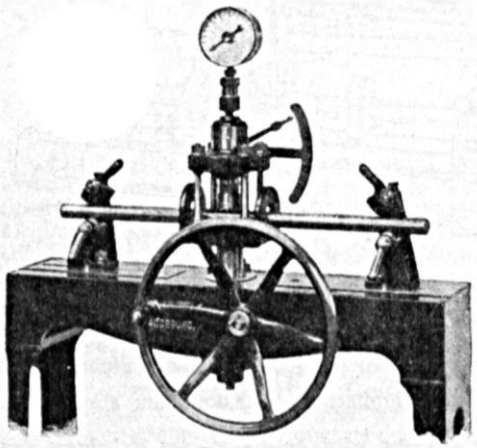


Fig. 15.

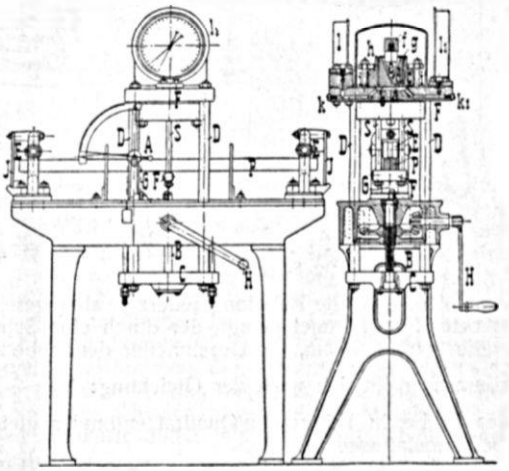


Fig. 13. Fig. 14.

7. Die Maschine der Düsseldorfer Maschinenbauaktiengesellschaft vormals J. Lofenhausen, Düsseldorf-Grafenberg [28] (Fig. 13 und 14). Der Antrieb erfolgt durch die von der Handkurbel *H* aus betätigte Schraube *B*, die Kraftmessung mit der auf *T* aufgebauten Meßdose. Letztere ruht auf den Stangen *D* und wird beim Versuch mit dem Querstück *C* durch die Schraube *B* angehoben. Das Gehänge *f* mit den Stangen *S* folgt der Bewegung, so daß das Druckstück *F* von unten auf den Probestab *P* einwirkt. Letzterer legt sich mit den Enden gegen die Rollen *E*, wird nach oben durchgebogen und wirkt mit seinem Biegungswiderstande auf den Kolben *d* der Meßdose zurück. Die Manometer $l\,l_1$ dienen zum Ablesen dieses Widerstandes, der Belastung. Die Träger der Widerlager *E* sind auf dem Bett der Maschine verschiebbar, so daß sie entsprechend der für den Probestab gewünschten Stützweite eingestellt werden können. Zum Messen der Durchbiegung ist das Druckstück *F* mit dem über drei Rollen geleiteten Kettenzug *G* verbunden. Die obere Rolle *A* trägt einen leicht verstellbaren Zeiger, der die Bewegung des Stückes *F* als Durchbiegung der Probe auf der Kreisbogenteilung in 0,1 mm anzeigt. Völlige Uebereinstimmung dieser Anzeige mit der wirklichen, in der neutralen Schicht gemessenen Durchbiegung wird man nicht erwarten können, da die Verdrückungen der Probe unter dem Stück *F* und an den Auflagern sowie die Bewegungen auf den letzteren mitangezeigt werden; immerhin dürfte aber die Durchbiegungsanzeige für praktische Versuche hinreichend genau sein. Die Pendelstücke *J* an den Auflagern dienen dazu, die Bruchstücke des Probestabes am seitlichen Herausspringen zu hindern. Auf Wunsch wird die Maschine auch mit einem Schreibapparat (s. Festigkeitsprobiermaschinen, Fig. 10) geliefert. Dieser wird dann bei *k* oder k_1 an die Hauptmeßdose angeschlossen. Die Schreibtrommel wird durch einen zweiten Kettenzug gedreht, der wie der Kettenzug *G* an *F* angeschlossen ist. — Zum Prüfen der Kraftanzeige wird eine Vorrichtung mit zwei Gewichtschalen geliefert, die an das Druckstück *F* unmittelbar angehängt wird.

8. Die Maschine von Friedr. Krupp, Grusonwerk (Fig. 15) besitzt Schraubenantrieb, der, mittels Handrad und Schnecke betätigt, an vier kurzen Stangen, zwischen denen der Probestab hindurchgeht, einen kleinen hydraulischen Zylinder abwärts zieht, dessen Kolben mittels Schneide auf den Probestab wirkt. Die rückwirkende Kraft des Probestabes erzeugt in dem Zylinder einen Flüssigkeitsdruck, der an dem Manometer abzulesen ist und der, mit dem

Kolbenquerſchnitt multipliziert, die Belaſtung des Stabes ergibt, wobei die Reibung in der Kolbendichtung in Abzug zu bringen iſt. Die Widerlager für die Probe ſind einſtellbar für Stützweiten von 400—1000 mm. Die Zeigervorrichtung rechts neben dem Zylinder dient zur Anzeige der Durchbiegung, gemeſſen als Weg eines Punktes an der Oberfläche der Probe unter der Druckſchneide gegen das Maſchinengeſtell. Der Zeiger wird durch einen Schnurzug betätigt, der über ein auf ſeiner Achſe ſitzendes Kreisſegmentſtück gelegt iſt. Die Anordnung für die Uebertragung der Durchbiegung auf die Schnur zeigt Fig. 16. Der Belaſtungskolben trägt in ſeinem Innern den kleinen Zylinder 1, der, durch die Feder 2 abwärts gedrückt, mit einem Stift auf dem Probeſtabe ſteht und deſſen Bewegung durch den Hebel 3 auf den Schnurzug übertragen wird. Zu Beginn des Verſuches wird die Schnur, ſobald die Belaſtungsſchneide den Probeſtab berührt, an der Stellſchraube 4 ſo angeſpannt, daß der Durchbiegungszeiger auf dem Nullpunkt der Kreisteilung ſteht. Bei fortſchreitender Durchbiegung geht der Hebel ohne Drehung mit dem Kolben abwärts. Die Bewegung des Zeigers entſpricht alſo der Durchbiegung. Im Augenblick des Bruches wird der Stift unten frei, die Feder 2 drückt den Zylinder 1 abwärts und die Schnur wird durch Drehung des Hebels loſe, während der Zeiger durch eine Schleppfeder feſtgehalten wird, ſo daß er nun die Durchbiegung beim Bruch anzeigt.

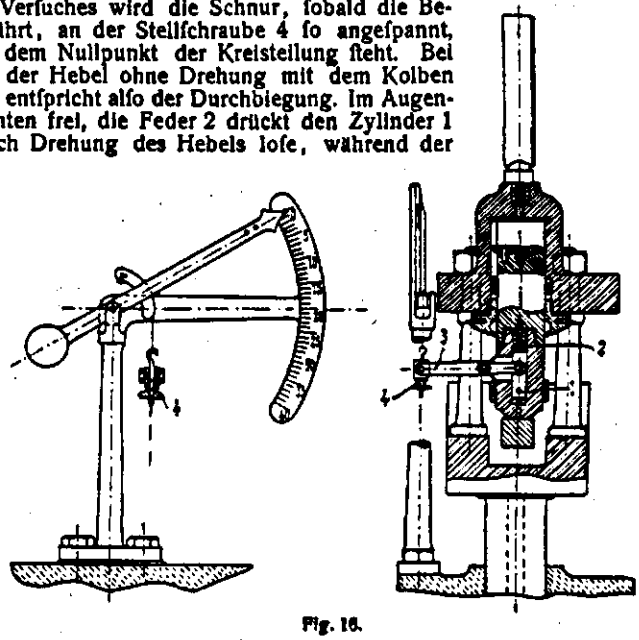


Fig. 16.

Der Widerſtand gegen Stöße pflegt häufig in der Weiſe feſtgeſtellt zu werden, daß man mit dem Handhammer auf eine Kante des Gußſtückes ſchlägt und beobachtet, ob nur Einbeulungen oder auch Abſplitterungen ſtattgefunden haben. Von Keep wurde meines Wiſſens zuerſt vorgeſchlagen, die Schlagarbeit zu beſtimmen, die zum Brechen eines Probeſtabes von beſtimmten Abmeſſungen erforderlich iſt [29], [30]. Der Schlag wird hierbei entweder auf die Mitte des auf zwei Stützen ruhenden Stabes ausgeübt oder auf das Ende des einſeitig feſt eingeſpannten Stabes (vgl. Schlagverſuche). Da die Feſtigkeit des Gußeiſens durch wiederholte leichte Schläge zunimmt, ſo iſt die zum Bruch erforderliche Schlagarbeit nicht durch viele Schläge, bei denen die Schlagarbeit allmählich geſteigert wird [31], [32], ſondern mit einem Schlage zu ermitteln. Am beſten eignen ſich hierzu balliſtiſche Schlagwerke und Pendelhämmer. Sie geſtatten, ſtets mit Schlägen gleicher Geſamtarbeitsleiſtung und gleicher Auftreffgeſchwindigkeit zu arbeiten und dann unmittelbar zu beſtimmen, welcher Anteil der Geſamtarbeit zum Bruch der Probe tatſächlich erforderlich war. In neueſter Zeit iſt dieſe Probe mehrfach empfohlen durch Martens [23], Leyde [33] u. a., unter Verwendung des Pendelhammers Bauart Rudeloff [34], [35]. Ihrer allgemeinen Einführung ſteht indeſſen zurzeit noch entgegen, daß es an Erfahrungen darüber fehlt, welche Anforderungen man bezüglich der zu leiſtenden Schlagarbeiten ſtellen ſoll.

Zur **Prüfung der Härte** des Gußeiſens verwenden Bauer und Keep die Bohrprobe. Bauer [36] benutzte eine gewöhnliche Bohrmaſchine und einen flachen 10-mm-Bohrer, den er unter 72 kg Belaſtung mit 250 Umdrehungen in der Minute arbeiten ließ. Als Maß der Härte diente die geſamte Anzahl der Umdrehungen, die zum Bohren eines Loches von 13 mm Tiefe erforderlich war. Sie wurde durch ein Zählwerk angezeigt. Keep [37], [36] bohrt von unten, ſo daß die Bohrſpäne aus dem Loch herausfallen können und die Bohrwirkung nicht beeinträchtigen. Die Probe ruht hierzu, von oben auf eine durchbohrte, an vier abwärtsgehenden Stangen mit Gewichten belaſtete und ſenkrecht am Maſchinengeſtell geführte Platte aufgeſpannt, auf der Spitze des Bohrers. Die Geſamtbelaſtung beträgt 67,5 kg, die Geſchwindigkeit des Bohrers 200 Umdrehungen in der Minute. Die Abwärtsbewegung der Probe, die Bohrtiefe, wird in fünffacher Größe von einem Schreibſtift auf einer Zeichentafel verzeichnet, die von der Bohrſpindel aus wagerecht verſchoben wird, und zwar bei 100 Umdrehungen der letzteren um 25 mm. Bei einer feſtzuſetzenden Lochtiefe wird die Maſchine ſelbſttätig ſtillgelegt. Bezeichnet man die Weglänge der Tafel oder die Anzahl der Bohrerumdrehungen als Abſziſſe, die Bohrtiefe als Ordinate, ſo iſt die Härte gemeſſen durch den Winkel, den die aufgezeichnete Schaulinie mit der Ordinate bildet. Er beträgt im Höchſtfalle 90°, d. h. bei ſo hartem Material, daß der Bohrer nicht einzudringen vermag. Nach den Verſuchen von Keep wird der Verlauf der Schaulinie bei gleichbleibender Belaſtung durch die Geſchwindigkeit des Bohrers nicht beeinflußt. Gerade genutete Bohrer haben beſſere Schaulinien geliefert als Spiralbohrer. Nach dem Bohren eines Loches wird der Bohrer jedesmal wieder angeſchliffen unter Innehaltung desſelben Schleifwinkels. Leyde ermittelt, um einen beſtimmten Vergleichsmaßſtab für die Härte zu haben und von dem Zuſtande des Bohrers möglichſt unabhängig zu ſein, jedesmal auch die Bohrkurve für ein vorrätiges Normaleiſen [33].

Iſt das Material ſo hart, daß der Bohrer nicht einzudringen vermag, ſo empfehlen ſich unter den ſonſt gebräuchlichſten Verfahren der Härtebeſtimmungen (ſ. d.) am beſten der

Ritzverfuch oder die Brinellfche Eindruckprobe. Bei weicherem Material hat aber der Bohrverfuch vor ihnen den Vorzug, daß die Bohrkurve etwaige Härteunterfchiede in allen Schichten des Stückes ohne weiteres erkennen läßt, während die Ritz- und Eindruckproben hierzu an den verfchiedenen Stellen wiederholt werden müffen, da mit ihnen nur die Härte an der Oberfläche des Probeftückes ermittelt wird.

Die **Dünnflüffigkeit des Eifens** wird beim Gießen in Sandformen beurteilt nach der Länge, bis zu der das Eifen die Form anfüllt. Weft [38], [39] empfiehlt, ftehend von unten zu gießen in Formen von folgenden lichten Abmeffungen: Höhe 203 mm, Durchmeffer 19 mm, Durchmeffer der unteren Eintrittsöffnung 3,2 mm, Höhe des Einguffes 380 mm. Keep [29], [30] und Fleming [31], [32] verwenden einen Stab von 250 · 25 · 1,5 mm mit Einguß an einem Ende. Die Vereinigung der amerikanifchen Eifengießereien [44] hat einen Stab von 3,2 50,8 mm Querfchnitt und 355 mm Länge angenommen.

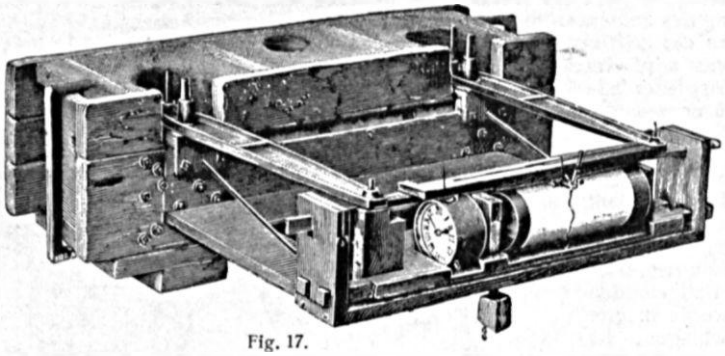


Fig. 17.

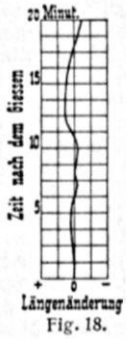


Fig. 18.

Das **Schwinden** wird verringert durch hohen Graphitgehalt und die Entftehung grobkörnigen Gefüges, alfo durch hohen Gehalt an Kohlenftoff und Silicium fowie durch langfames Erkalten. Von Einfluß find daher auch der Gehalt an Mangan und Phosphor, die Gießtemperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der Gießform. Dem Schwinden geht eine Ausdehnung des Eifens vorauf. Keep [40], [41] hat den Verlauf der Ausdehnung und des Schwindens mit dem Apparat Fig. 17 beftimmt. Er befteht im wefentlichen aus zwei Fühlhebeln *B*. Von ihnen bewegt der eine am langen Arm den Schlitten *C*, auf dem die Schreibtrommel *D* fich befindet, die durch ein Uhrwerk in der Stunde einmal um ihre Achfe gedreht wird. Der andre Hebel bewegt einen Schieber mit dem Schreibftift *E* längs der Trommel. Die Stäbe haben 25,4 mm Durchmeffer und 660,4 mm Gefamtlänge; die Meßlänge beträgt 609,6 mm; fie wird durch zwei Stahlftäbe begrenzt, die fenkrecht zur Stabachfe mit eingegoffen werden. Ueber ihre aus der Form herausragenden Enden werden die Hebel *B* gefchoben, deren Drehpunkte am Formkaften feftgelegt find. Das Ueberfetzungsverhältnis der Hebel ift = 1 : 10, der Weg des Schreibftiftes alfo gleich der zehnfachen Längenänderung des Stabes. Die Verfuche ergaben (f. Fig. 18), daß das Gußeifen in etwa 1—1,5 Minuten ohne Längenänderung erftarrte, dann aber bei weiterem Erkalten zunächft fich ausdehnte. Nach einigen Minuten geringen Schwindens folgte eine zweite und nach kurzer Zeit eine dritte Ausdehnung, bevor anhaltendes Schwinden eintrat. Je größer derartige Ausdehnungen find, deito geringer ift die Gefamtfchwindung. Fig. 18 zeigt den Verlauf für Eifen mit 3,85% *Si*, 3,10% *C*, 1,00% *Ph*, 0,50% *Mn* und 0,10% *S* mit der zweiten und dritten Ausdehnung nach 7,5 und 12,5 Minuten. Die Ausdehnung wächft, wenn *C* und *Si* gleichzeitig zunehmen. Bei annähernd gleichem Gehalt an *C* und abnehmendem *Si* (von 3,49—0,70%) wurde die erfte fowie die dritte Ausdehnung immer geringer, die zweite konnte bei keiner diefer Proben wahrgenommen werden. Bei 3,49% *Si* war die Ausdehnung größer als die Schwindung. Analyfen von Proben, die zu verfchiedenen Zeiten nach dem Gießen aus der Form entnommen waren und von denen immer die eine an der Luft erkaltete, während die zweite zur Wahrung des Zuftandes bei der Entnahme abgefchreckt wurde, zeigten, daß die Bildung des Graphits fich bis zur dritten Ausdehnung fortfetzte. Die Gießtemperatur war auf den allgemeinen Verlauf der Längenänderungen ohne Einfluß, fie beeinflußte aber die Zeitdauer zwifchen den Ausdehnungen, die bei kälterem Guß des fchnelleren Abkühlens wegen geringer war als bei heißerem. Mit wachfendem Querfchnitt der Güffe verzögert fich die Abkühlung und daher auch der Eintritt der dritten Ausdehnung. Weitere Unterfuchungen liegen vor, ausgeführt mit befonderen Apparaten, von Weft [42] und von Turner [43]. Allgemein folgt aus diefen Verfuchen, daß die Beftimmung des Schwindmaßes an Proben, die beim Gießen an beiden Enden durch feftftehende Flächen begrenzt find, zu falfchen Ergebniffen führt.

Zur **Prüfung des Saugens** oder der **Neigung zur Lunkerbildung** formt Weft [39] einen Zylinder von 28,6 mm Durchmeffer ftehend fo ein, daß er durch die auf 25 mm Dicke verftärkte Formwand hindurchragt, die Form alfo oben offen ift. Durch Gießen von unten wird die Form bis zum oberen Rande angefüllt. Hier erftarrt das Eifen durch die Berührung mit der Formwand fchneller als das darunter befindliche Metall, fo daß fich in letzterem durch Schwindung ein Saugtrichter bildet. Nach dem Erkalten wird die Menge des Waffers, die zum Füllen des Trichters erforderlich ift, als Maß für die Neigung zum Saugen ermittelt. Ledebur empfiehlt das Gießen eines 470 mm langen Winkelftückes mit 130 mm langen und 50 mm dicken Schenkeln und zwei auf ein Drittel der Länge angeordneten, 50 mm dicken Querrippen und Feftftellung der etwa unter den letzteren entftandenen Saugftellen.

Die **Neigung zum Weißwerden oder Abſchrecken** läßt ſich ermitteln, indem man beim Einſtampfen des Sandes ein Schalenſtück ſo einlegt, daß es einen Teil der Form bildet, und dann das Ausſehen des Bruches an dieſer Stelle und die Tiefe der Abſchreckung feſtſtellt. Weſt [39] benutzt hierzu halbzylindriſche Schalen von 76 mm Länge und 11 mm Wandſtärke bei 28,6 mm Durchmeſſer und 380 mm Länge des Probeſtabes, die er ſo anordnet, daß die abgeſchreckte Stelle beim Biegeverſuch über dem einen Auflager zu liegen kommt. Ledebur empfiehlt, ein Eiſenſtück von 120 · 120 mm Breite und 60 mm Dicke unten als Boden in die Form zu legen und darüber einen Zylinder von 60 mm Durchmeſſer und 60 mm Länge zu gießen, der dann längs aufgeſpalten wird [21]. Am gebräuchlichſten iſt das Gießen eines Keilſtückes mit 40 mm Steigung auf 210 mm Länge, an dem von dem dünnen Ende aus die Länge des weiß gewordenen Teiles im Querbruch gemeſſen wird [21], [44].

Die **Neigung zum Verziehen** prüfen Fleming [32] und Keep [30] an einem Stabe von 305 mm Länge und 25,4 · 1,5 mm Querſchnitt mit Längsrippe auf einer Seite, der von einem Ende her in Sand gegoſſen wird. Ledebur empfiehlt das Gießen einer Herdgußplatte von 650 · 650 mm Kantenlänge und nicht über 10 mm Dicke [21].

Die Einführung einheitlicher Vorſchriften zur Prüfung von Gußeiſen wird zurzeit auf Anregung des Internationalen Verbandes für die Materialprüfung der Technik beſonders in Deutſchland und Amerika angeſtrebt. Die hierauf hinzielenden Arbeiten ſind noch nicht abgeſchloſſen. Nachſtehend ſei daher auf die heute im Gebrauch ſtehenden, verſchiedenen Vorſchriften verwieſen: 1. Vorſchriften des Vereines deutſcher Eiſenhüttenleute; 2. Vorſchriften der Preußiſchen Staatseiſenbahnverwaltung; 3. Normalien zu Rohrleitungen für Dampf von hoher Spannung, aufgeſtellt vom Verein deutſcher Ingenieure (1905) [47]; 4. Materialvorſchriften der deutſchen Kriegsmarine (1905), Reichsmarineamt, Berlin; 5. Vorſchriften des Vereines deutſcher Eiſengießereien (1904) [46]—[48]; 6. Vorſchriften der Vereinigung amerikaniſcher Gießereifachleute (1904) [49]—[51].

Literatur: [1] Jüngſt, Bericht über die Tätigkeit der Kommiſſion für die Aufſtellung von Vorſchriften für Gußeiſenprüfung, Korreſpondenz des Vereins deutſcher Eiſengießereien 1903, Nr. 196, S. 4. — [2] The Engineering Magazine 1902. — [3] Prüfungsvorſchriften für Eiſenguß, „Stahl und Eiſen" 1904, S. 467. — [4] Jüngſt, Eine Phaſe aus dem Kapitel „Gußeiſenprüfung", ebend. 1905, S. 415. — [5] Korreſpondenz des Vereins deutſcher Eiſengießereien, Nr. 196, S. 10. — [6] Reuſch, Einfluß der Form und Herſtellungsweiſe von gußeiſernen Probeſtäben auf deren Feſtigkeit, „Stahl und Eiſen" 1903, II, S. 1185. — [7] Leyde, Feſtigkeit und Struktur des Gußeiſens, ebend. 1904, I, Nr. 2. — [8] Engineering News 1899, I, S. 151. — [9] Ueber die Unterſuchung des Gußeiſens, nach T. Weſt und J. Keep, „Stahl und Eiſen" 1895, II, S. 894. — [10] Bach, Die Biegungslehre und das Gußeiſen, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1888, S. 193. — [11] Neuere Unterſuchungen über die Eigenſchaften des Gußeiſens, „Stahl und Eiſen" 1900, II, S. 602. — [12] Journal of the Franklin Inst. 1896, S. 148. — [13] Gießereiroheiſen und Gußeiſen, „Stahl und Eiſen" 1896, S. 433. — [14] Hannover, Molekularänderungen in Gußeiſen, Baumaterialienkunde 1897/98, II, S. 181. — [15] Ledebur, Aus der Gießerei, „Stahl und Eiſen" 1898, I, S. 212. — [16] The Iron Trade Review 1897, 7, 1. — [17] Bach, Verſuche über Drehungsfeſtigkeit, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1889, S. 137. — [18] Johnſon, Cast-Iron-Strength, Resistance, Tests and Specifications, Transact. of the Am. Soc. of Civil-Eng. 1890, S. 91. — [19] Ledebur, Neuere Unterſuchungen über die Eigenſchaften des Gußeiſens, „Stahl und Eiſen" 1890, II, S. 602. — [20] Beſchlüſſe der Konferenzen über einheitliche Unterſuchungsmethoden, München 1887, S. 26. — [21] Martens, Einheitliche Prüfungsverfahren für Gußeiſen, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1898, S. 1326. — [22] Ledebur, Ueber einheitliche Prüfungsverfahren für Gußeiſen, „Stahl und Eiſen" 1898, S. 791. — [23] Ebend. 1898, S. 910. — [24] Hanſen, W., Beſchreibung eines Materialprüfungsapparates und einiger mit demſelben ausgeführten Verſuche, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1886, S. 125. — [25] Keep, Tests for Foundry Iron, Iron 1888, S. 314. — [26] Derſ., Verfahren zur Prüfung von Gießereiroheiſen, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1888, S. 1031. — [27] Ebend. 1886, S. 197. — [28] Rudeloff, Neuere Feſtigkeitsprobiermaſchinen, Dingl. Polyt. Journ. 1905, S. 375. — [29] Iron 1888, S. 314. — [30] W. J. Keeps Verfahren zur Prüfung von Gießereiroheiſen, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1888, S. 1031. — [31] Journal of the United States Assoc. of Char coal Iron Workers, VII, S. 242. — [32] Die Prüfung des Gußeiſens, „Stahl und Eiſen" 1888, S. 223. — [33] Leyde, Prüfung von Gußeiſen, ebend. 1904, I, S. 186. — [34] Rudeloff, Prüfung von Stahl und Eiſen an eingekerbten Stücken, „Stahl und Eiſen" 1902, I, Nr. 7. — [35] Martens und Guth, Das Kgl. Materialprüfungsamt der Techniſchen Hochſchule Berlin, S. 329. — [36] Die Härte oder Bearbeitbarkeit von Metallen, „Stahl und Eiſen" 1901, II, S. 1010. — [37] Iron Age 1900. — [38] Amer. Machinist 1894, 30. VIII. — [39] Ueber die mechaniſche Prüfung des Gußeiſens und die Herſtellung der Probeſtäbe, „Stahl und Eiſen" 1894, S. 909. — [40] Keep, Cooling curves and tests for Cast Iron, Engineering 1895, II, S. 375. — [41] Ueber die Unterſuchung des Gußeiſens, „Stahl und Eiſen" 1895, S. 894. — [42] Weſt, The contraction of Cast Iron, Engineering 1896, I, S. 557. — [43] Turner, Volumen- und Temperaturänderungen während der Abkühlung von Roheiſen, Metallurgie 1906, S. 317. — [44] Cast Iron test bars. Method of Casting test bars for the Amer. Foundrymen's Association Testing Committee, Engineering 1899, I, S. 545. — [45] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 1481. — [46] Korreſpondenz des Vereins deutſcher Eiſengießereien 1904, Nr. 208. — [47] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1905, S. 404. — [48] „Stahl und Eiſen" 1904, S. 1255. — [49] Transact. of the Am. Inst. of Mining Engineers 1905. — [50] „Stahl und Eiſen" 1905, II, S. 1258. — [51] Journ. of the Franklin Inst. 1905, S. 405.

Rudeloff.

Gußeiſerne Wellen, als Flügel- oder Hohlwellen (ſ. d.) für langſamen, ſtoßfreien Gang bei ſchwerer Belaſtung, z. B. für Waſſerräder.

Gußgewölbe ſind in Geſtalt von Gewölben hergeſtellte Steindecken aus Beton. Die Herſtellung hat ſtets auf einer vollſtändig eingeſchalten Einrüſtung

zu erfolgen, auf welcher der Beton in 10—15 cm dicken Lagen gleichmäßig ausgebreitet und feſtgeſtampft wird. Jede folgende Schicht wird in angenähert gleicher Stärke bis zur erforderlichen Dicke der Decke unter ſtetem Annäſſen aufgetragen.

In neuerer Zeit macht man vielfach von ſolchen Gußgewölben als Kappen auch unter Zuhilfenahme von Zwiſchenträgern aus Eiſen Gebrauch. Streng genommen, hört jedoch bei allen derartigen Ausführungen der Begriff der „Wölbung“ auf, da nach dem Erhärten des Mörtels die hergeſtellte Steindecke eine zuſammenhängende feſte Platte bildet, die, ſolange ſie ihren Zuſammenhang durch Sprünge oder Riſſe nicht eingebüßt hat, nur einen ſenkrechten Druck und keinen Schub auf die Widerlager ausübt.

Literatur: Breymann, Allgemeine Baukonſtruktionslehre, Teil 1, Stuttgart 1879—80; Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonſtruktionen, Teil 1, Berlin 1880, S. 211; Handbuch der Architektur, Teil 3, Bd. 2, Heft 3, Darmſtadt 1893—95, S. 75 u. 551. *L. v. Willmann.*

Gußmauerwerk, ſ. Füllmauer und Stampfbau.

Gußputzen, die Reinigung der Gußwaren von Oxydſchichten, Gußhaut, Formſand u. ſ. w. Wenn die Entfernung der Oxydſchichten durch mechaniſche Mittel nicht zweckentſprechend iſt, ſo wird Abbeizen angewendet. Vgl. Eiſengießerei, Drahtbürſten und Sandſtrahlgebläſe. *Lüdicke.*

Gußſtahl, ſ. Eiſen.

Gußſtücke oder Gußwaren beſtehen aus grauem Gußeiſen, das durch Umſchmelzen von Roheiſen (mit Brucheiſen) erhalten wird.

Die Statiſtik bezeichnet Hochofenguß als „Gußwaren erſter Schmelzung“ im Gegenſatz zu den aus Gießereien ſtammenden „Gußwaren zweiter Schmelzung“. Anderweitig unterſcheidet man Bau-, Maſchinen-, Rohrguß, auch Poterie-, Maſſen- und Kunſtguß, als beſondere Abart Temperguß. Für die drei erſten dieſer Sorten wird eine Zugfeſtigkeit von mindeſtens 1200 kg/qcm und eine Biegungsfeſtigkeit von 2500 kg/qcm, gemeſſen an einem unbearbeiteten quadratiſchen Stabe von 30 mm Seite, der, auf zwei 1 m voneinander entfernten Stützen liegend, eine allmählich bis zu 450 kg zunehmende Belaſtung aufnehmen ſoll, bevor er bricht. Dieſe und weitere Angaben über die Beſchaffenheit enthalten die „Vorſchriften für Lieferung von Eiſen und Stahl, aufgeſtellt vom Verein deutſcher Eiſenhüttenleute“, Düſſeldorf. Ueber „Vorſchriften für die Lieferung von Gußeiſen“ ſ. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1905, S. 404. — Vgl. a. Gußeiſenprüfung, S. 697. — Der „Umlauferlaß, betreffend die einheitliche Benennung der im Eiſenbahnbetriebe zur Verwendung kommenden, aus Eiſen oder Stahl beſtehenden Materialien“ findet ſich veröffentlicht im Zentralblatt der Bauverwaltung 1889, Nr. 7, und in „Stahl und Eiſen“ 1889, Nr. 3.

Stahlformguß iſt in Gebrauchsformen gegoſſener Stahl. Nach den „Vorſchriften u. ſ. w.“ ſoll im allgemeinen je nach dem Verwendungszweck der Stücke die Zugfeſtigkeit 3600 bis 6000 kg/qcm bei einer Dehnung von 20—8 %, gemeſſen auf 200 mm Länge, betragen.

Das Gewicht von Grauguß berechnet man normal mit 7,25 kg/l oder als das 14fache des Gewichts eines Tannenholzmodells gleicher Stärke; für Stahlguß 7,86 kg/l. *Lindner.*

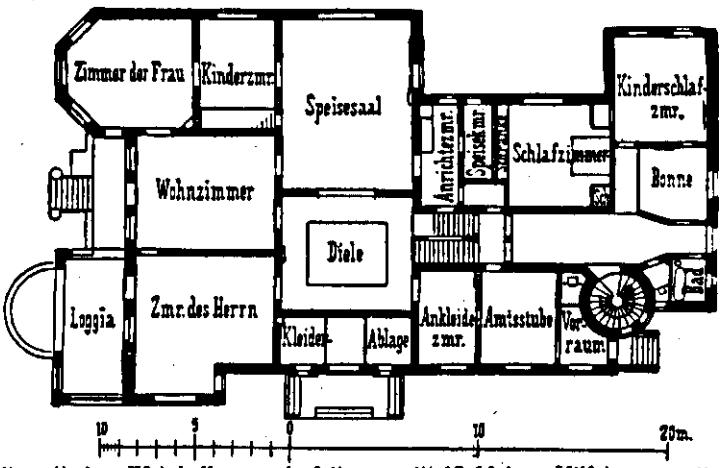
Gutsbeſitzerwohnhäuſer. Das Wohnhaus des Gutsbeſitzers wird im ganzen etwas weiträumiger angelegt als ſtädtiſche oder villenartige Wohnhäuſer, weil die ländlichen Verhältniſſe die Uebung einer ausgedehnteren Gaſtlichkeit mit ſich bringen, auch bei beſonderen Anläſſen ſich eine größere Menſchenzahl darin zuſammenfindet (Jagden, Einquartierung, amtliche Kommiſſionen u. dergl.). Daher iſt das Gutshaus mit einer größeren Halle, der Diele des altſächſiſchen Hauſes (ſ. Bauernhäuſer), mit einer Anzahl von Fremdenzimmern u. ſ. w. ausgeſtattet. Die Erziehung der Kinder erfordert oftmals die Unterbringung eines Hauslehrers und einer Erzieherin.

Als allgemeine Regel gilt, daß das Herrſchaftshaus nach Größe und äußerer Ausſtattung im richtigen Verhältnis zu dem zugehörigen Grundbeſitz und deſſen Erträgen, weniger den zufälligen Vermögensverhältniſſen des jeweiligen Beſitzers ſteht. Die Bauart ſoll mehr durch Gruppenwirkung als durch reiche Ausbildung der architektoniſchen Einzelheiten ausgezeichnet werden; unbedingt muß ſie ſolid ſein, um den Grundbeſitz nicht mit hohen Unterhaltungskoſten zu belaſten. Die Verwendung unechter Materialien iſt zu verwerfen. Da endlich der Bodenwert keine erhebliche Rolle ſpielt, wird man ihm ſeine Ausdehnung mehr in der Breite als in der Höhe geben.

Das Herrenzimmer muß von mindeſtens einem Fenſter den Ueberblick über das Gehöft, deſſen Ausgänge und die Türen der Hofgebäude geſtatten; es muß ferner unmittelbar von dem Haupteingange, oder beſſer einem beſonderen, für den dienſtlichen Verkehr mit dem Hofgeſinde beſtimmten Nebeneingang erreichbar ſein. In größeren Wohnhäuſern ordnet man gern neben dem Herrenzimmer ein kleines Ankleidezimmer an, in dem der Hausherr, aus der Wirtſchaft kommend, ſich umkleiden kann. Das Damenzimmer wird paſſend an die Gartenſeite verlegt. Wenn ein Gewächshaus mit dem Wohnhauſe verbunden iſt, ſchließt es ſich an das Damenzimmer an. Ein geräumiges Wohnzimmer, in dem ſich die ganze Familie verſammeln kann, iſt unentbehrlich. In größeren Häuſern wird außerdem ein Saal gefordert, der bei beſonderen Anläſſen auch als Speiſeſaal benutzt werden kann, während für den regelmäßigen Gebrauch ein kleineres Eßzimmer genügt. Das Schlafzimmer legt man gern in das Erdgeſchoß in Zuſammenhang mit dem Wohnzimmer und dem Schlafzimmer für kleinere Kinder.

Werden die Kinder größer, ſo wohnen ſie im oberen Stock in der Nähe des Hauslehrers oder der Erzieherin, deren Wohnzimmer zugleich Schulſtuben ſein können. Welche Wirtſchaftsräume mit dem Herrſchaftshauſe vereinigt werden, hängt von den ortsüblichen Verhältniſſen, namentlich davon ab, ob das Hofgeſinde von der Gutsverwaltung beköſtigt wird, und welche Zahl von Wirtſchaftsbeamten gehalten wird. Ein einzelner, unverheirateter Wirtſchaftsbeamter kann wohl ſein Zimmer im Herrſchaftshauſe, etwa neben dem Herrenzimmer, von dem Nebeneingang erreichbar, erhalten. Wird die Zahl größer oder iſt der Vertreter des Gutsherrn verheiratet, ſo erbaut man wohl ſelbſtändige Wirtſchaftshäuſer und verbindet damit die Einrichtungen für Beköſtigung des Hofgeſindes oder man richtet dieſe Räume in einem Flügel des Gutshauſes ein.

Beiſtehende Figur iſt der Grundriß des Erdgeſchoſſes eines ländlichen Herrſchaftshauſes auf Rittergut Poledno, Regierungsbezirk Marienwerder, bemerkenswert durch die den Verkehr zwiſchen den Wohnräumen vermittelnde Diele, einen wohnlich eingerichteten Raum, welcher durch zwei Stockwerke reicht und in Höhe des Obergeſchoſſes mit einer ringsum laufenden Galerie verſehen iſt. Die Gruppe der Schlaf- und Kinderzimmer iſt durch einen Flurgang zugänglich. Das obere Geſchoß erhält in dem Ausbau des ſteilen Daches eine größere Anzahl von Fremdenzimmern. In dem gewölbten Kellergeſchoß ſind die Küche und ſonſtige Wirtſchafts- und Vorratsräume ſowie Wohnungen der Dienſtboten untergebracht, und im Zuſammenhange einerſeits mit dem Weinkeller, anderſeits vermittelſt kleiner Hilfstreppe mit dem Speiſeſaal eine Trinkſtube mit kunſtvollem Gewölbe. Das Haus liegt an dem hohen Ufer eines Sees, dem die Wohnzimmer zugekehrt ſind. — S. a. Gehöfteanlagen.



Literatur: Tiedemann, Ludw. v., Das landwirtſchaftliche Bauweſen, Halle a. S. 1898; Schloß Seßwegen in Livland, Zeitſchr. f. Bauweſen 1896, S. 159 ff. *v. Tiedemann.*

Guttapercha, Gutta Tuban, Tubangummi, Gettah, Gettania, eine mit Kautſchuk und noch mehr mit Balata (ſ. Bd. 1, S. 502) nahe verwandte Subſtanz, iſt der unter Zuſatz von Waſſer durchgeknetete und eingetrocknete Milchſaft mehrerer Pflanzen, die hauptſächlich der Familie der Sapotaceen angehören.

Die Ware iſt erſt ſeit 1843 in Europa bekannt und wurde urſprünglich von Palaquium Gutta (*Hook.*) *Burck* (= Isonandra Gutta, Dichopsis Gutta) gewonnen. Den Baum fand Thomas Lobb 1847 auf Singapore, aber die irrationelle Gewinnung der Guttapercha hat ihn faſt völlig ausgerottet, bis vor einigen Jahren Sérullas ihn wieder aufgefunden [1]—[3]. Was gegenwärtig als Guttapercha im Handel vorkommt, wird größtenteils von folgenden Bäumen gewonnen: 1. Palaquium oblongifolium *Burck* (Taban merah auf Malakka, Njatoch balam u. ſ. w. auf Sumatra), die beſte, hellrote bis rotbraune, in warmem Waſſer formbare Sorte liefernd; 2. Palaquium borneense *Burck* auf Borneo. Nach Schlechter ſind P. Gutta, P. oblongifolium und P. borneense nicht oder nur wenig voneinander verſchieden; auch Büsgen gibt an, daß auf Java die drei Formen praktiſch nicht unterſchieden werden [24], [25]. 3. Palaquium Treubii *Burck* auf Banka; 4. Illipe (= Bassia *L.*) pallida *Engler* (Njatoch balam, Soegi-soegi) auf Sumatra; 5. Payena Leerii *Benth. et Hook.* (= Cacosmanthus Leerii *Miqu.*) auf Malakka, Banka, Sumatra, Borneo (liefert eine, der beſten von Nr. 1 ſtammenden Guttapercha ſehr nahe ſtehende, nur leicht faſerig werdende Sorte). 6. Payena (Cacosmanthus) macrophylla *Benth. et Hook.* (liefert eine geringere Sorte) [4], [5], [7]—[12], Abbildungen in [26]. Sind auch die ſechs angeführten Sapotaceenarten die wichtigſten Stammpflanzen der Guttapercha, ſo ſcheinen doch auch noch einige andre Arten derſelben Familie, nach Flückiger [13] auch ſolche andrer Familien, wie der Apocynaceen und Ternströmiaceen, dieſen oder einen ſehr ähnlichen Rohſtoff zu liefern, z. B. Palaquium rostratum, P. argentatum, P. Supfianum *Schlechter*, Mimusops Henriquesii *Engl. et Warb.*, Bassia firma *Benth.*, Payena Suringiana, Payena rubro-pedicellata, Sideroxylon attenuatum *D. C.* (Singapore, Philippinen [2], [14]); von einer Willoughbeia (Apocynaceen) ſoll das Gutta Singgarip, von Dichopsis sp. das Gutta Putih oder Gutta Sundek ſtammen [10]. Gutti Soosoo ſcheint echte Guttapercha zu ſein, Gutta Akolian iſt ebenfalls eine echte Guttapercha, angeblich von Isonandra Motleyana ſtammend. Gutta Bambong iſt wahrſcheinlich identiſch mit dem von Ficus indica ſtammenden Kautſchuk.

Die Gewinnung der Guttapercha war bis vor kurzem mit der Vernichtung der Guttaperchabäume verbunden. Dieſelben werden gefällt und der Milchſaft aus Einſchnitten in der Rinde herausgeholt. Auf Weſtjava hat man ſeit 1884 Bäume angepflanzt, um der Ausrottung entgegenzutreten. Ein Baum von 60 cm Umfang liefert 230 g, von 40 cm 160 g, von 220 cm 190 g [5]. Nun ſoll verſucht werden, durch Anſchneiden der Rinde (nach Oeſterle in Geſtalt eines V) ohne Baumfällung den Saft zu gewinnen; ja neuerlich wurde von Sérullas [15] der Verſuch unternommen, aus den Blättern [16] und Zweigen des Baumes durch ein Löſungsmittel

(Toluol) die Guttapercha zu extrahieren [17]. Im botaniſchen Garten von Buitenzorg (Java) wurden 1903 nach Preuß die abgefallenen Guttablätter verarbeitet: Getrocknet und zu Mehl gemahlen wurden ſie mit kochendem Waſſer behandelt, die ſich abſcheidende Gutta wurde durch Kneten und Waſchen gereinigt; von 1700 g Blätter gewann man 25—30 g Gutta. Auf Borneo wird ebenfalls Gutta aus Blättern gewonnen (4% aus friſchen Blättern), das viel beſſer als Stammgutta iſt und 20 ℳ pro Kilogramm erzielt. (Gegenwärtig koſten 100 kg der beſten Sorte 800—1500 ℳ, der minderwertigen 300—600 ℳ) [27], S. 307. Abbildungen von Extraktionsapparaten (für „Blatt"- oder „grüne" Guttapercha) ſ. in [26], S. 46. — Der friſche Milchſaft erſtarrt zu einer poröſen ſchwammigen Maſſe; er muß daher, um einen kompakten, verſandfähigen Körper zu bilden, unter Zuſatz von Waſſer durchgeknetet werden. Hierauf formt oder preßt man daraus Blöcke und Brote bis 20 kg Gewicht, auch wurſtförmige Stücke [12], [14], [26]. Ueber die Konſervierung des Milchſaftes und die Mikrobentheorie von Lucien Moriſſe ſ. Kautſchuk. In Singapore werden die verſchiedenen Sorten, welche die Händler aufkaufen, zuſammengemiſcht und in drei Qualitäten: Firſt quality, Medium und White Guttapercha geſchieden. Was zu uns kommt, iſt immer mit Holz- und Rindenſtückchen u. ſ. w. verunreinigt. — Rohe Guttapercha iſt außen braun oder graubraun, innen rötlichweiß, grauweiß, mit rötlichem Striche oder weiß mit braunrötlichen Flecken, beſitzt eine teils faſerige, teils blätterige, mitunter an Holz erinnernde Struktur, läßt ſich leicht ſchneiden (Unterſchied von Kautſchuk), ſchwimmt auf dem Waſſer (ſpez. Gew. 0,96—0,99), iſt biegſam, zähe, nur ſehr wenig elaſtiſch, erweicht, auf 45° C. erwärmt, teigartig, wird bei 60° C. ſo bildſam, daß man ſie zu Fäden ausziehen, in Platten, Röhren u. ſ. w. formen kann, bildet in kochendem Waſſer keine Emulſion, ſondern bleibt im Zuſammenhang und ſchmilzt bei 110—120°. Erwärmte Guttapercha riecht ſehr charakteriſtiſch (nicht unangenehm). Die Guttapercha von Borneo erſcheint im Handel in Geſtalt lederdicker Stücke von Zunderſchwammfarbe, iſt ſteif und zähe, läßt ſich in gelbliche Platten zerreißen und erſcheint an friſchen Bruchſtellen wie Papiermaché. Die neuſeeländiſche Guttapercha weicht von der hinterindiſchen nur wenig ab, iſt rötlichgrau, porös, im Bruche an manchen Stellen an Bimsſtein erinnernd, am friſchen Schnitte blaßrötlichweiß, ziemlich leicht und leicht zu zerreißen. Ueber das Ausſehen der zahlreichen Handelsſorten ſind [6], [8], [9] und insbeſondere die ausführliche Arbeit von Léon Braffe [18] einzuſehen; als beſte Sorten werden von dieſem Forſcher die Guttapercha von Padang (Oſtküſte von Malakka) und die von Sarawak und Sandakan (Borneo) erklärt.

Die chemiſche Zuſammenſetzung iſt von Granville H. Scharpe [19], Oeſterle [1] und Tſchirch [28]—[31] ſtudiert worden. Guttapercha beſteht aus Gutta, Alban, Fluavil, Guttan, Gerbſtoffen, Salzen und zuckerähnlichen Subſtanzen. Die Gutta, ein reinweißer, amorpher Kohlenſtoff $C_{30}H_{48}$ (oder $C_{10}H_{16})_3$ mit dem Schmelzpunkt 53°, iſt der wichtigſte Teil, von deſſen Quantität, die angeblich bis 80% erreichen kann, die Güte des Rohſtoffes abhängt. Das Alban (Sphäritalban $C_{30}H_{44}O_3$, Kriſtallalban $C_{30}H_{26}O$, Albanan $C_{30}H_{44}O$) iſt weiß, kriſtalliſierbar, ebenfalls ein wichtiger Beſtandteil. Dagegen beeinträchtigen größere Mengen von Fluavil [zitronengelb, harzartig $(C_{10}H_{16}O)n$] die Güte der Guttapercha. Guttan iſt Gutta ähnlich, aber leicht zerfetzlich. Gegen chemiſche Agentien ſind die genannten Beſtandteile der Guttapercha ſehr widerſtandsfähig, Luft und Licht und vielleicht elektriſche Einflüſſe verändern ſie leichter.

Zur techniſchen Verarbeitung [20], [26], S. 32, wird die rohe Guttapercha in warmem Waſſer von 50° erweicht, von den gröberen Verunreinigungen befreit, zu Bändern ausgewalzt; mehrere ſolcher Bänder werden noch warm zuſammengelegt, von Schneidemaſchinen in dünne Späne zerteilt, dieſe hierauf mit Waſſerdampf erweicht und in dem ſogenannten Zerreißwolf in feine Stücke zerriſſen. Die Vereinigung derſelben zu Klumpen geſchieht im Knetapparat, und das fertige Produkt iſt als eine ſehr dichte, ſchwarze oder ſchwarzbraune, homogene, in Waſſer unterſinkende, ſehr plaſtiſche Maſſe unter dem Namen gereinigte Guttapercha unmittelbar zur Verarbeitung geeignet. Außer dieſer mechaniſchen Prozedur gibt es noch eine chemiſche, welche die Rohware durch geeignete Löſungsmittel zu löſen und ſomit zu reinigen ſucht [21], [26].

Die gereinigte Guttapercha läßt ſich bei 45—60° beliebig formen und wird bei 100° weich und dabei ſo elaſtiſch wie geknetetes Brot; ſie löſt ſich in Chloroform und Schwefelkohlenſtoff in der Kälte, ferner in erwärmtem Petroläther, Terpentinöl und Benzol faſt vollſtändig, in erwärmtem Alkohol und Aether nur ſehr unvollkommen. Von ätzenden Alkalien und verdünnten Mineralſäuren wird Guttapercha nicht angegriffen, durch konzentrierte Schwefelſäure wird ſie unter Bildung von ſchwefeliger Säure zerſetzt. Wie oben angegeben, verändern Luft und Licht die Beſchaffenheit der Guttapercha, daher wird ſie mit der Zeit brüchig, unelaſtiſch, was beſonders deutlich an dünnen Guttaperchablättern wahrzunehmen iſt; dieſe zerfallen in ſchmale Streifchen. Hierbei verwandelt ſie ſich in einen guten Leiter der Elektrizität [32]. Eine Miſchung von 9 Teilen Guttapercha und 1 Teil Kampfer ſoll dieſen Uebelſtand, der eine Folge von Oxydationsprozeſſen iſt, beheben [22]. Auch durch Einlegen in Seewaſſer unter Lichtſchutz ſoll ſich Guttapercha konſervieren laſſen [12], S. 395. Guttapercha läßt ſich ebenſo wie Kautſchuk (ſ. d.) vulkaniſieren. Auf der Entfernung der Oxydationsprodukte beruht zweifelsohne die Darſtellung der ſogenannten reinen, weißen oder gebleichten Guttapercha (Guttapercha alba, cleaned Gutta Percha). Man löſt die gereinigte Guttapercha in der zwanzigfachen Menge Schwefelkohlenſtoff und filtriert unter gewiſſen Vorſichtsmaßregeln die Löſung durch Spodium; das Produkt iſt reinweiß, fadenziehend und läßt ſich vorzüglich färben. Oder man behandelt die Chloroformlöſung mit Alkohol, der die reine Guttapercha als weiße Maſſe ausfällt. Sie kommt gewöhnlich in 3—4 mm dicken Stangen in den Handel [14].

Die Verwendung der Guttapercha iſt eine ſehr umfangreiche, die wichtigſte wohl die zur elektriſchen Iſolation (Kabeliſolatoren). Die Iſolierfähigkeit wird durch Beimiſchung von Zinnober, Kalkhydrat, Harzöl, Kolophonium vermindert [15]. Guttapercha dient ferner zu Maſchinentreibriemen, Schuhſohlen, Röhren, Wannen, Geſchirren, die Guttaperchablätter zu chirurgiſchen Verbänden, zum Einwickeln (z. B. zum Umwickeln der Drähte, an welche friſche und trockene

Blumen für Buketts geſteckt ſind), die weiße Guttapercha in der Zahntechnik, die harten Guttaperchakompoſitionen (Miſchungen der Guttapercha mit Kreide, weißem Pfeifenton, Magneſia, Zinkoxyd, Baryt) zu künſtlichem Elfenbein. Die Löſung von Guttapercha in Chloroform dient als Traumaticin zu waſſerdichtem Wundverſchluß; es werden 20 Teile klein zerſchnittener gereinigter Guttapercha mit 80 Teilen Chloroform übergoſſen und noch 5 Teile zerfallenen Glauberſalzes hinzugefügt; letzteres ſoll Entwäſſerung und Klärung der ſirupdicken Flüſſigkeit bewirken. Durch Schütteln wird eine raſchere Löſung erzielt.

Da, wie oben bemerkt wurde, die Handelsware häufig ein Gemiſch verſchiedener Sammelſorten darſtellt, unter welchen auch ſehr minderwertige Produkte vorkommen dürften, von denen einige wahrſcheinlich mit Guttapercha keine Verwandtſchaft zeigen, ſo ſpricht man in techniſchen Kreiſen auch von verfälſchter Guttapercha. Mehrfach beſchrieben iſt eine ſogenannte Gettah Lahoe oder Feigenwachs, ein Produkt der auf Java und Sumatra einheimiſchen Ficus ceriflua *Jungh*; es ſtellt nach Vogl [23] leichte poröſe, einigermaßen an Guttapercha erinnernde Stücke dar von matt hellbräunlichgrauer, an der friſchen, körnigen Bruchfläche hellrötlichgrauer Farbe; ſie ſind brüchig, ſpröde, ziemlich leicht zerreißbar, an friſchen Schnittflächen wachsglänzend, etwas fettig anzufühlen; ſie löſen ſich leicht und vollſtändig in Chloroform, ebenſo beim Erwärmen in Aether, Schwefelkohlenſtoff, Terpentinöl und Benzol. Mit dieſem Feigenwachs iſt wahrſcheinlich die Gettah melabeoega von Palembang auf Sumatra identiſch, von welcher angegeben wird, daß ſie der Guttapercha beigemiſcht wird; in kochendem Waſſer gibt dieſe Gettah eine Emulſion, während echte Guttapercha wohl klebrig wird, aber ſonſt unverändert bleibt; ſie ſchmilzt erſt bei 170° (Guttapercha bei 110—120°); wird die Gettah wie Guttapercha gereinigt und verarbeitet, ſo erhält man ein Produkt von ſchwarzer Farbe und von einer Konſiſtenz, die der des bekannten Glaſerkittes am nächſten kommt; die Maſſe iſt außerdem noch durch widerwärtigen Geruch auffällig. — Als Erſatzmittel der Guttapercha gelten auch die Nigrite (Miſchungen von Kautſchuk mit Rückſtänden der Ozokeritdeſtillation). Vgl. a. Kautſchuk.

Der ſicherſte Nachweis einer guten Ware iſt in der chemiſchen Analyſe, in der quantitativen Beſtimmung der Gutta und des Albans gelegen. Wie ſehr durch die Reinigung der Wert der Guttapercha erhöht wird, zeigen die Preislisten: 1 kg Guttap. natural. zurzeit 6—7 ℳ; 1 kg gereinigte 12—13 ℳ; 1 kg weiße (= Gutt. depurata alba et rosea in bacillis) 40 ℳ.

Literatur: [1] Oeſterle, O., Pharmakognoſtiſche Studien über Guttapercha, Bern 1893 (Diſſertation). — [2] Chimani, O., Unterſuchungen über Bau und Anordnung der Milchröhren, mit beſonderer Berückſichtigung der Guttapercha und Kautſchuk liefernden Pflanzen, Botan. Zentralblatt, Bd. 61, S. 385 ff., Caſſel 1895. — [3] Tſchirch, Indiſche Heil- und Nutzpflanzen und deren Kultur, S. 203 ff., Berlin 1892. — [4] Burck, Eenige opmerkingen omtrent Getah-Pertja, Verslag omtrent den staat van's Land Plantentuin te Buitenzorg 1882, Batavia 1884. — [5] Derſ., Sur les Sapotacées des Indes Néerlandaises et les origines botaniques de la gutta-percha, in Annales du jardin botanique de Buitenzorg, Bd. 5 (1886), S. 1—85. — Ueber die indiſchen Guttaperchaſorten handeln insbeſondere [6] Oxley in Mechanic's Magazine, März 1847. — [7] Vriese, de, W. H., Tuinbouw Flora 1856, Bd. 3, S. 201—205. — [8] Beauvisage, G. C. E., Contribution à l'étude des origines botaniques de la gutta-percha, Paris 1881. — [9] Ten Brummeler, Getah Pertja en Caoutchouc, in Tijdſchr. van de Maatſch. van Landbouw in Nijverheid, Batavia 1883. — [10] Murton, Ueber die Pflanzen der malaiiſchen Halbinſel, welche Gutta liefern, Americ. Journ. of Pharm. 1879, Januar, S. 48 (Auszug). — [11] Burck, Rapport sur son exploration dans les Padangſche Bovenlanden à la recherche des espèces d'arbres qui produisent la gutta-percha, Saigon 1886. — [12] Mikoſch in Wiesner, Rohſtoffe des Pflanzenreichs, 2. Aufl., Bd. 1., S. 389 ff., Leipzig 1900. — [13] Flückiger, Grundriß der Pharmakognoſie, 2. Aufl., S. 204, Berlin 1894. — [14] Hanauſek, T. F., in Realenzyklopädie d. geſ. Pharmacie, 2. Aufl., Wien 1905, Bd. 6, S. 107 ff. — [15] Chem.-Ztg. 1892, 16. Jahrg., S. 1559. — [16] Holle, Anatomie der Blätter der Sapotaceen, München 1892. — [17] Amerik. Patent Nr. 495757 vom 18. April 1893, erteilt an D. Rigole, Singapore. — [18] Léon Braſſe in Lumière électrique 1892, Bd. 46, S. 51, 109, 160. — [19] Scharpe, Granville H., India rubber and guttapercha, electr. Trades journal 1893, Bd. 9, S. 193. — [20] Hoffer, Raimund, Kautſchuk und Guttapercha, 2. Aufl., Wien 1892. — [21] Léon Braſſe in Lumière électrique 1893, Bd. 47, S. 101 u. 216. — [22] Fleury in The Druggist Circul., London 1880. — [23] Vogl, A., Arzneikörper, S. 396 u. 428, Wien 1892. — [24] Tropenpflanzer, S. 467, Berlin 1903. — [25] Büsgen, Zur Guttaperchakultur auf Java, Tropenpflanzer, S. 193, Berlin 1905. — [26] Obach, Eug., Cantor Lectures on Gutta Percha (Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce), London 1898. — [27] Preuß, Ueber Kautſchuk- und Guttaperchakultur in deutſchen Kolonien, Tropenpflanzer 1905, Nr. 6, S. 297—308. — [28] Tſchirch u. Oeſterle, Studien über die Guttapercha, Arch. d. Pharm. 1892, S. 653. — [29] Tſchirch, Ueber das Alban des Guttapercha, Arch. d. Pharm. 1903, Bd. 241, S. 481. — [30] Derſ., Ueber die Albane und das Fluavil des Sumatra-Guttapercha, Arch. d. Pharm. 1905, Nr. 243, S. 133. — [31] Derſ., Harze und Harzbehälter, S. 325, Leipzig 1900. — [32] Schmidt, E., Lehrbuch der pharmazeut. Chemie, 3. Aufl., S. 1204, Braunſchweig 1896.

T. F. Hanauſek.

Guttenſteiner Kalk, ein dem Muſchelkalk in den öſtlichen Alpen angehöriger, ſchwarzer, ſplittriger, meiſt dolomitiſcher Kalkſtein bis Dolomit. Vielfach von weißen Kalkſpatadern durchzogen und ſehr hart. In Plattenform für Gedenktafeln, zum Belegen von Kanälen, gebrannt als Weißkalk verwendet. *Leppla.*

Gutti, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 641.

Gyrometer, ſ. Geſchwindigkeitsmeſſer, S. 437.

Gyroſkop, ſ. Kreiſel.

H

als Abkürzungszeichen bedeutet auf den neuen deutſchen Reichsmünzen die Münzſtätte Darmſtadt, auf älteren franzöſiſchen La Rochelle, auf älteren öſterreichiſchen Günzburg. h in Oeſterreich Abkürzung für Heller. — In der Chemie iſt *H* das Zeichen für Waſſerſtoff (Hydrogenium), in der Aſtronomie *h* Abkürzung für hora (Stunde), z. B. $6^h 10' = 6$ Uhr 10 Min. — H. P, oder HP im Maſchinenweſen Abkürzung für Pferdekraft (horse-power).

ha, Abkürzung für Hektar (ſ. Flächenmaße).

Haarblaſemaſchine (Miſchmaſchine), in der Filzhutfabrikation Maſchine zum regelmäßigen Miſchen der abgeſchnittenen Pelzhaare und zum Entfernen der gröberen Haare und der Verunreinigungen.

Die Maſchine beſteht im Prinzip aus einer Anzahl Kammern, hinter deren Eingängen je eine ſchnell rotierende Bürſtenwalze einen hinreichend ſtarken Luftſtrom erzeugt, daß die feineren Haare durch denſelben in den oberen Teil der Kammer geblaſen, auf einem endloſen Transportband an die Bürſtenwalze der nächſten Kammer geführt werden und ſo fort, bis ſie von der letzten Kammer als loſes kontinuierliches Band abgegeben werden. Die ſchwereren groben Haare und Verunreinigungen fallen auf ein ſchräg geſtelltes Schüttelſieb unter der Bürſtenwalze der erſten Kammer. *Ernſt Müller-Dresden.*

Haardraht, feinſte Sorte Draht, vornehmlich Gold-, Silber- oder Platindraht, ſ. Drahtfabrikation.

Haare, fadenförmige Gebilde der Oberhautzellen, werden, ſofern es ſich um geringwertige Ware handelt, auf Stickſtoffdünger verarbeitet.

Sie enthalten je nach den Verunreinigungen der Werkſtatt 5—13 % Stickſtoff. Wertvollere Haare (Schaf-, Pferde-, Vigogne-, Alpaka-, Biberhaare u. ſ. w.) dagegen bilden wichtige Rohſtoffe für die Textilinduſtrie, für die Erzeugung von Filz u. ſ. w. (vgl. Spinnfaſern). Ein bedeutender Handelsartikel ſind Menſchenhaare, beſonders Frauenhaare. Farbe und Länge ſind für die Qualität maßgebend, die Preiſe ſchwanken zwiſchen 12 und 360 *M.* pro Kilogramm; goldgelbe und tiefſchwarze Sorten werden am teuerſten bezahlt. Von Leichen genommenes Haar iſt minderwertig (brüchig, mit ſchlüpfriger Oberfläche). Frankreich verarbeitet allein jährlich ca. 130000 kg Haare; Hauptmarkt Paris (oft bis 6000 kg am Markte). *Ernſt Müller-Dresden.*

Haaren, in der Gerberei diejenige Operation, durch welche die zuvor genügend gelockerten Haare oder die Wolle zugleich mit der Oberhaut mit Hilfe des Haareiſens von der Lederhaut der Felle weggenommen werden. Die Haarlockerung iſt in der Regel entweder durch die Schwitze oder durch den Aeſcher oder durch die Schwöde erfolgt. Bei der ungariſchen Weißgerberei werden die Haare ohne vorherige Haarlockerung mit Hilfe eines ſehr ſcharfen Meſſers weggeſchnitten. *Püßler.*

Haarfilze werden zollamtlich von den Wollfilzen nach folgenden Grundſätzen unterſchieden.

Unter Männerhüten und Hutſtumpen aus Haarfilz ſind ſolche aus Haſen-, Kaninchen-, Biſam-, Fiſchotter- oder Biberhaaren, auch gemiſcht mit Wolle oder mit einer Unterlage von Wolle, dagegen unter Männerhüten und Hutſtumpen aus Wollfilz ſolche aus Schafwolle, Kunſtwolle, Kamelhaaren, Ziegenhaaren oder Mohair, auch gemiſcht mit Baumwolle, zu verſtehen. *Ernſt Müller-Dresden.*

Haarfroſt, ſ. Rauhfroſt.

Haargewebe, Fabrikate aus Pferdehaaren und Abfallhaaren der Gerbereien.

Haartuch (mit baumwollener Kette) wird aus den Mähnen- und Schweifhaaren der Pferde hergeſtellt; die Haare werden ausgekocht, gehechelt und ſortiert und ſodann direkt auf dem Webſtuhl mit und ohne Beimiſchung andrer Spinnſtoffe verarbeitet. Die Böden der Haarſiebe ſind z. B. ein reines Haargewebe. Die kurzen Haare werden geſponnen und als Haarziechen zu Preßtüchern, Decken, Möbelſtoffen u. ſ. w. verwendet. *Ernſt Müller-Dresden.*

Haarhygrometer, ſ. Feuchtigkeitsmeſſer.

Haarkalk (Haarmörtel), Kalk- oder Gipsmörtel mit geklopften Kuh- oder Kälberhaaren gemiſcht, behufs innigen Anhaftens auf der Unterlage, dient zu Decken- und Wandputz auf Holz, zum Zuſtreichen der Fugen ſowie zur Dichthaltung der Fuge zwiſchen Fenſterfutter und dem Steingewände. Zu 0,08 cbm Kalk und 0,20 cbm Sand ſind 1 kg Kälberhaare beizumiſchen. *Weinbrenner.*

Haarkies, ſ. v. w. Millerit (ſ. d.).

Haarlauf, ſ. Weberei.

Haarmannſche Hakenplatte, ſ. Oberbau (mit Eiſenſchwellen).

Haarmanns Schwellenſchiene, ſ. Oberbau (Eiſenlangſchwellen).

Haarnadeln, ſ. Drahtarbeiten, Nadeln und Nadelfabrikation.

Haarrauch, ſ. Höhenrauch.

Haarriſſe, feine Sprünge in der Glaſur, veranlaßt durch eine falſche Zuſammenſetzung oder durch zu ſtarkes Auftragen derſelben; ſ. Glaſuren.

Haarſtein, ſ. Quarz.

Haartreibriemen, Riemen (ſ. d.) aus Kamelhaar u. ä., mit Hanf gewebt.

Haarzirkel, ſ. Reißzeug.

Haberlandguß, ein Formguß aus Haberlandſchweißeiſen und Gußſtahl, der als Erſatz für geſchmiedete Stücke dient, beſonders für ſolche, die im Schmiedeprozeß nur ſehr ſchwierig ausgeführt werden können.

Der Schweißeiſenguß ſchweißt gut und der Gußſtahlformguß iſt für Werkzeuge geeignet. Die ſehr widerſtandsfähigen Gußſtücke laſſen ſich gut bearbeiten und werden ſauber und dicht hergeſtellt. Man kann die Stücke kalt richten, ſtrecken, biegen und beliebig warm ſchmieden. Modelle müſſen 2% Schwindmaß beſitzen. Das Stahlwerk Rheinau-Mannheim iſt Bezugsquelle, auf die wir verweiſen.

Hacke, zu Erdarbeiten gebrauchtes Werkzeug; ſ. Breithaue, Pickel, auch ſ. v. w. Holzaxt oder Beil (ſ. d.).

Hacke, im Schiffbau, das untere Ende eines Bauteils.

So iſt z. B. Hacke des Ruders, der Stenge gleich Fuß des Ruders, der Stenge; Hacke des Hinterſtevens der unterhalb des Kiels hervortretende Teil des Stevens, der dazu dient, die Schraubenflügel bei Grundberührungen zu ſchützen und zugleich das Ruder mit ſeinem Fußzapfen zu lagern. *T. Schwarz.*

Hackenhülſe, hülſenartiges Verbindungsſtück zwiſchen Hackeneiſen und Stiel zum geeigneten Einſtielen, aus Temperguß oder Stahlblech gefertigt und meiſt mit einer querliegenden Innenrippe verſehen, die ſich beim Aufkeilen des Stieles in dieſen eintreibt, wodurch ein Lockern verhindert wird. *Dalchow.*

Hacker (Kamm), ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 602.

Hackmaſchine (Pferdehacke), ein Apparat, mit dem der Boden während der Entwicklung der in Reihen ſtehenden Pflanzen durch Meſſer bearbeitet wird.

Man bezweckt dabei eine Oeffnung und Lockerung des Bodens, ein Abſchneiden des Unkrautes, eventuell auch eine Behäufelung der Pflanzen, und findet die Hackmaſchine beſonders im Großbetrieb vorteilhafte Verwendung beim Anbau von Rüben, Reps, Mohn, Mais ſowie Getreide, ſofern bei letzterem die Reihenentfernung nicht unter 12 cm (nach Siedersleben, Bernburg) beträgt.

Die wichtigſten Teile der Hackmaſchine ſind die Meſſer (Fig. 1). Für milden Boden und große Reihenentfernung verwendet man zwei einſeitig ſchneidende, für geringe ein ſolches

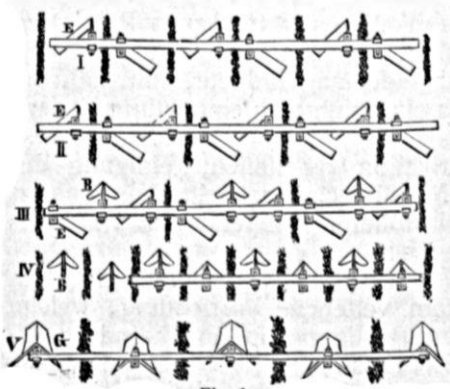


Fig. 1.

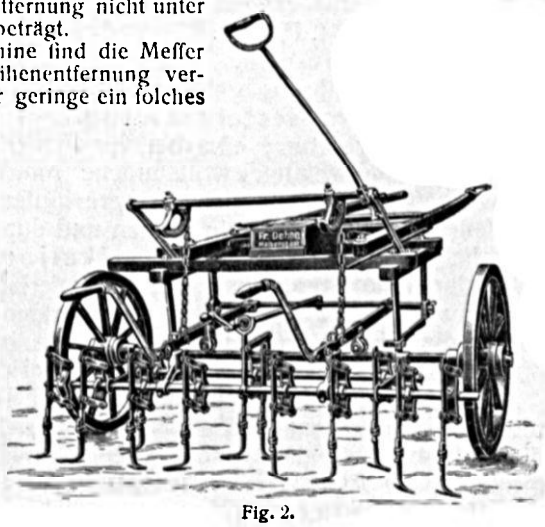


Fig. 2.

von nur ca. 12 cm Breite pro Gaſſe, während zum Oeffnen verkruſteten Landes die herzförmigen Meſſer (IV) benutzt werden. Zum Behäufeln treten an Stelle der Meſſer die unter V abgebildeten Häufelpflugkörper. Die Meſſer ſind, jedes für ſich oder in Gruppen auf und ab beweglich, an den Meſſerhebeln befeſtigt, welch letztere durch die Steuerſtange auch in der Querrichtung hin und her bewegt werden können, um kleinen Abweichungen der Pflanzen aus der geraden Reihe folgen zu können, ohne den Gang des Zugtieres zu beeinfluſſen und umgekehrt. Bei einigen Ausführungen werden gleichzeitig mit den Meſſern auch die Räder geſteuert, um die Anpaſſungsfähigkeit der Maſchine zu erhöhen. Im Boden werden die Meſſer durch ihr Eigengewicht, Belaſtung durch Gewichte oder Federn ſowie durch den Winkel, in dem die Meſſer angreifen, gehalten. Um dieſelben immer, alſo auch in Vertiefungen, in günſtigem Winkel angreifen und gleich tief arbeiten zu laſſen, benutzt man Parallelogrammhebel (Fig. 2), die ſich gut bewähren. Ein Ausheben des ganzen Meſſerſyſtems aus dem Boden erfolgt durch Niederdrücken eines Hebels.

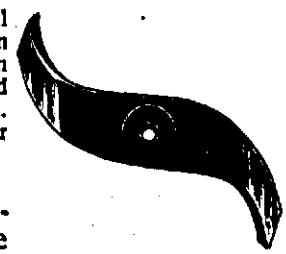
Man unterſcheidet Hackmaſchinen mit und ohne Vorderſteuer, das bei den Hackmaſchinen im weſentlichen dieſelbe Einrichtung zeigt wie bei den Sämaſchinen (ſ. d.) Erſtere ermöglichen zwar eine ſehr genaue Steuerung und große Leiſtung; aber durch die beiden Pferde und vier Räder kann beim Umwenden viel Schaden an den Pflanzen angerichtet werden, auch ſind ſie teuer, wenn nicht, wie z. B. bei Rud. Sack in Leipzig-Plagwitz, das Geſtell der Drillmaſchine (ſ. Sämaſchine) ſo eingerichtet iſt, daß der Hackapparat in einfacher Weiſe gegen die Sävorrichtung ausgewechſelt werden kann. Einfacher ſind die Maſchinen, bei denen ein Pferd in der Gabeldeichſel geht. Sehr verbreitet ſind die nur für eine oder mehrere Reihen dienenden Handhackmaſchinen, deren Führung durch feſte Sterzen erfolgt.

Bedingungen für gute Leiſtung der Hackmaſchine ſind: große, möglichſt ebene und ſteinfreie Flächen, die nicht mit friſchem Stallmiſt gedüngt ſind, eine gewiſſe Mürbheit des Bodens, gleiche und genügende Reihenentfernung, ſcharfe Meſſer und gute Steuerung. Da die Anſchlußreihen bei Drillſaaten oft ungleich weit voneinander entfernt ſind, muß die Hackmaſchine die Spurweite der verwendeten Drillmaſchine haben, zu welchem Zweck die Räder der Hackmaſchine auf verſchiedene Spurweiten einſtellbar ſind. Die Tagesleiſtung iſt bei 2 m breiten Maſchinen mit 3—4 ha zu rechnen. Die Preiſe ſind zu erſehen aus den Katalogen z. B. von H. Laaß & Co., Magdeburg-Neuſtadt; G. Bölte, Ofchersleben; Fr. Dehne, Halberſtadt; F. Zimmermann & Co., Halle a. S.; W. Siedersleben & Co., Bernburg; Rud. Sack, Leipzig-Plagwitz.

Literatur: [1] Wüſt, Prüfung von Hackmachinen, Jahrbuch der deutſchen landwirtſchaftlichen Geſellſchaft 1889. — [2] Eisbein und Schfotte, Die Drillkultur, 1895. *Wrobel.*

Hackmaſchine, beim Erzeugen des Holzzeuges verwendet, führt das mechaniſche Zerſpalten des Holzes als Vorarbeit für den Zerfaſerungsprozeß durch und dient auch in gleicher Konſtruktion zum Zerkleinern der in der Papierfabrikation als Rohmaterial verwendeten Seile; ſ. Holzzeug, Papierfabrikation. *Kraft.*

Hackmeſſer, beſſer Schlitzmeſſer genannt, dient zur Herſtellung von Schlitzen an Tür- und Fenſterrahmen auf Schlitz- und Zapfenſchneidmaſchinen (ſ. d.) in Bau- und Möbeltiſchlereien.



Das Werkzeug iſt ein zweiſeitig hakenförmiges, aus Gußſtahl hergeſtelltes Meſſer (ſ. die Figur), von der Dicke des zu ſchneidenden Schlitzes, gewöhnlich 6—20 mm, das in ſeiner Mitte gewöhnlich auf einer ſenkrechten Welle nach Art der Tiſchfräſen befeſtigt iſt und von dieſer in 1800—2000 Umdrehungen in der Minute verſetzt wird. Der Durchmeſſer dieſer Meſſer wechſelt entſprechend der Länge der Schlitze, die meiſt 100—200 mm lang ſind. *Dalchow.*

Hackpflug, ſ. Pflug.

Hadern (Lumpen, Stratzen), in der Papierfabrikation das zumeiſt aus gebrauchten Geweben beſtehende Rohmaterial; ſ. Papierfabrikation.

Haderndreſcher, eine bei der Papierfabrikation zur trockenen Reinigung der Hadern verwendete wolfähnliche Maſchine, die aus einem geſchloſſenen Kaſten beſteht, in dem ſich mehrere hintereinander angeordnete, mit maſſiven Zähnen verſehene Trommeln drehen und durch ein Zuführtuch eingeführte Hadern energiſch ſchlagen; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Hadernkocher, eine in der Papierfabrikation zur naſſen Reinigung der Hadern verwendete geſchloſſene, aus ſtarkem Metallblech hergeſtellte Vorrichtung, in der die Hadern mit alkaliſcher Lauge bei höherer Temperatur und Dampfdruck behandelt werden; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Hadernſchneidmaſchine, auch Hadernſchneider genannt, eine mit rotierenden oder auf und ab bewegten Meſſern verſehene Vorrichtung, welche die Aufgabe hat, die Hadern vor der naſſen Reinigung in annähernd gleich große Stücke zu ſchneiden; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Hadernſortierung, bei der Papierfabrikation diejenige Arbeit, durch die

eine Trennung der verſchiedenen Haderngattungen nach dem Stoff, aus dem ſie beſtehen, nach der Farbe u. ſ. w. zur Ausführung kommt. Man unterſcheidet eine Vorſortierung, die dem Ankauf der Hadern vorangeht, und eine Fabrikſortierung; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Hadernſtäuber (Hadernwolf), eine bei der Papierfabrikation zur trockenen Reinigung in Anwendung gebrachte, dem Schlagwolf der Spinnereien ganz ähnliche Maſchine, die aus mehreren in einem geſchloſſenen Kaſten raſch rotierenden Schlägerwellen beſteht; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Häckſelkammern, Nebenräume der Viehſtälle.

Da es vorteilhaft iſt, das Häckſel für die ganze Wirtſchaft an einer Stelle mit Maſchinenkraft (Pferdegöpel, Lokomobile, elektriſchem Motor u. a.) zu ſchneiden, wird hierfür nur eine Stelle des Gehöftes auserſehen, entweder die Futterſcheune oder derjenige Stall, in dem der ſtärkſte Verbrauch ſtattfindet. Von hier aus wird das Häckſel nach den Futterkammern der verſchiedenen Stallungen getragen oder auf leichten Eiſenbahngleiſen gefahren. Häckſelkammern erhalten für ein Haupt Rindvieh 0,5, für ein Pferd 0,6 qm Grundfläche. Der Fußboden wird am zweckmäßigſten aus Ziegelſteinpflaſter oder aus Beton hergeſtellt. Die Häckſelmaſchine ſtellt man, wenn es die Umſtände geſtatten, auf den Dachboden und läßt das Häckſel durch eine Oeffnung der Decke herabfallen (ſ. Pferdeſtälle und Rindviehſtälle).

Literatur: Tiedemann, L. v., Das landw. Bauweſen, Halle a. S. 1898. *v. Tiedemann.*

Häckſelmaſchine, dient zur Zerkleinerung von Heu, Stroh, Grünfutter und Mais. Die Zerkleinerung geſchieht teils um Futtermiſchungen herſtellen zu können, teils um den Tieren das Freſſen zu erleichtern. Da zu kurzes Häckſel ſchädlich iſt, darf man bei Pferden nicht kürzer als 1,2—1,5 cm und bei Rindvieh als 2,5—4 cm ſchneiden. Für Streuſtroh kommen erheblich größere Längen zur Anwendung.

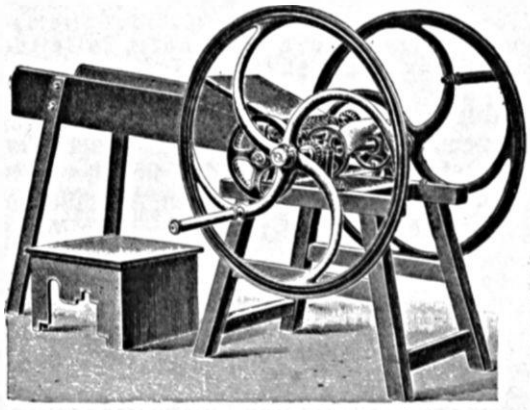


Fig. 1.

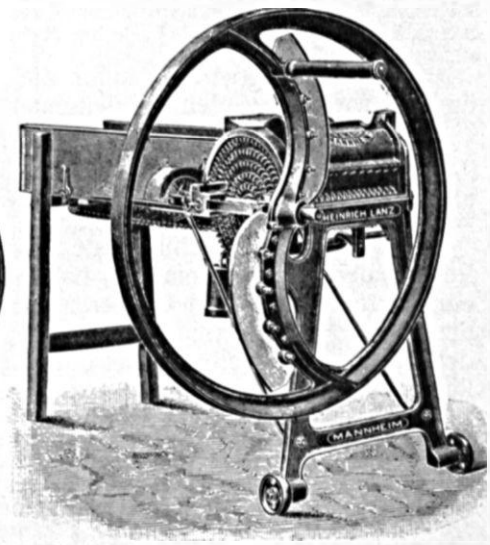


Fig. 2.

Außer dem Geſtell und der Lade zum Einlegen, deren Boden mit einem endloſen Lattentuch verſehen ſein kann, beſteht die Häckſelmaſchine aus der Schneidvorrichtung und der Vorrichtung zum Zuführen und Feſthalten der Halme. Die erſtere beſteht bei älteren Maſchinen mit Vorſchub des Strohes mit der Hand (Häckſellade) aus einem vor dem Mundſtück auf und ab gehenden Meſſer, bei den neueren Häckſelmaſchinen mit ſelbſttätigem Vorſchub dagegen aus rotierenden Meſſertrommeln oder Meſſerſcheiben. In beiden Fällen müſſen die Meſſer die aus der Lade vorſtehenden und zuſammengepreßten Halme teils abſchneiden, teils abſcheren und zu dieſem Zwecke an den die Gegenmeſſer bildenden Kanten des Mundſtückes paſſend vorbeigehen. Bei den Trommelhäckſelmaſchinen (Fig. 1) müſſen die Schneiden daher eine Schraubenlinie bilden. Dieſe Maſchinen ſind einfach, billig, leiſtungsfähig, es iſt aber ſchwer, die Schneiden richtig in einer Zylinderfläche zu erhalten. Durch Stellſchrauben wird dieſe Arbeit erleichtert. Setzt man die Meſſer dagegen an die Arme eines Schwungrades derart, daß die Schneiden in der Ebene der Kanten des Mundſtücks liegen, was leichter zu erreichen iſt, ſo müſſen die Meſſer ſo gebogen werden, daß ſie für gleichen Drehwinkel annähernd gleich viel ſchneiden (Fig. 2). Der Vorſchub und das Zuſammenpreſſen der Halme geſchieht gewöhnlich durch geriffelte oder gezahnte übereinander gelagerte Walzen, von denen die obere entgegen der Wirkung eines Gewichts oder einer Feder bei zu ſtarkem Einlegen nachgeben kann. Geſchieht der Vorſchub kontinuierlich, ſo erfolgt ein gelinder Druck auf die Meſſerfläche, was aber bei kurzem Häckſel der Einfachheit des Antriebs wegen in Kauf genommen wird. Der Antrieb der Walzen wird vom Meſſerrade aus durch Schnecken oder Kegel und Stirnradgetriebe bewirkt. Die Länge des Häckſels hängt außer von der Anzahl der Meſſer von der Geſchwindigkeit der Walzen ab. Um dieſe zu ändern, bringt man Wechſelräder an oder man verwendet (Fig. 2)

Zahnſcheiben mit mehreren konzentriſchen Zahnkränzen und macht das Antriebsrad auf der Welle des Meſſerrades verſchiebbar. Zum ruckweiſen Drehen der Vorſchubwalzen zwiſchen zwei aufeinander folgenden Schnitten benutzt man ein Schaltwerk mit Sperrad und Sperrklinke.

Um Verletzungen der Arbeiter vorzubeugen, müſſen Sicherheitsvorrichtungen, z. B. durch Abdecken der bewegten Teile, vorgeſehen werden. Am gefährlichſten iſt die Möglichkeit, daß der Arbeiter beim Nachſchieben des Strohes mit der Hand in die Vorſchubwalzen gelangt. Um dies zu verhüten, iſt eine große Zahl von Sicherheitsvorrichtungen getroffen, z. B. iſt die Lade in der Länge des Armes durch einen Deckel abgedeckt. Lanz erſetzt dieſen Deckel durch Rollen, um die Reibung zu verringern. Bei vielen Häckſelmaſchinen wird der Antrieb ausgeſchaltet oder die Maſchine rückwärts gedreht, ſobald der Arbeiter bei zu tiefem Hineinlangen einen gewiſſen Druck auf den Ladedeckel oder einen in ſeinem Bereich angeordneten Hebel ausübt, wodurch ein Schalthebel in Tätigkeit geſetzt wird.

In neuerer Zeit kommen die Häckſelmaſchinen mit Maſchinenantrieb, z. B. zum Zerſchneiden des Strohes unmittelbar hinter der Dreſchmaſchine, viel in Anwendung. Eine ſolche von J. Kemna, Breslau (ſ. den Katalog, Marke DD 4), beanſprucht in Verbindung mit einem Elektromotor für eine ſtündliche Leiſtung von 30—40 Zentner Pferdehäckſel oder 50—60 Zentner Rinderhäckſel bei 250 Umdrehungen in der Minute 4 PS. Kraftbedarf. Die Meſſer laufen in einem geſchloſſenen Gehäuſe und tragen am Umfange Windflügel, die das geſchnittene Häckſel durch das Ausblasrohr zur Abladeſtelle oder in Säcke befördern.

Bei kleinen Handhäckſelmaſchinen rechnet man ſtündlich 85—90 kg kurzen und 120—150 kg langen Häckſel bei 30 Umdrehungen und 60 Schnitten in der Minute ſowie 200—250 mm Breite des Mundſtücks. — Die großen Dampfhäckſelmaſchinen ſind mit Sieb- und Entſtaubungsvorrichtungen ausgerüſtet. Die Preiſe ſchwanken je nach Größe und Ausführung zwiſchen 40 und 2520 ℳ.

Näheres ergeben die Kataloge der Fabriken für landwirtſchaftliche Maſchinen, z. B. von J. Kemna, Breslau; Kriefel, Dirſchau; H. Lanz, Mannheim; Maſchinenfabrik Badenia, vorm. Platz Söhne, Weinheim; Eckert, A.-G., Berlin; F. Zimmermann & Co., Halle; Bergedorfer Eiſenwerk u. a.

Wrobel.

Hähne (Hahnen), häufig die Kollektivbezeichnung der Abſperrvorrichtungen, wie ſie bei den Rohrleitungen für Waſſer, Gas, Luft u. ſ. w. vorkommen.

Man unterſcheidet in bezug auf den Gebrauch: Auslaufhähne (Bd. 1, S. 401), Durchgangshähne (Bd. 3, S. 107, 164, 168, 207), Klofetthähne, Badehähne (ſ. Badebatterie, Bd. 1, S. 447, und Miſchhähne), Feuerhähne (ſ. Hydranten, Feuerſchutz), Toilettehähne u. ſ. w.; nach der Konſtruktion: Kegelhähne, Ventilhähne, Gummiliederſchraubhähne, Schieberhähne.

Blochen.

Hähne, als Maſchinenteile zum Abſchließen einer Rohrleitung oder zum Regeln der Durchflußmenge, haben gegenüber den Ventilen den Vorteil der einfacheren Bauart und billigeren Anlage, aber den Nachteil, daß ſie öfter feſtſitzen oder undicht ſind und lecken, auch daß bei dem ſchnellen Abſchließen der Hähne an längeren Waſſerröhren infolge der Trägheit der ſtrömenden Maſſe ſtarke Druckſtöße auftreten.

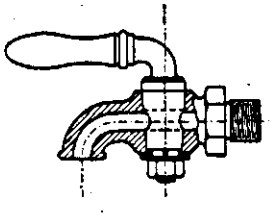


Fig. 1.

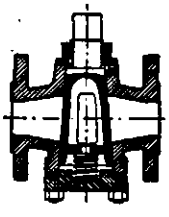


Fig. 2.

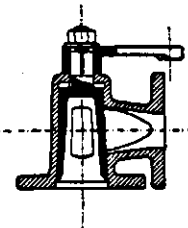


Fig. 4.

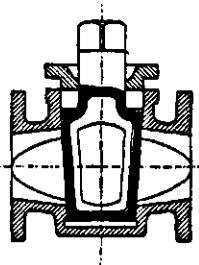


Fig. 3.

Das Küken, der Wirbel oder Konus, ſteckt drehbar und nachziehbar mit 14—22 mm Unterſchied der Durchmeſſer auf 100 mm Kegellänge eingepaßt und eingeſchliffen im Gehäuſe. Er darf am weiteren Ende, das Gehäuſe am engeren Ende nicht über den andern Teil hinaus kegelförmig fortgeſetzt ſein, weil ſonſt Anſätze entſtehen, die das Einſchleifen und Nachſtellen verhindern. Zum Anziehen dient meiſt eine Schraubenmutter (Fig. 1) auf dem herausragenden Gewindezapfen, die auf einer mitgehenden, gewöhnlich auf einem Vierkant verſchiebbaren Unterlagsſcheibe ruht. Selbſtdichtende Hähne (Fig. 2) ſind an dem weiteren Ende durch einen Deckel ſo abgeſchloſſen, daß der Flüſſigkeitsdruck oder auch eine Feder den Dichtungsdruck erzeugt. Packhähne (Fig. 3) mit Stopfbüchſe am weiteren Ende, zur Abdichtung von Gaſen, können am Boden ganz geſchloſſen ſein oder eine Abdrückſchraube erhalten oder durch eine über die Stellmutter geſtülpte Kapſel geſchloſſen werden. Der Winkelhahn (Fig. 4) erhält den Zufluß von unten. An Hähnen für gelegentliche Dampfanſchlüſſe empfiehlt ſich Fettſchmierung mit Nuten in den Dichtungsflächen

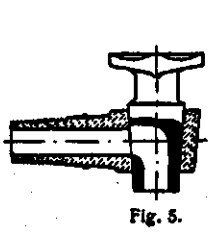


Fig. 5.

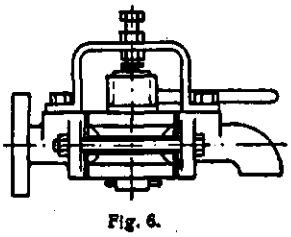


Fig. 6.

oder Asbeſteinlagen. Für ätzende Flüſſigkeiten benutzt man Hähne aus Steinzeug, z. B. den Unterlaufhahn (Fig. 5) mit koniſchem Gewinde zum Einſchrauben in Bleileitungen, oder den Klotzhahn (Fig. 6) mit Federanpreſſung des Kükens und mit Anſchlüſſen von emailliertem Gußeiſen.

Die Vierkantenden für Hahnſchlüſſel zeigen an einem vertieften Strich die Durchlaßrichtung an. Um ſelbſttätiges Schließen eines in Betriebsſtellung offenen Hahnes zu verhüten, läßt man an Waſſerſtandshähnen den Griff nach unten hängen, an den Eiſenbahnbremſen in wagerechter Lage auf einem feſten Anſchlag aufruhen. Feſtſitzende Hähne ſind durch Schläge mit dem Hammerſtiel zu lockern.

Die Gehäuſe mit einer Baulänge von $2\,d + 100$ mm oder weniger tragen an den Enden Flanſchen, Muffen, Gewindezapfen, Gewindemuffen, Lötzapfen, Schlauchanſätze oder Ausläufe (ſ. a. Auslauf-, Durchgangs-, Dreiweghähne). Vierweghähne verbinden in den verſchiedenen Stellungen zwei gegenüber oder neben-, auch übereinander mündende Leitungen.

Die Preiſe der Hähne gewöhnlicher Bauart in gangbaren Größen von 1—10 cm lichter Weite betragen näherungsweiſe für d cm Durchgangsweite: Hähne ganz in Gußeiſen $0{,}4\,d^2 + 3$ ℳ; Eiſengehäuſe mit Rotgußküken, wegen der ungleichen Wärmeausdehnung für warme Flüſſigkeiten nicht geeignet, $0{,}7\,d^2 + 3$ ℳ; ganz in Meſſing, wegen Poroſität für Ueberdruck nicht brauchbar, $1{,}1\,d^2 + 3$ ℳ; ganz in Rotguß $1{,}3\,d^2 + 3$ ℳ; in Steinzeug $0{,}2\,d^2 + 2$ ℳ bis $0{,}3\,d^2 + 3$ ℳ; desgleichen mit Eiſenausrüſtung $0{,}4\,d^2 + 4$ ℳ; in Hartblei $1{,}1\,d^2 + 5$ ℳ; in Hartgummi $1{,}2\,d^2 + 10$ ℳ; Dreiweghähne ſind 30% teurer. *Lindner.*

Häkelmaſchine, Häkeln, ſ. Wirkerei.

Hälleflint, ein dichtes und gleichartiges Geſtein, das zumeiſt aus Quarz und Feldſpat beſteht; in vielen Fällen tritt noch Glimmer hinzu. Dieſe beiden Gemengteile ſind in ſo geringer Korngröße vorhanden, daß ſie mit bloßem Auge ſelten erkannt werden können.

Die Hälleflinten ſind meiſt hell gefärbt, grau, gelblich, grünlich oder rötlich, haben ſplitterigen bis muſcheligen Bruch und ähneln im Aeußern den Feuerſteinen. In bezug auf ihre mineraliſche Zuſammenſetzung ſtehen ſie den Felſiten (Petroſilex) ſehr nahe; durch Aufnahme von Einſprenglingen von Quarz, Glimmer oder Feldſpat erhalten die Hälleflinten einen porphyrartigen Charakter. In vielen Fällen ſind ſie lagenartig, ſchieferig durch parallel angeordnete Glimmerblättchen (Muskovit) oder gebändert. Die Abſonderung iſt meiſt eine würfelförmige, durch eine ſtarke Zerklüftung erzeugt. Ihrer chemiſchen Natur nach ſind die Geſteine reich an Kieſelſäure (65—80%), arm an zweiwertigen Metallen (*Fe, Ca, Mg*) und relativ reich an Alkalien (5—10%); der Tonerdegehalt ſchwankt zwiſchen 12 und 17%. Das ſpez. Gew. bewegt ſich zwiſchen 2,7 und 2,75. In dünnen Splittern ſchmilzt Hälleflint ziemlich leicht vor dem Lötrohr im Gegenſatz zu ähnlich ausſehenden Quarziten. Bei der Verwitterung bildet ſich außen in der Regel eine weiße Kruſte, herrührend von dem zu Kaolin umgewandelten feldſpätigen Gemengteil. Die mineraliſche Zuſammenſetzung und die ſchieferige und ſchichtige Struktur reiht die Hälleflinten den Gneiſen und kriſtallinen Schiefern an, mit welchen ſie auch in den Urgebirgsmaſſiven wechſellagern, beſonders in Schweden, Schleſien u. ſ. w. In der Geſteinsbeſchaffenheit ſteht ihnen nahe der Adinol, ein dichtes, ſehr hartes und ſprödes, lagenartig gebändertes Geſtein, das weſentlich aus einem Albitfeldſpat und Quarz beſteht und beſonders mit Kieſelſchiefer vergeſellſchaftet in der unteren Steinkohlenformation (Kulm) auftritt (Schleſien, Harz, Naſſau), alſo ein echtes Schichtgeſtein darſtellt. Die Adinole ſind meiſt würfelförmig und ſehr ſcharfkantig zerklüftet, ſelten geſchiefert. Der Gehalt an Natron überwiegt denjenigen an Kali. Das ſpez. Gew. reicht von 2,5 bis 2,9. Schieferige, adinolartige Geſteine werden als ſogenannte Hornſchiefer bezeichnet und treten ebenfalls mit Kieſelſchiefern auf.

Die techniſche Verwendung der Hälleflinten und verwandten Geſteine beruht auf ihrer großen Härte (6—7), welche ſie zu Straßenbaumaterial in friſchem Zuſtande geeignet macht. Die ſtarke Zerklüftung erſchwert oft die Gewinnung von Pflaſterſteinen, erleichtert dagegen die Benutzung zu Kleinſchlag und zur Beſchotterung. Das dichte Gefüge macht die Geſteine für Pflaſterungen nicht ſehr geeignet. Manche Adinole laſſen ſich bei nicht zu dichtem Korn als Wetzſteine verwenden. Eiſenfreie Hälleflinte in kaoliniſcher Umwandlung werden in China zur Porzellanfabrikation verwendet. *Loppla.*

Hämachat, ſ. Quarz.

Hämatinon (Porporino), im Altertum rotes, undurchſichtiges Glas für Prunkgefäße, Moſaiken u. ſ. w.

Die Maſſe wird ziemlich oft in den pompejaniſchen Ausgrabungen gefunden, iſt härter als gewöhnliches Glas, nimmt eine ſchöne Politur an, verliert durch Schmelzen die rote Färbung und enthält außer Kupferoxydul keine färbende Subſtanz. Nach Pettenkofer wird die Glasmaſſe durch Zuſammenſchmelzen von Kieſelſäure, Kalk, Magneſia, Soda, Bleiglätte, Kupferhammerſchlag und Eiſenhammerſchlag erhalten. Erſetzt man einen Teil der Kieſelſäure durch Borſäure, ſo entſtehen die ſogenannten Aſtralite (ſ. d.). Hämatinon dient ferner zur Erzeugung des Aventuringlaſes (ſ. d.).

Hämatit, ſ. v. w. Blutſtein (ſ. d.).

Hämatoxylin, in Blauholz oder Kampeſcheholz enthaltene organiſche Subſtanz von der Zuſammenſetzung $C_{16}H_{14}O_6 + 3\,H_2O$, welche in die Reihe der natürlich vorkommenden Chromogene gehört und das Färbevermögen des Blauholzes bedingt.

An ſich kein Farbſtoff — es bildet gelbliche, in reinem Zuſtand farbloſe, glänzende, ſüß ſchmeckende Kriſtalle (quadratiſche Säulen) —, geht das Hämatoxylin nämlich beim Stehen

feiner ammoniakalischen Lösung an der Luft durch Oxydation in einen um zwei Wasserstoffatome ärmeren Körper, den eigentlichen Farbstoff, das Hämatein $C_{16}H_{12}O_6$, über, welcher aus der Lösung durch Essigsäure als rotbrauner, in trockenem Zustand metallglänzender Körper abgeschieden wird. Die chemische Konstitution des Hämatoxylins bedarf noch der Aufklärung. Bei der Destillation oder dem Schmelzen mit Aetzkali liefert es Reorcin und Pyrogallussäure (s. a. Farbstoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 636). Die Reaktionen des Hämatoxylins sind wichtig für die Färberei, Tintenfabrikation, den Zeugdruck. In der Maßanalyse findet es zuweilen Anwendung als Indikator, insbesondere zur Bestimmung der Chinaalkaloide. *Bujard.*

Händel, Bezeichnung für einen Handhebel an Steuerungen u. dergl.

Hängarm (Werkarm), s. Wirkerei.

Hänge, ein heizbares, isoliert stehendes Trockengebäude oder ein durch mehrere Etagen des Fabrikgebäudes sich erstreckender großer Raum, der das Aufhängen von leinenen oder baumwollenen Geweben in möglichst großer Längsausdehnung behufs Trocknung gebleichter oder gefärbter Stücke oder zum Zweck der Fixierung von Beizen oder Farblacken auf gepflatschten oder bedruckten Stücken gestattet.

Gewöhnlich ist das von Wänden aus starkem Mauerwerk getragene Dach mit mehreren Verschalungen versehen, um den Wärmeverlust durch dasselbe möglichst zu verhindern. Unter der Decke befinden sich Rahmen aus starken Balken, an welchen Querleisten in Abständen von 10 cm an beiden Seiten und zwar so angebracht sind, daß je eine untere Leiste in der Mitte des von zwei oberen Leisten gebildeten Zwischenraums sich befindet. Zwei derartige Rahmen, nebeneinander liegend, sind von dem nächsten Paar durch eine Galerie getrennt. Ringsum läuft eine weitere Galerie. Von den Galerien aus geschieht das Aufhängen der Stücke in der Weise, daß man das Ende eines Stückes zwischen zwei Leisten bis nahe zum Boden herunterfallen läßt, darauf mit dem übrigen Teil in der gleichen Weise zwischen dem nächsten (oberen und unteren) Leistenpaar verfährt und nahe dem Boden in gleichem Abstand von demselben immer wieder eine Falte durch abwechselndes Aufhängen auf einer oberen und einer unteren Leiste bildet, bis das andre Stückende erreicht ist. In ähnlicher Weise erfolgt, nur in umgekehrter Richtung, das Abnehmen der Stücke. Auf dem Boden oder auch längs der Wände sind Dampfrohre angeordnet, über welchen ein Lattenboden angebracht ist. Unter Umständen ist es zweckmäßig, ein zweites Rohrsystem in die Dachverschalung zu legen, um die Kondensation der Dämpfe an der Decke zu verhindern. Infolge der Anwendung des Heizsystems an dem Boden steigt natürlich die warme Luft empor, durchstreicht die feuchten Gewebe und sättigt sich allmählich mit Wasserdampf. Die feuchte Luft, von der nachströmenden zunächst getragen, kühlt sich aber allmählich ab und sinkt in der Nähe der kälteren Wandungen herab. Handelt es sich um ein möglichst schnelles Trocknen von Geweben in der Hänge, so ist es aus diesem Grunde richtig, die kalte, feuchte Luft durch am Boden mündende Abzugsessen, die anderseits über das Dach reichen, abströmen zu lassen.

Dient die Hänge zur vorläufigen Fixierung von Beizen und Farblacken, so bedarf die Luft außer einer erhöhten Temperatur auch eines gewissen Feuchtigkeitsgehaltes, damit die sich dabei abspielenden chemischen Prozesse in erwünschter Weise verlaufen. Man erreicht dies am praktischsten in der Weise, daß man Abzweigungen der Dampfleitung in mit Wasser gefüllte eiserne Kästen führt und die aus denselben entweichenden Dämpfe sich mit der Luft mischen läßt. *R. Möhlau.*

Hängebahnen (Schwebebahnen, Luftbahnen) sind schwebende einschienige Bahnen mit hängenden Wagen (Schwerpunkt unterhalb der Laufschiene), die meist im Nahtransport als Fördermittel für wagerechte und geneigte Richtung zur Bewegung von Einzellasten dienen. Im übrigen vgl. a. Fabrikbahnen, Seilbahnen, Krane für Massentransport (Hochbahnkrane), Massentransport und [1].

Die Hängebahnen sind aus dem Bedürfnis zur Entlastung der Werkfohle entstanden: der Boden bleibt für den Verkehr frei; das Hängegleis wird nicht durch irgendwelche Körper oder durch das Fördergut versperrt und bleibt stets sauber; Möglichkeit wagerechter Verlegung unabhängig von unebenem Boden, daher geringer Arbeitsaufwand, leichtes Ausschieben der Wagen infolge pendelnder Aufhängung. Gesamtreibungszahl für gut gebaute Bahnen und Wagen 0,01, bei Rollenlagern 0,008–0,006.

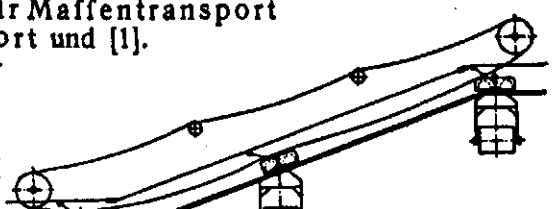


Fig. 1. Elektrohängebahn mit Drahtseilhilfsantrieb auf Steigungen. (Patent A. Bleichert & Co., Leipzig-Gohlis.)

Der Betrieb (Zugbetrieb selten) erfolgt a) von Hand (meist beim Beladen und oft auch beim Entladen [2]): ein Arbeiter schiebt einen Wagen im Gesamtgewicht von 1—2 t, oder b) mittels Zugseils (Drahtseilhängebahn) [3] oder Kette (Kettenhängebahn) [4], oder c) seit Einführung von elektrischen Antriebsmaschinen mit besonderen, an den Wagen angebauten Elektromotoren (Elektrohänge-, Telpherbahnen) u. s. w.) [5], Stromverbrauch nur entsprechend den Nutzleistungen. Durch Vereinigung von b) und c) (Fig. 1) ist es gelungen, stark geneigte Strecken innerhalb einer im übrigen wagerechten Bahn ohne Erhöhung der Motorenstärken zu überwinden, indem man eine sich am Beginn der Steigung selbsttätig mit den Wagen

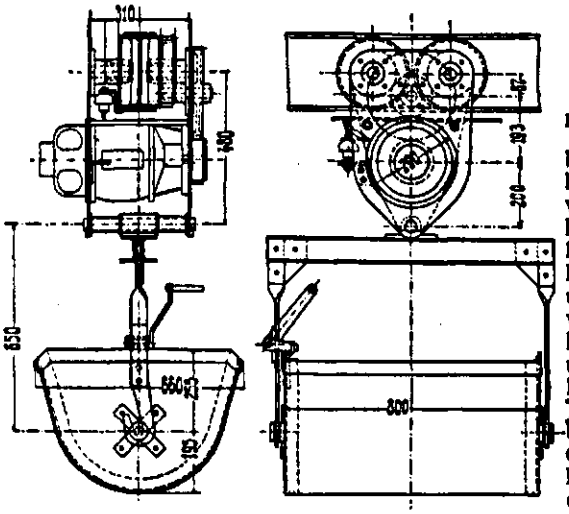


Fig. 4 und 5. Elektrohängebahn von W. Frederhagen, Offenbach.

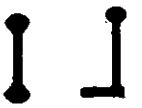


Fig. 2.*) Fig. 3.

kuppelnde Zugvorrichtung (Seil, Kette) vorſieht, die unter Ausſchaltung des Motors die Laſt über die Steigung zieht (Seilrampenbetrieb) [6]. Für Hängebahnen mit Laſten bis etwa 1,5 t zeigen die Fig. 2 und 3 vielfach gebräuchliche Schienenprofile. Die Aufhängung der Schienen erfolgt an hölzernen oder eiſernen Gerüſten, an Decken oder an Wänden mittels Konſolen u. ſ. w.; Abzweigungen mit ſelbſttätig oder von Hand einſtellbaren Weichen [7] oder Drehſcheiben [8]. Für Laſten von 1,5—10 t und mehr, insbeſondere auch bei Elektrohängebahnen iſt die Bahn meiſt aus ⌶- oder I-Eiſen gebildet (Fig. 4 und 5), auf deren Unterflanſch meiſt die Motorkatzen laufen. Geſchwindigkeiten bis zu 3,5 (5,1) m/sec. Bedienung mittels Fernſteuerung [9] oder durch einen mit der Katze fahrenden Mann (Fig. 6 und 7 und [10]). Die Hängebahnen beſtehen entweder für ſich [11] oder bilden den Anſchluß an Seilbahnen (ſ. d. und [12]). Für die Hängebahnen kommen in Betracht Wagen von 1—8 hl Kaſteninhalt (Trapezquerſchnitt [Fig. 1] oder Muldenform [Fig. 4]; der drehbar aufgehängte Kaſten kann ſelbſttätig gekippt werden) oder vielgeſtaltige Wagen für die verſchiedenſten Sonderzwecke (Säcke, Kiſten, Tonnen, Langholz, Scheitholz, Eiſenträger, Formſteine u. ſ. w.) [13] oder auch Greifer (Fig. 6 und 7) bezw. Wagen für ſchmalſpurige Standbahnen, Selbſtentlader u. dergl. [14]. Die Laſt bezw. das Gefäß für die Nutzlaſt hängt entweder feſt oder in ſenkrechter Richtung beweglich am Hängebahnwagen; im letzteren Falle erfolgt der Hebevorgang von Hand [15] oder (beſonders bei den Elektrohängebahnen) durch eine mittels Hubmotors zu betätigende Winde (Fig. 6 und 7 und [16]). Ueber Hängebahnwagenaufzüge vgl. [17], über Haufenlagerbetätigung mittels Hängebahnen vgl. Haufenlager und [18], über ſelbſttätige Füllvorrichtungen für Elektrohängebahnen vgl. [19], über ſelbſttätige Hängebahnwägevorrichtungen (Reuther & Reifert in Hennef a. Sieg) ſ. [20].

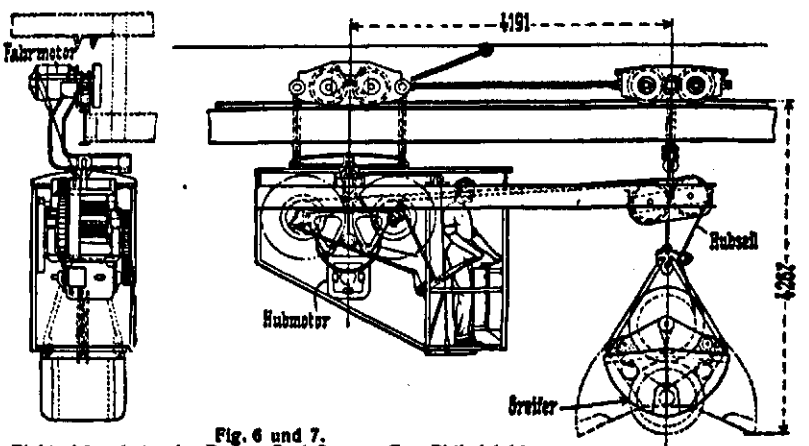


Fig. 6 und 7.
Elektrohängebahn der Dodge Coal Storage Co., Philadelphia.

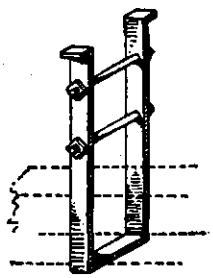
Literatur: [1] Hütte, 19. Aufl., 1. Teil, Art. „Förder- und Lagermittel für körnige und ſtückige Stoffe“ von M. Buhle, S. 1235 ff. ſowie 2. Teil, Art. „Drahtſeilbahnen“ von P. Stephan, S. 688 ff. — [2] Aus- und Einkuppeln, Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1902, S. 1527 (J. Pohlig, A.-G., Köln) und S. 1771 (A. Bleichert & Co., Leipzig-Gohlis). — [3] Buhle, Techniſche Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern (Maſſengütern), 3. Teil, Berlin 1906 (W. Frederhagen, Offenbach a. M.), ferner Raſch, Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1902, S. 1531, und v. Hanffſtengel, Dinglers Polyt. Journ. 1906, S. 354 ff. — [4] Derſ., ebend. S. 353 (Schaukeltransporteur von Stotz, Stuttgart). — [5] Buhle, Deutſche Bauztg. 1904, S. 527, und Dieterich, Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1904, S. 1719 ff., und Dinglers Polyt. Journ. 1904, 8. Heft. — [6] Buhle, Deutſche Bauztg. 1906, S. 243 ff. — [7] Raſch, Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1902, S. 1531 (Pohlig), S. 1775 (Bleichert); Dieterich, ebend. 1904, S. 1771 (Weichenſicherung). — [8] Buhle, Deutſche Bauztg. 1906, S. 308. — [9] Derſ., ebend. S. 243. — [10] Derſ., „Stahl und Eiſen“ 1906, S. 650 ff. — [11] Derſ., Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 90; ebend. 1900, S. 73 ff. (Temperley-Transporteur); Techn. Hilfsmittel u. ſ. w., II, S. 95 ff. und III, S. 61 (Carſon-Hängebahn). — [12] Derſ., ebend. I, S. 91 bezw. Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 1095. — [13] Abt, Handb. der Ing.-Wiſſenſch., Bd. 5, 8. Abt., Leipzig 1901, S. 131, und Raſch, Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1902, S. 1528 und 1772;

*) Anmerkung zum Schienenprofil Fig. 2. Schwaches / Starkes Profil: $h \sim \begin{cases} 12 \text{ cm} \\ {}^{16}/_{10} \text{ "} \end{cases}$; $W \sim \begin{cases} 45 \text{ qcm} \\ 100 \text{ "} \end{cases}$; $G \sim \begin{cases} 13 \text{ kg/m} \\ 23 \text{ "} \end{cases}$
(h = Höhe, W = Querſchnittsfläche, G = Gewicht in Kilogramm).

ferner Dieterich, Zeitſchr. für chemiſche Apparatenkunde (Elektriſche Transporte für chemiſche Fabriken), 1. Jahrg., Nr. 8 und 9; desgl. Buhle, Techniſche Hilfsmittel u. ſ. w., II, S. 82: Schlachthaushängebahnen (Unruh & Liebig, Leipzig); ebend. III, S. 77: Fahrbare Hängebahnen für Kokstransport auf Gasanſtalten (von Bleichert) und Elektriſche Bahnen und Betriebe 1904, S. 115 ff.: Trägertransporteur von Kolben, Prag. — [14] Buhle, Deutſche Bauztg. 1906, S. 243. — [15] v. Hanffſtengel, Dinglers Polyt. Journ. 1906, S. 374 (Flaſchenzug, Berlin-Anhalter Maſchinenbau A.-G.). — [16] Buhle, Deutſche Bauztg. 1904, S. 527; „Stahl und Eiſen" 1906, S. 650 ff.; v. Hanffſtengel, Dinglers Polyt. Journ. 1906, S. 373 ff. (Beck & Henkel, Kaſſel). — [17] Buhle, Techn. Hilfsmittel u. ſ. w., I, S. 114 und 117, Fig. 53 (Bamag). — [18] Derſ., ebend. III, Tafel I, Fig. 53 und S. 238; ferner Hütte, 19. Aufl., 2. Teil, S. 688 und Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1904, S. 1772; 1906, S. 1463 ff. (C. E. Eggers, Hamburg). — [19] Derſ., „Stahl und Eiſen" 1906, S. 651 (A. Bleichert & Co., Leipzig). — [20] Derſ., Techn. Hilfsmittel, II, S. 142 ff. *M. Buhle.*

Hängebahnen, ſ. a. Schwebebahnen.

Hängeband, kurzes Verbindungsſtück eines Lehrbogens oder Hängewerks (ſ. d.) aus Holz oder Eiſen (ſ. die Figur).



Hängebank, die Mündung eines Schachtes an der Erdoberfläche.

Hängebaum, Joch eines Hängewerks (ſ. d.).

Hängebleche (Kalottenbleche), trogförmig gebogene Bleche, die zur Herſtellung der Fahrbahntafel eiſerner Brücken Anwendung finden (ſ. Brückenbelag). Ueber Berechnung der Hängebleche findet man Näheres in [1], [2].

Literatur: [1] Winkler, E., Vorträge über Brückenbau, IV, Querkonſtruktionen der eiſernen Brücken, Wien 1884. — [2] Häſeler, Der Brückenbau, Eiſerne Brücken, 2. Lieferung, Braunſchweig 1894. *Melan.*

Hängeboden, Zwiſchenboden, der, an das Hauptgebälke aufgehängt, ein hohes Zimmer in zwei Räume teilt (im Volksmund Bobelatſche genannt), kommt in Werkſtätten, Lagerräumen u. dergl. vor. *Weinbrenner.*

Hängebogen, ſ. Bogen, Bd. 2, S. 141, Hängebrücken, Kettenlinien.

Hängebogen, in der Markſcheidekunde, ſ. Grubeninſtrumente, S. 644.

Hängebrücken. Werden zwei oder mehrere Ketten (ſ. d.) über eine Anzahl Stützpfeiler (Pylonen) gelegt und zum Tragen einer Brückenbahn an Hängeſtangen (Tragſtangen) benutzt, ſo entſteht eine gewöhnliche Hängebrücke (ſ. Fig. 1, 2 und die Darſtellungen im nächſten Artikel, vgl. Hängebrücken, feſte). Die Lagerung der Ketten über den Pylonen pflegt auf horizontal verſchiebbaren Sätteln und ihre Verankerung in beſonderen Widerlagern zu erfolgen, da die Befeſtigung an den Köpfen der Stützpfeiler zu ungünſtig für die Stabilität der letzteren wäre. Die Kettenſtücke zwiſchen den Stützpfeilern und Widerlagern können nur durch ihr eignes Gewicht belaſtet ſein (Fig. 1) oder noch einen Teil der Fahrbahn tragen (Fig. 2); in erſterem Falle heißen ſie Spannketten (Rückhaltketten), zum Unterſchiede von den Tragketten. Da die Ketten aus einzeln gelenkartig verbundenen geraden Stäben (Stabketten, Fig. 1); oder aus Drahtſeilen (Drahtkabeln, Fig. 2) beſtehen können, ſo hat man die Hängebrücken in Kettenbrücken und Kabelbrücken unterſchieden.

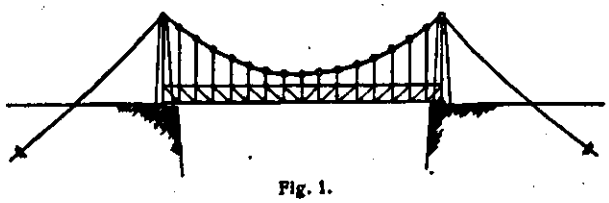


Fig. 1.

Fig. 2.

Die Möglichkeit der Bewältigung größter Spannweiten durch Hängebrücken und die größere Billigkeit der letzteren auch in andern Fällen ſind in erſter Linie durch die hervorragenden Feſtigkeitseigenſchaften des jetzt erhältlichen Stahldrahts bedingt. Während bis Anfang der ſiebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts die Zugfeſtigkeit des Drahtes für Brückenkabel nicht weſentlich über 7000 kg pro Quadratzentimeter hinausging, wurde von Röbling für die 1877

bis 1879 hergeſtellten Kabel der Brooklynbrücke über den East-River in New York erſtmals Gußſtahldraht verwendet, welcher bei 11250 kg Feſtigkeit und 5280 kg Elaſtizitätsgrenze ohne Herabſetzung der rechnungsmäßigen Sicherheit Beanſpruchungen bis 3300 kg pro Quadratzentimeter geſtattete. Seither wurde zu Brückenkabeln geeigneter Gußſtahldraht mit Feſtigkeiten von 12000—15000 kg bei 6000—7000 kg Elaſtizitätsgrenze, 2—4% Dehnung und 2100000 bis 2200000 kg Elaſtizitätsmodul des einzelnen Drahtes hergeſtellt. Für die neue Williamsburgbrücke in New York [34], [36], S. 289, beiſpielsweiſe war Draht von 14000 kg pro Quadratzentimeter Feſtigkeit vorgeſchrieben, der Beanſpruchungen bis zu etwa 4400 kg pro Quadratzentimeter auszuhalten hat (die Proben ergaben durchſchnittliche Feſtigkeiten von 15750 kg). Verſuche mit Drähten und Drahtſeilen ſ. [9], [16], [17], [29], [35], S. 82, [36], S 228, vgl. Drahtprüfungen, Drahtſeile, Kabel für Brücken.

Für die Theorie der Hängebrücken gelten die Drahtſeile als vollkommene Ketten, d. h. als Stäbe mit ſtetig aufeinander folgenden reibungsloſen Gelenken in der Achſe. Den Stabketten werden ebenfalls reibungsloſe Achsgelenke und äußere Kräfte nur in letzteren angreifend zugeſchrieben. Nebenſpannungen (ſ. d.) durch Reibungen und Biegungswiderſtände ſind, wie in andern Fällen, eventuell nachträglich zu berückſichtigen (ſ. z. B. [36], S. 16, 45, 208). Unter den erwähnten Vorausſetzungen können in den Kettenquerſchnitten niemals Biegungsmomente entſtehen ($M_x = 0$); die reſultierende Beanſpruchung jedes Querſchnitts greift in der Achſe an und wirkt tangential der Kette ($\frac{dM_x}{ds} = T_x = 0$, ſ. Bogen, Bd. 2, S. 142). Demgemäß iſt jeder Kettenquerſchnitt bei jeder Belaſtung gleichmäßig beanſprucht, die Widerſtandsfähigkeit des Materials alſo am beſten ausgenutzt. Hierin liegt der zweite Hauptgrund für die Möglichkeit der Erreichung größter Spannweiten durch Hängebrücken, vgl. [27].

Wenn die Laſten unmittelbar an allein vorhandenen Ketten wirkten, ſo könnten fortwährend Aenderungen der Kettenform entſtehen, weil eben nach dem oben Geſagten diejenige Form entſtehen muß, bei welcher die Kettenachſe überall mit den reſultierenden Schnittkräften zuſammenfällt. Um ſolche Schwankungen zu vermeiden, wendet man ſogenannte Verſteifungsträger an (Fig. 1, 2), deren Aufgabe darin beſteht, die auftretenden Laſten ſo auf die Kette zu verteilen, daß dieſe ihre Form nicht zu ändern braucht, abgeſehen ſelbſtverſtändlich von den unvermeidlichen elaſtiſchen Deformationen. In der Regel wird die Kettenform paraboliſch gewählt und bilden die Verſteifungsträger einfache Balkenträger mit einem feſten und einem horizontal frei verſchiebbaren Gelenkauflager (ſ. Balken, einfache, Balkenfachwerke, Parallelträger, Fachwerke mehrfachen Syſtems u. ſ. w.); doch ſind auch Anwendungen durchlaufender Balken und von Bogen nicht ausgeſchloſſen [35], S. 59, 61, [36], S. 218. In neuerer Zeit wurde dem erwähnten gewöhnlichen Verſteifungsträger mitunter noch ein Gelenk eingeſchaltet [35], S. 5, wodurch eine ſtatiſch beſtimmte Trägerart entſteht, d. h. die Berechnung aller Stützenreaktionen von Kette und Balken aus rein ſtatiſchen Beziehungen (ohne Zuhilfenahme der Elaſtizitätslehre) ermöglicht wird. Bei Projektierung von Hängebrücken pflegen für die einzelnen Oeffnungen gegeben zu ſein oder ſind zunächſt anzunehmen: die Spannweite l, die Differenz k der Stützhöhen, die Tiefe t des Kettenſcheitels unter dem höchſten Stützpunkt und die in Betracht kommenden Verkehrslaſten. Wir faſſen im folgenden neben den allgemeinen Beziehungen beſonders die einfachſten und praktiſch wichtigſten Fälle ins Auge, im übrigen auf die angeführte Literatur verweiſend.

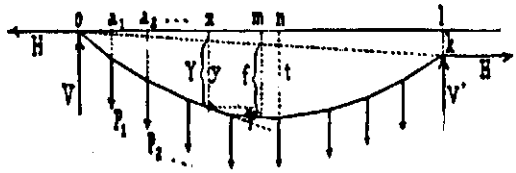


Fig. 3.

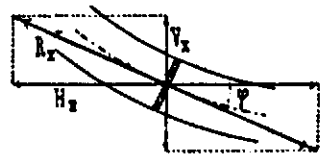


Fig. 4.

a) Ketten, Kabel. Es handle ſich um eine Oeffnung von der Spannweite l und der Höhendifferenz k der Stützpunkte (Fig. 3). Urſprung der Koordinaten im höchſten Stützpunkt, x-Achſe horizontal, poſitive Richtung der y-Achſe nach unten, für $x = l$ iſt $y = k$. An beliebigen Stellen $a_1, a_2, \ldots$ mögen beliebige (vertikale) Laſten $P_1, P_2 \ldots$ angreifen, wobei die P auch unendlich klein und die Abſziſſen a nur um Differentiale verſchieden ſein können (ſtetig verteilte Laſten, ſ. Belaſtung der Träger). Bezeichnen H die von dem Auflager 0 oder dem angrenzenden Kettenſtücke ausgehende Horizontalreaktion im Querſchnitt 0 der betrachteten Oeffnung (Horizontalſchub), und V, V' die durch die betrachtete Oeffnung bedingten Teile der Vertikalreaktionen bei 0 und l, dann hat man:

$$V = \frac{1}{l}\sum_0^l P(l-a) + \frac{k}{l}H, \qquad V' = \frac{1}{l}\sum_0^l Pa - \frac{k}{l}H, \qquad 1.$$

und die Horizontalkraft, Vertikalkraft und reſultierende Schnittkraft im Querſchnitt x, welche wir ſtets auf die Fläche links von x beziehen (Fig. 4):

$$H_x = H, \qquad V_x = V - \sum_0^x P, \qquad R_x = \sqrt{H^2 + V_x^2}, \qquad 2.$$

womit:

$$V_0 = V, \qquad V_l = -V', \qquad V + V' = \sum_0^l P = V_0 - V_l. \qquad 3.$$

Die Kraft R_x wirkt als Zug in der Kettenachſe, für welche man hat:

$$y = \frac{1}{H}\left[Vx - \sum_0^x P(x-a)\right], \qquad \frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}\varphi = \frac{V_x}{H}, \qquad 4.$$

und da $R_x = H\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi}$, $R = H\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi_0}$, $R' = H\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi_l}$, 5.
so tritt die größte Kettenkraft beim größten φ, d. h. in praktischen Fällen immer als R bei der höchsten Stütze ein. Bezeichnet Y die vertikale Abweichung eines Kettenpunktes von der Verbindungsgeraden der Stützpunkte (Fig. 3), so läßt sich die Gleichung der Kettenlinie anstatt durch 4. auch ausdrücken:

$$Y = y - \frac{k}{l}x = \frac{1}{Hl}\left[(l-x)\sum_0^x Pa + x\sum_x^l P(l-a)\right]. \qquad 6.$$

Wird für $x = l/2 = m$ gesetzt $Y = f$, so liefert diese Gleichung:

$$H = \frac{1}{2f}\left[\sum_0^m Pa + \sum_m^l P(l-a)\right], \qquad 7.$$

und sind $x = n$, $y = t$ die Koordinaten des Kettenpunktes, für welchen $\operatorname{tg}\varphi = 0$, dann hat man:

$$x = n, \text{ wo } V_x = 0 \text{ oder } \sum_0^x P(lt - ka) = t\sum_0^l P(l-a). \qquad 8.$$

Für gleich hohe Stützpunkte ($k = 0$) und symmetrische Belastung liegt der Punkt n selbstverständlich in der Mitte der Oeffnung ($n = m$, $t = f$).

Nach vorstehenden Gleichungen entspricht im allgemeinen jeder bestimmten Lastverteilung eine bestimmte Form der Kette, während bei bestimmter Kettenform nach 7. der Horizontalschub und damit nach 5. alle Beanspruchungen der Kette mit der Größe der Lasten wachsen. Für eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Last von u pro Längeneinheit, wie sie bei Berechnung der Beanspruchungen der Kette angenommen zu werden pflegt, gehen obige Gleichungen in die folgenden über (f. Belastung der Träger):

$$H = \frac{ul^2}{8f}, \qquad V = \frac{ul}{2} + \frac{k}{l}H, \qquad V' = \frac{ul}{2} - \frac{k}{l}H, \qquad 9.$$

$$V + V' = ul, \qquad V_x = V - ux = H\operatorname{tg}\varphi, \qquad R_x = \frac{ul^2}{8f}\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi}, \qquad 10.$$

$$Y = y - \frac{k}{l}x = \frac{4f}{l^2}x(l-x), \qquad \operatorname{tg}\varphi = \frac{k}{l} + \frac{4f}{l^2}(l-2x), \qquad 11.$$

wonach speziell für φ bei $x = 0$ und l:

$$\operatorname{tg}\varphi_0 = \frac{k}{l} + \frac{4f}{l}, \qquad \operatorname{tg}\varphi_l = \frac{k}{l} - \frac{4f}{l}. \qquad 12.$$

Die Kettenlinie ist in diesem Fall eine Parabel mit vertikaler Achse (Fig. 5). Bei gleich hohen Stützpunkten ($k = 0$) liegt der Punkt $\varphi = 0$ in der Mitte ($n = m$, $t = f$); bei verschieden hohen Stützpunkten hätte man z. B. bei gegebener Ordinate t des Punktes $\varphi = 0$ dessen Abszisse n und damit den Pfeil f:

$$n = \frac{l}{k}(t - \sqrt{t^2 - tk}), \qquad f = \frac{l}{4}\,\frac{lt - nk}{n(l-n)}. \qquad 13.$$

Für Tragketten ist stets der Punkt $x = n$, $y = t$, $\varphi = 0$ der tiefste Punkt der Kette (Fig. 5); für Spannketten dagegen liegt derselbe nicht mehr innerhalb der Spannweite (Fig. 6), und man hat als tiefsten Punkt $x = l$, $y = k$, $\varphi = \varphi_l$. — Andre spezielle Belastungen f. Ketten, Kettenlinien.

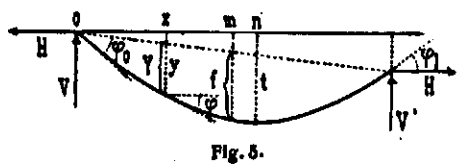


Fig. 5.

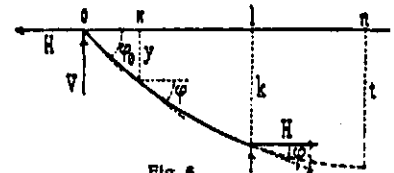


Fig. 6.

b) Versteifungsträger. Wir ziehen nur Versteifungsträger mit einem festen und sonst horizontal frei verschiebbaren Gelenkauflagern in Betracht (einfache und durchlaufende Balken). Bezüglich spezieller Behandlung durchlaufender Versteifungsbalken und von Bogen als Versteifungsträgern f. [28], I, S. 419 und II, S. 418, 433, [35], S. 52, 61, [36], S. 26, 34, 38, 43. Für einen gewissen Normalzustand, welchem die gewählte Form der Kette entspricht (bei parabolischer Kette für eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Last und normale Temperatur), fällt dem Versteifungsträger keine Aufgabe bezüglich der Kette zu. Kommen jedoch weitere Lasten $Q_1, Q_2, \ldots$ bei beliebigen Abszissen $a_1, a_2, \ldots$ zunächst auf den Versteifungsträger (Fig. 7), so sind diese auf die Kette so zu verteilen, daß letztere ihre Form nicht zu ändern braucht. Durch die Q und sonstige Einwirkungen (Temperaturänderungen u. s. w.) werden für den Versteifungsträger Stützenreaktionen A, A', für die Kette aber infolge der an den Tragstangen wirkenden neuen Lasten $P_1, P_2, \ldots$ Vertikalreaktionen V_x, V'_x und ein Horizontalschub H_x hervorgerufen. Es ist festzuhalten, daß die Q u. s. w. zwar die ganzen Beanspruchungen und Stützenreaktionen des Versteifungsträgers liefern, wenn

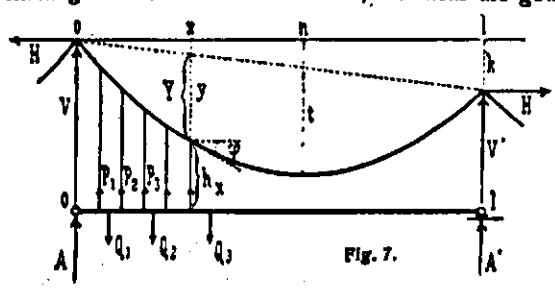


Fig. 7.

deſſen Eigengewicht mit zur Normalbelaſtung gehört, aber erſt mit den Beiträgen letzterer die ganzen Beanſpruchungen und Stützenreaktionen der Ketten. Beiſpielsweiſe ſind im ganzen:

$$H = H_n + H_z, \qquad V = V_n + V_z, \qquad V' = V'_n + V'_z, \tag{14.}$$

unter H_n, V_n, V'_n die Beiträge der Normalbelaſtung zu H, V, V' verſtanden. Bezeichnen für den Verſteifungsträger $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{A}'$ diejenigen Vertikalreaktionen bei 0 und l und $\mathfrak{M}_x$, $\mathfrak{W}_x$ diejenigen Werte des Moments M_x und der Vertikalkraft W_x in einem beliebigen Querſchnitt x, welche durch die Q erzeugt würden, wenn keine Kette (und auch kein Zwiſchengelenk, vgl. c) vorhanden wäre, ſo hat man unter Mitwirkung der Kette:

$$A = \mathfrak{A} - \left(\operatorname{tg}\varphi_0 - \frac{k}{l}\right) H_z, \qquad A' = \mathfrak{A}' + \left(\operatorname{tg}\varphi_l - \frac{k}{l}\right) H_z, \tag{15.}$$

$$M_x = \mathfrak{M}_x - H_z\, Y, \qquad W_x = \mathfrak{W}_x - \left(\operatorname{tg}\varphi - \frac{k}{l}\right) H_z. \tag{16.}$$

Die von den Q herrührenden Vertikalreaktionen der Kettenſtützen ſind:

$$V_z = H_z \operatorname{tg}\varphi_0, \qquad V'_z = H_z \operatorname{tg}\varphi_l \tag{17.}$$

(φ_l negativ), und die entſprechende Vertikalkraft und Axialkraft im Querſchnitt x der Kette:

$$V_x = H_z \operatorname{tg}\varphi = V_z - \sum_0^x P, \qquad R_x = H_z\sqrt{1+\varphi^2}. \tag{18.}$$

Die Verteilung der Q auf die Kette bei der vorausgeſetzten Wirkſamkeit des Verſteifungsträgers erfolgt alſo derart, daß

$$\sum_0^x P = V_z - H_z \operatorname{tg}\varphi = H_z(\operatorname{tg}\varphi_0 - \operatorname{tg}\varphi), \tag{19.}$$

woraus auch die auf eine Tragſtange kommende Laſt zu entnehmen iſt.

Bei parabolifcher Kette hat man nach 19. mit Rückſicht auf 11., 12:

$$\sum_0^x P = x\, H_z \frac{8f}{l^2} = x.\ \text{Const.} \qquad \sum_0^l P = H_z \frac{8f}{l}; \tag{20.}$$

die Q werden alſo gleichmäßig auf die ganze Spannweite verteilt. Mit Rückſicht auf 11., 12. laſſen ſich auch die andern vorſtehenden Gleichungen für parabolifche Ketten ſpezialifieren. Beiſpielsweiſe erhält man:

$$A = \mathfrak{A} - H_z \frac{4f}{l}, \qquad A' = \mathfrak{A}' - H_z \frac{4f}{l} \tag{21.}$$

und die ganze Beanſpruchung einer Tragſtange, wenn λ den auf ſie entfallenden Teil der Spannweite und T_n ihre Beanſpruchung durch die Normalbelaſtung bedeuten:

$$T = T_n + H_z \lambda \frac{8f}{l^2}. \tag{22.}$$

Reicht der Verſteifungsträger nur über eine Oeffnung, ſo hat man in 15., 16. (Bd. I, S. 504):

$$\mathfrak{A} = \frac{1}{l}\sum_0^l Q(l-a), \qquad \mathfrak{A}' = \frac{1}{l}\sum_0^l Q\,a, \tag{23.}$$

$$\mathfrak{M}_x = \mathfrak{A}\,x - \sum_0^x Q(x-a), \qquad \mathfrak{W}_x = \mathfrak{A} - \sum_0^x Q, \tag{24.}$$

welche Ausdrücke ſich für ſtetig verteilte Laſten noch ſpezialiſieren laſſen (ſ. Belaſtung der Träger). Beiſpielsweiſe erhält man für eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Laſt von q pro Längeneinheit:

$$\mathfrak{A} = \mathfrak{A}' = \frac{q\,l}{2}, \qquad \mathfrak{M}_x = x(l-x)\frac{q}{2}, \qquad \mathfrak{W}_x = (l-2x)\frac{q}{2}. \tag{25.}$$

Die gegebenen Gleichungen zeigen, daß alle Beanſpruchungen der Kette und des Verſteifungsträgers berechnet werden können, ſobald der Horizontalſchub H_z der Kette bekannt iſt. Dieſer iſt jedoch bei einfachem Verſteifungsträger nur ſtatiſch beſtimmt, wenn ein Zwiſchengelenk eingeſchaltet wird. Bei durchlaufendem Verſteifungsträger wären ebenſoviel Zwiſchengelenke einzuſchalten, als Oeffnungen vorhanden ſind [28], I, S. 419. Sofern für Verſteifungsbalken auch negative Stützenreaktionen entſtehen können, iſt durch Verankerung für die Möglichkeit von oben nach unten wirkender Stützenreaktionen ohne Aenderung der ſonſtigen Beweglichkeit der Auflager Sorge zu tragen.

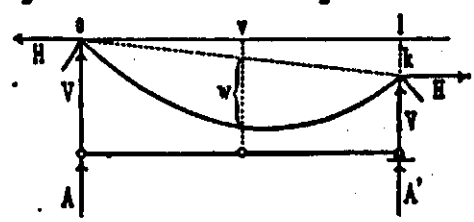


Fig. 8.

c) Einfache Verſteifungsträger mit Zwiſchengelenk. Der Verſteifungsbalken reiche nur über eine Oeffnung und erhalte an beliebiger Stelle $x = v$, wo $Y = w$ iſt, ein Zwiſchengelenk (Fig. 8). Dann folgt aus der erſten Gleichung 16. wegen $\mathfrak{M}_v = 0$ der Horizontalſchub:

$$H_z = \frac{\mathfrak{M}_v}{w} = \frac{1}{w\,l}\left[(l-v)\sum_0^v Q\,a + v\sum_v^l Q(l-a)\right] \tag{26.}$$

und wenn, wie ſich auch bei verſchiedenen Stützhöhen empfehlen wird, das Gelenk in die Mitte der Spannweite gelegt wird, mit $v = l/2 = m$, $Y = f$:

$$H_z = \frac{1}{2f}\left[\sum_0^m Q\,a + \sum_m^l Q(l-a)\right]. \tag{27.}$$

Speziell für eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Laſt von q pro Längeneinheit folgen in dem erwähnten allgemeineren und ſpezielleren Falle:

$$H_z = v(l-v)\frac{q}{2w}, \qquad \text{bezw. } H_z = \frac{q\,l^2}{8f}. \tag{28.}$$

Bei parabolischer Kette erhält man mit dem letzten Ausdrucke und 12., 25. aus 15., 16.:

$$A = A' = 0, \qquad M_x = 0, \qquad W_x = 0, \tag{29.}$$

so daß der Versteifungsträger mit Zwischengelenk in der Mitte bei parabolischer Kette durch beliebige auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Lasten q überhaupt nicht beansprucht wird (abgesehen von Beanspruchungen durch die Normalbelastung). Man braucht also bei der Berechnung der Ketten für eine solche Belastung auch keine Rücksicht auf den Versteifungsträger zu nehmen. Gleiches gilt für die Berechnung der Tragstangen, deren ganze Beanspruchungen nach 22. mit 28.:

$$T = T_n + q\lambda. \tag{30.}$$

Dabei ist allerdings ein Versteifungsträger vorausgesetzt, welcher nach den Formeln für vollwandige Träger berechnet werden soll, wie dies besonders bei doppeltem System mit gekreuzten Diagonalen häufig zutreffen wird.

Bei Hängebrücken mit mehreren Oeffnungen und einfachen Versteifungsträgern darf nur der Versteifungsträger einer Oeffnung ein Zwischengelenk erhalten. Die Lasten Q dieser Oeffnung tragen allein zum Horizontalschub H_z bei, welcher dann neben den betreffenden H_n in allen Oeffnungen zur Wirkung kommt. Da in den übrigen Oeffnungen die Lasten Q kein H_z liefern, so verhalten sich deren Versteifungsträger ihren Q gegenüber wie gewöhnliche Balkenträger ohne Kette (in den Formeln unter b) $H_z = 0$). Die Lasten Q der Oeffnung mit Zwischengelenk dagegen, weil ein H_z erzeugend, tragen nach den Formeln unter b) auch zur Beanspruchung der Versteifungsträger in den übrigen Oeffnungen bei, und zwar um so mehr, je größer H_z, so daß die Grenzwerte dieser Beiträge zugleich mit den Grenzwerten von H_z eintreten. — Bei einer wie bei mehreren Oeffnungen hat die Einschaltung des Zwischengelenks die Folge, daß der Horizontalschub H_z und damit alle Beanspruchungen durch gleichmäßige, wenn auch verschiedene Temperaturänderungen von Kette, Balken und Tragstangen und kleine Bewegungen der Kabelsättel oder Kabel (Ueberziehen) nicht beeinflußt werden.

d) Einfache Versteifungsträger ohne Zwischengelenk. In diesem Falle erhält man auf Grund der gewöhnlichen Biegungstheorie (s. Biegung) zur Bestimmung des Horizontalschubs H_z durch beliebige Belastung, eine gleichmäßige Temperaturänderung τ der Kette, eine Aenderung Δl der Spannweite, ein Ueberziehen der Kette in die betrachtete Oeffnung um Δs (s normale Kettenlänge) und Aenderungen Δh_x der Tragstangenlängen h_x [10], S. 129:

$$H_z\left(\int_0^l \frac{dx}{\mathfrak{E}\mathfrak{F}\cos^3\varphi} + \int_0^l \frac{Y^2}{EJ}dx\right) = \Delta l - \left(\alpha\tau + \frac{\Delta s}{s}\right)\int_0^l \frac{dx}{\cos^2\varphi} + \int_0^l \frac{\mathfrak{M}_z}{EJ}Y\,dx + \int_0^l \frac{d^2\Delta h_x}{dx^2}Y\,dx, \tag{31.}$$

worin $\mathfrak{E}$, $\mathfrak{F}$, α Elastizitätsmodul, Querschnitt und Ausdehnungskoeffizient der Kette, E, J Elastizitätsmodul und Trägheitsmoment des Versteifungsträgers, für Zunahmen τ, Δl, Δs, Δh_x positiv zu rechnen und die Tragstangen in stetiger Folge gedacht sind. Eine gleichmäßige Temperaturänderung des Versteifungsträgers hat keinen Einfluß auf H_z. Werden die einfachsten und gebräuchlichen Annahmen gemacht, daß die Kette parabolisch, der Einfluß von Δh_x zu vernachlässigen und $\mathfrak{E}\mathfrak{F}\cos\varphi$, EJ konstant (Mittelwerte), so liefert 31. mit den Bezeichnungen:

$$c = \mathfrak{E}\mathfrak{F}\cos\varphi, \qquad s = 1 + \frac{k^2}{l^2} + \frac{16f^2}{3l^2}, \qquad \beta = \frac{15\,s\,EJ}{8\,c\,f^2} \tag{32.}$$

den Horizontalschub durch beliebige Belastung:

$$H_z = \frac{5}{(1+\beta)\,8\,f\,l^2}\sum_0^l Q\,a\,(l-a)\,(l^2 + l\,a - a^2), \tag{33.}$$

durch eine beliebige Temperaturänderung τ der Kette:

$$H_z = -\frac{c\,\beta}{1+\beta}\,\alpha\,\tau, \tag{34.}$$

durch eine Aenderung der Spannweite um Δl:

$$H_z = \frac{c\,\beta}{1+\beta}\,\frac{\Delta l}{s\,l}, \tag{35.}$$

und durch ein Ueberziehen der Kette um Δs:

$$H_z = -\frac{c\,\beta}{1+\beta}\,\frac{\Delta s}{s}. \tag{36.}$$

Für manche Zwecke (vorläufige Berechnungen u. f. w.) kann in 33. $\beta = 0$ und mit dem Mittelwert $7/6\,l^2$ des letzten Klammerausdrucks

$$H_z = \frac{35}{48\,f\,l}\sum_0^l Q\,a\,(l-a) \tag{37.}$$

gesetzt werden. Durch eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Last von q pro Längeneinheit entsteht nach 33. (bei der vorausgesetzten parabolischen Kette):

$$H_z = \frac{q\,l^2}{(1+\beta)\,8\,f} \tag{38.}$$

und damit nach 15., 16. mit 12., 25 für den Versteifungsbalken:

$$A = A' = \frac{\beta}{1+\beta}\,\frac{q\,l}{2}, \qquad M_x = \frac{\beta}{1+\beta}\,\frac{q}{2}\,x\,(l-x), \qquad W_x = \frac{\beta}{1+\beta}\,\frac{q}{2}\,(l-2x), \tag{39.}$$

während nach 22. mit 38. die ganze Beanspruchung einer Tragstange:

$$T = T_n + \frac{q\,\lambda}{1+\beta}. \tag{40.}$$

Bei etwaiger Berücksichtigung der Längenänderungen der Tragstangen sind auch die Längenänderungen der Pylonen einzuschließen [15], S. 47, [36], S. 22. Bezüglich der Berücksichtigung der Längenänderungen der einzelnen Stäbe bei Fachwerken als Versteifungsträger s. [28], II, S. 265, 289, 418, [35], S. 17, 52 und Träger, zusammengesetzte, Fachwerke, statisch unbestimmte.

e) Mehrere Oeffnungen. Die bis jetzt gegebenen Beziehungen gelten für jede Oeffnung einer Hängebrücke, gleichgültig, ob letztere eine oder mehrere Oeffnungen beſitzt. Wie bei Anwendung eines Zwiſchengelenks die Laſten Q der Oeffnung mit Zwiſchengelenk die übrigen Oeffnungen beeinfluſſen, wurde am Schluſſe von c) erwähnt. Eine weitergehende gegenſeitige Beeinfluſſung der einzelnen Oeffnungen findet im Falle eines Zwiſchengelenks nicht ſtatt.

Anders bei Verſteifungsträgern ohne Zwiſchengelenk. Wenn in dieſem Falle die Ketten oder Kabelſättel über den Zwiſchenſtützen nicht befeſtigt ſind, ſo kann die Belaſtung und Temperaturänderung der Kette in einer Oeffnung wegen der dadurch bedingten Δl, Δs nach 35., 36. auch Einfluß auf den Horizontalſchub H_z (und damit auf die Beanſpruchung von Kette und Verſteifungsbalken) in andre Oeffnungen ausüben. Bei einer von Schwend berechneten Brücke über den Rhein von 80 m, 209 m und 80 m Spannweiten betrug das größte Δl der erſten Oeffnung 8 cm [16], S. 63. Man könnte dieſe Verſchiebungen bei Betrachtung einer Oeffnung ohne Berückſichtigung der übrigen Oeffnungen in Rechnung ziehen (unter den Vorausſetzungen von d) auf Grund von 35., 36.), wenn die Grenzwerte von Δl, Δs durch Beobachtung oder Schätzung feſtgeſtellt würden, andernfalls muß die Theorie eingreifen. Gewöhnlich iſt die Anordnung derart, daß kein Ueberziehen der Kette ($\Delta s = 0$), wohl aber nach Fertigſtellung der Brücke eine horizontale Verſchiebung der Kabelſättel ſtattfinden kann. Von der Reibung abgeſehen, übertragen die Ketten alsdann nur vertikale Kräfte auf die Pylonen, während der ganze Horizontalſchub $H = H_n + H_z$ in allen Oeffnungen gleich groß iſt. Dies ſei vorausgeſetzt; H_n möge den Horizontalſchub im Normalzuſtand (ſ. oben b), vor Verſchiebungen Δl mit Wirkſamkeit des Verſteifungsträgers bezeichnen. Der Wert von H oder H_z findet ſich aus der Bedingung, daß die Aenderung der Summe aller Spannweiten $L = l_1 + l_2 \ldots + l_n$ ſein ſoll:

$$\Delta L = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \ldots + \Delta l_n = 0. \qquad 41.$$

Wird der Horizontalſchub auf Grund paraboliſcher Kettenform unter den für 32.—40. gemachten Vorausſetzungen berechnet, ſo drückt ſich mit den Bezeichnungen

$$B = \frac{f}{J l^2} \int_0^l Q\, a\, (l - a)\, (l^2 + l\, a - a^2), \qquad T = \tau\, s\, l, \qquad h = (1 + \beta)\, \frac{l f^2}{J} \qquad 42.$$

zunächſt in jeder Oeffnung l mit Verſteifungsträger aus (für Spannketten ſ. unten):

$$\Delta l = \frac{8\,h}{15\,E}\, H_z - \frac{B}{3\,E} + \alpha\, T, \qquad 43.$$

und da

$$H_z = H - H_n, \qquad 44.$$

ſo liefert 41. zunächſt für den Fall, daß jede Oeffnung einen Verſteifungsträger enthält, den ganzen Horizontalſchub in allen Oeffnungen im allgemeinſten Falle:

$$H = \frac{\Sigma\, h\, H_n}{\Sigma\, h} + \frac{5\,\Sigma B}{8\,\Sigma h} - \frac{15\,E\,\alpha}{8}\, \frac{\Sigma T}{\Sigma h} + \frac{15\,E}{8}\, \frac{\Delta L}{\Sigma h}, \qquad 45.$$

worin die vier Summanden die Beiträge der Normalbelaſtungen (wenn die H_n verſchieden), der Laſten Q, der Temperaturänderungen τ und einer etwaigen Aenderung ΔL der Geſamtlänge L darſtellen, welche Aenderung jedoch unter gewöhnlichen Verhältniſſen ausgeſchloſſen ſein wird. Iſt hiernach H für einzelne oder alle Einwirkungen berechnet, ſo ergeben ſich die H_z der einzelnen Oeffnungen aus 44., womit die Gleichungen unter b) in jeder Oeffnung anwendbar werden. Die Δl der einzelnen Oeffnungen würden ſich aus 43. beſtimmen laſſen; ſie können z. B. bei Berechnung der Einſenkungen intereſſieren. Sind die H_n in allen Oeffnungen gleich groß, was immer zutrifft, wenn die Kabelſättel ſchon während des Aufbringens der Normalbelaſtung (vor Wirkſamkeit der Verſteifungsträger) frei verſchiebbar ſind, aber auch in andern wichtigen Fällen eintritt, dann liefert 45. mit 44. unmittelbar H_z, nämlich durch beliebige Belaſtungen und beliebige Temperaturänderungen aller Oeffnungen:

$$H_z = \frac{5}{8}\, \frac{\Sigma B}{\Sigma h}, \text{ bezw. } H_z = -\frac{15\,E\,\alpha}{8}\, \frac{\Sigma T}{\Sigma h}. \qquad 46.$$

Für eine auf die ganze Länge einer beliebigen Oeffnung l gleichmäßig verteilte Laſt von q pro Längeneinheit entſpricht dieſer Oeffnung in 45., 46. (ſ. Belaſtung der Träger):

$$B = \frac{q\, f\, l^3}{5\, J}. \qquad 47.$$

Zu beachten iſt, daß die Kettenabſchnitte von den letzten Zwiſchenſtützen nach den Widerlagern auch als Spannketten (ohne einen Teil der Fahrbahn zu tragen und ohne Verſteifungsträger) beſondere Oeffnungen darſtellen, ſo daß jede Hängebrücke mindeſtens drei Oeffnungen zu haben pflegt. Setzt man für die Länge s einer Spannkette näherungsweiſe (Fig. 9) $s^2 = l^2 + k^2$, ſo folgt $2\,s\,d\,s = 2\,l\,d\,l$ und für genügend kleine endliche Aenderungen:

$$\Delta l = \frac{s}{l}\, \Delta s.$$

Da man nun für eine Kettenkraft $H_z \frac{s}{l}$ hat $\Delta s = \frac{H_z}{\mathfrak{E}\mathfrak{F}}\, \frac{s^2}{l}$ und für eine Temperaturänderung τ $\Delta s = \alpha\, \tau\, s$, ſo gilt für Spannketten:

$$\Delta l = \frac{s^2}{\mathfrak{E}\mathfrak{F}\, l^2}\, H_z + \alpha\, \tau\, \frac{s^2}{l}. \qquad 48.$$

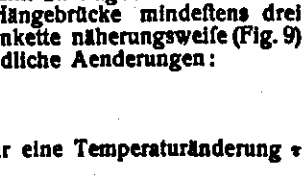


Fig. 9.

Der Vergleich mit 43. zeigt, daß die Gleichungen 43.—46. auch für Hängebrücken mit Spannketten (ohne Fahrbahnbelaſtung und ohne Verſteifungsträger) gelten, wenn in den Oeffnungen mit Spannketten an Stelle von 42. geſetzt werden:

$$B = 0, \qquad h = \frac{15\,E\,s^3}{8\,\mathfrak{E}\mathfrak{F}\, l^2}, \qquad T = \tau\, \frac{s^2}{l}, \text{ worin } s = \sqrt{l^2 + k^2}. \qquad 49.$$

f) **Grenzwerte.** Die Grenzbeanſpruchungen der Ketten und Tragſtangen, ſowie die Grenzwerte der Vertikalreaktionen V, V' der Kettenſtützen treten nach den Formeln unter b) zugleich mit den Grenzwerten von H_z ein. Um dieſe zu erhalten, hat man in allen Oeffnungen, welche Einfluß auf H_z ausüben (ſ. oben), einmal möglichſt ſtark (durch Eigengewicht und Verkehrslaſt), das andremal möglichſt ſchwach (durch Eigengewicht allein) zu belaſten, während bei ſtatiſch unbeſtimmtem H_z (vgl. d), e) im erſten Falle möglichſt niedrige Temperatur (τ negativ), im zweiten möglichſt hohe Temperatur (τ poſitiv) zu wählen iſt. Für den Verſteifungsträger ſind in erſter Linie die Grenzwerte des Moments M_x und der Vertikalkraft W_x feſtzuſtellen, womit, weil für $x=0$ $W_x=A$ und für $x=l$ $W_x=-A'$, auch die Grenzwerte der Stützenreaktionen A, A' bekannt werden. Wir ziehen im folgenden für Hängebrücken ohne Zwiſchengelenk beliebige Oeffnungen, dagegen für Hängebrücken mit Zwiſchengelenk nur die Oeffnung, welche das letztere enthält, in Betracht, während bezüglich der übrigen Oeffnungen das Nötige am Schluſſe von c) geſagt wurde. Es handelt ſich zunächſt um die Grenzwerte von M_x durch die Laſten Q der betrachteten Oeffnung, welche häufig die einzige verkehrsbelaſtete ſein wird (Fig. 1). Da ſich zeigt, daß der aus 16., 24. folgende allgemeine Ausdruck des Moments am Verſteifungsträger:

$$M_x=\frac{x}{l}\sum_0^l Q\,(l-a)-\sum_0^x Q\,(x-a)-\left(y-\frac{k}{l}\,x\right)H_x \qquad 50.$$

auch das Moment durch die Q für einen wie die Kette geformten ſteifen Bogen mit Kämpfergelenken darſtellt, und der aus 16., 24. hervorgehende allgemeine Ausdruck der Vertikalkraft am Verſteifungsträger:

$$W_x=\frac{1}{l}\sum_0^l Q\,(l-a)-\sum_0^x Q-\left(\operatorname{tg}\varphi-\frac{k}{l}\right)H_x \qquad 51.$$

zugleich $T_x:\cos\varphi$ durch die Q für einen ſolchen Bogen dargeſtellt, unter T_x die Transverſalkraft (Querkraft) des letzteren verſtanden, ſo laſſen ſich die Belaſtungen für die Grenzwerte von M_x, W_x am Verſteifungsträger ganz wie diejenigen eines wie die Kette geformten einfachen Bogens mit Kämpfergelenken erhalten (Weyrauch, Elaſtiſche Bogenträger, München 1897, S. 39, 62, 84), wonach man folgende Regeln hat. **Grenzwerte von M_x** (Fig. 10, 11): Man ziehe aus beiden Stützpunkten der Kette Gerade durch den Achspunkt des Kettenquerſchnitts x bis zu den Durchſchnitten mit der Kämpferdrucklinie S; für max. pos. M_x ſind die Knotenpunkte zwiſchen dieſen Schnittpunkten, für max. neg. M_x die übrigen Knotenpunkte der Spannweite möglichſt ſtark zu belaſten. **Grenzwerte von W_x** (Fig. 12, 13): Man ziehe eine Parallele zur Kettenachſe bei x aus demjenigen Kettenſtützpunkt, aus welchem eine ſolche möglich iſt, bis zum Durchſchnitt mit der Kämpferdrucklinie S; es ſind einmal die Knotenpunkte zwiſchen dieſem Schnittpunkt und dem Querſchnitte x, das andremal die übrigen Knotenpunkte der Spannweite möglichſt ſtark zu belaſten. Die erſte Belaſtung liefert den poſitiven oder negativen Grenzwert, je nachdem die Parallele vom Stützpunkt 0 oder l aus gezogen wurde (auf der erſten Trägerhälfte alſo den poſitiven). — Häufig treten einzelne der erwähnten Durchſchnitte nicht innerhalb der Spannweite ein, womit dieſelben auch keine wirklichen Belaſtungsgrenzen liefern, ohne daß hierdurch die Allgemeinheit der angeführten Regeln beeinträchtigt wird. Die Gleichung der **Kämpferdrucklinie** (ſ. Kämpferdrücke), bezogen auf die Achſen der x, y (Abſziſſe a, Ordinate b), iſt allgemein:

$$b=a\frac{k}{l}+a\,(l-a)\frac{Q}{l\,H_z}, \qquad 52.$$

worin H_z einer bei a angreifenden Einzellaſt Q entſpricht. Speziell für einen Verſteifungsträger mit Zwiſchengelenk in der Mitte hat man

$$\left.\begin{aligned}&\text{für } a<\frac{l}{2} \quad b=2f-a\frac{2f-k}{l},\\ &\text{für } a>\frac{l}{2} \quad b=a\frac{2f+k}{l};\end{aligned}\right\} \qquad 53.$$

die Linie S iſt wie in Fig. 11, 13 beſtimmt. Für einen Verſteifungsträger ohne Zwiſchengelenk gilt bei paraboliſcher Kette mit einer Oeffnung:

$$b=a\frac{k}{l}+\frac{1+\beta}{l^2+l\,a-a^2}\,\frac{8\,f\,l^2}{5}, \qquad 54.$$

mit mehreren Oeffnungen:

$$b=a\frac{k}{l}+\frac{8\,l}{5\,f}\,\frac{\Sigma h}{l^2+l\,a-a^2}. \qquad 55.$$

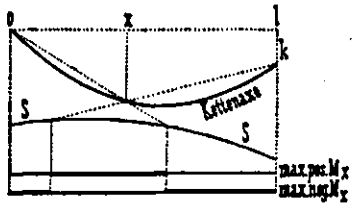


Fig. 10.

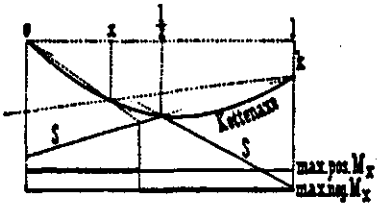


Fig. 11.

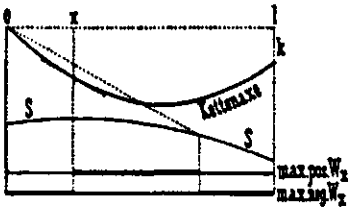


Fig. 12.

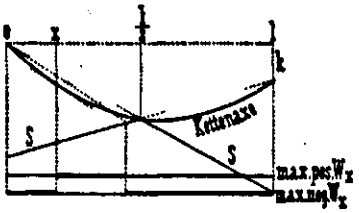


Fig. 13.

Jedoch darf β in 54. und dem durch 42. beſtimmten h für Tragketten vernachläſſigt werden, womit das gleiche mit dem ganzen durch 49. beſtimmten h für Spannketten gilt und für Hängebrücken mit nur einer tragenden Oeffnung Gleichung 54. mit $\beta=0$ an Stelle von 55. Verwendung finden kann. Die Linie verläuft etwa wie in Fig. 10, 12. Für einen Verſteifungsträger mit Zwiſchengelenk iſt der angeführten Beſtimmung der Grenzwerte nichts zuzufügen (vgl. am Schluſſe von c). Für Verſteifungsträger bei Hängebrücken ohne Zwiſchengelenk jedoch ſind mit den

von der Belaſtung der betrachteten Oeffnung l herrührenden Grenzwerten die durch die Belaſtung außerhalb l und die Temperaturänderungen erzeugten Grenzwerte, welche durch die Gleichungen unter b) (mit den betreffenden Grenzwerten von H_x nach 45. oder 46.) beſtimmt ſind, ſo zu kombinieren, daß möglichſt ungünſtige, d. h. möglichſt weit auseinander liegende Grenzwerte im ganzen entſtehen. Bezüglich genauerer Berechnung der Grenzwerte durch Radlaſtzüge ſ. Grenzwerte, Einflußlinien und [5], bezüglich weiterer Berechnungen für Hängebrücken [5], [15], [18], [35], [36].

Vorläufige Berechnung. Es handelt ſich um das gewöhnliche Verfahren für einfache Verſteifungsträger, wobei die im Falle von Verſteifungsträgern ohne Zwiſchengelenk neben der Belaſtung der in Frage ſtehenden Oeffnung auftretenden Einflüſſe vernachläſſigt oder nur ſchätzungsweiſe berückſichtigt werden. Nachdem die vorläufigen Querſchnitte bekannt ſind, können nach den gegebenen Formeln alle Größen genauer berechnet werden.

Es ſeien pro Längeneinheit Spannweite g_0 die Normalbelaſtung der Konſtruktion ohne die Kette, g_k die Belaſtung durch die Kette, q die größte vom Verſteifungsträger auf die Kette zu verteilende Laſt, dann hat man den größten Horizontalſchub der Kette nach dem bisherigen:

$$H=\left(g_0+g_k+\frac{q}{1+\beta}\right)\frac{l^2}{8f}, \qquad 56.$$

worin bei Verſteifungsträgern mit Zwiſchengelenk $\beta=0$. Bezeichnen ferner s die Kettenlänge auf der Spannweite l, γ das Gewicht der Volumeneinheit Kettenmaterial, R die größte Kettenkraft bei der höchſten Stütze, wo φ_0 der Neigungswinkel der Kette gegen die Horizontale, und σ die zuläſſige Beanſpruchung pro Querſchnittseinheit der Kette, alſo $R:\sigma$ den theoretiſchen Kettenquerſchnitt und

$$F=\mu\frac{R}{\sigma}=\frac{\mu H}{\sigma\cos\varphi_0}$$

den wirklichen Kettenquerſchnitt, wenn μ einen Erfahrungskoeffizienten bedeutet, dann haben wir in 56.:

$$g_k=F\gamma\frac{s}{l}, \qquad H=\frac{F\sigma}{\mu}\cos\varphi_0,$$

und damit den Kettenquerſchnitt:

$$F=\frac{g_0+\frac{q}{1+\beta}}{\frac{8f}{\mu l^2}\sigma\cos\varphi_0-\gamma\frac{s}{l}}=\frac{l}{\gamma s}g_k, \qquad 57.$$

womit auch das durchſchnittliche Kettengewicht pro Längeneinheit Spannweite beſtimmt iſt, während $F\gamma$ das Kettengewicht pro Längeneinheit Kette darſtellt.

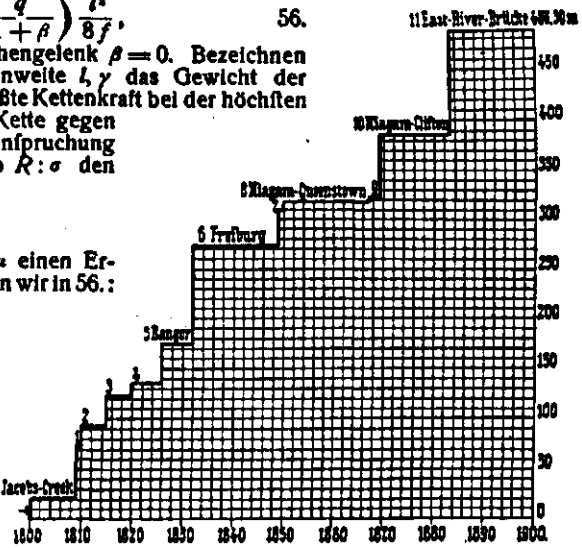


Fig. 14. Spannweiten eiſerner Hängebrücken, 1800—1900.

0 Brücke über den Jacobs-Creek, Ver. Staaten. 1 Merrimakbrücke oberhalb Newbury-Port, Ver. Staaten. 2 Brücke über den Katarakt des Schuylkill, Ver. Staaten. 3 Schuylkillbrücke bei Philadelphia, Ver. Staaten. 4 Tweedbrücke oberhalb Norham Ford, England. 5 Brücke über die Menaimeerenge bei Bangor, England. 6 Saanebrücke bei Freiburg, Schweiz. 7 Ohiobrücke bei Wheeling, Ver. Staaten. 8 Niagarabrücke bei Queenstown, Ver. Staaten. 9 Ohiobrücke bei Cincinnati, Ver. Staaten. 10 Niagarabrücke bei Clifton, Ver. Staaten. 11 Brooklynbrücke über den East-River in New York. 1903: (12) Williamsburgbrücke über den East-River in New York, 487,7 m (vollendet 1903).

Bezeichnen ſchließlich m die Anzahl der Tragſtangenreihen, auf welche ſich vorſtehende Gleichungen beziehen, λ der auf eine Tragſtange der Länge h_x entfallende Teil der Spannweite, und d_1, γ_1, σ_1 Durchmeſſer, Gewicht pro Volumeneinheit und zuläſſige Beanſpruchung pro Querſchnittseinheit Tragſtange, dann hat man für die ganze Beanſpruchung der letzteren:

$$T=\frac{\lambda g_0}{m}+\frac{\pi d_1^2}{4}\gamma_1 h_x+\frac{\lambda q}{m(1+\beta)}=\frac{\pi d_1^2}{4}\sigma_1,$$

woraus der nötige Durchmeſſer der Tragſtangen:

$$d_1=2\sqrt{\frac{\lambda}{\pi m}\cdot\frac{g_0+\frac{q}{1+\beta}}{\sigma_1-\gamma_1 h_x}}. \qquad 58.$$

Sollen die Tragſtangen alle gleich ſtark werden, ſo iſt für h_x die größte Länge einer ſolchen zu ſetzen, bei Vernachläſſigung des Eigengewichts jedoch hat man $h_x=0$.

Den Konſtruktionskoeffizienten μ wählte beiſpielsweiſe Kübler [22] bei ſeinem Projekte der Schwurplatzbrücke (Eliſabethbrücke) in Budapeſt ($l=314$ m, $f=27{,}5$ m) für Kabel aus Gußſtahldraht $\mu=1{,}07$, für Ketten aus Flußeiſen, Flußſtahl oder Tiegelgußſtahl $\mu=1{,}15$. Der Wert von β, welcher bei Anwendung von Verſteifungsträgern mit Zwiſchengelenk gleich 0 iſt, könnte auch im Falle von Verſteifungsträgern ohne Zwiſchengelenk bei der vorläufigen Berechnung 0 geſetzt werden, Kübler nahm bei jener Brücke an $\frac{1}{1+\beta}=0{,}96$. Auch das Trägheitsmoment des Verſteifungsträgers J läßt ſich vorläufig berechnen. Mit einem von Schwend gegebenen Ausdruck [15], S. 32, und dem Ausdruck 57. erhielt der Verfaſſer aus 32. für das Küblerſche Projekt der Budapeſter Brücke $\beta=0{,}0225$.

Der Urſprung der Hängebrücken iſt nicht bekannt. In China, wo ſie ſich als Seilbrücken am weiteſten zurückverfolgen laſſen (bis etwa ins dritte Jahrhundert unſrer Zeitrechnung, vgl.

Engineer 1872, S. 139), wurden auch zuerſt eiſerne Ketten verwendet. Ein zwiſchen 1595 und 1616 zu Venedig erſchienenes Werk von Fauſto Veranzio (Machinae novae etc.) ſtellt verſchiedene Hängebrücken dar. 1796 führte Finlay zwiſchen Town und Greenburg in den Vereinigten Staaten eine Straßenbrücke von 21,3 m Spannweite nach der jetzt gebräuchlichen Anordnung aus (Fahrbahn durch Tragſtangen an den Ketten aufgehängt, welche über die Pylonen weg zu den tieferliegenden Verankerungen reichen). Die erſte Drahtſeilbrücke wurde 1815 bei Pittsburg in Amerika mit 124,4 m Spannweite und zwei Kabeln aus je drei Drähten von 9,5 mm Dicke erbaut, ſie fand beſonders in Amerika und Frankreich zahlreiche Nachahmungen. Erſt nach und nach wurde genügende Verſteifung erreicht, wie ſie beiſpielsweiſe für Eiſenbahnbrücken unerläßlich iſt. 1850—55 führte Röbling die erſte Eiſenbahnhängebrücke, von 250,3 m Spannweite, über den Niagara aus. Fig. 14 zeigt die Zunahme der Spannweiten von Hängebrücken im 19. Jahrhundert [27]. Die größte Spannweite einer ausgeführten Hängebrücke beſaß lange die Brooklynbrücke über den East-River in New York, 486,3 m [8], ſie wird jetzt überboten durch die 1903 vollendete Williamsburgbrücke über den East-River in New York mit 487,7 m Spannweite der Hauptöffnung [34], [36], S. 289. Die vier Kabel dieſer Brücke enthalten je 7696 Drähte von 4,88 mm Durchmeſſer. Größte Brückenſpannweite überhaupt bisher 521,2 m, in Ausführung begriffen 548,9 m, vgl. Gelenkträger, durchlaufender, und Spannweite.

Literatur: [1] Navier, Rapport et Mémoire sur les ponts suspendus, Paris 1823. — [2] Malberg, Hiſtoriſch-kritiſche Bemerkungen über Hängebrücken, Zeitſchr. f. Bauweſen 1857, S. 225, 559, und 1859, S. 397, 547. — [3] Hager, Die Eiſenbahn-Draht-Hängebrücke über den Niagara in Amerika, Civilingenieur 1858, S. 27, 113. — [4] Steiner, Ueber Brückenbauten in den Vereinigten Staaten, Wien 1878, S. 161. — [5] Müller-Breslau, Theorie der durch einen Balken verſteiften Kette, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, S. 57 (erſte befriedigende Berechnung der Verſteifungsträger, zunächſt für eine Oeffnung, Berückſichtigung von Verſchiebungen über den Pylonen und damit mehrerer Oeffnungen f. [10], [15]). — [6] Heinzerling, Die eiſernen Hängebrücken (Die Brücken der Gegenwart, 5. Heft), Leipzig 1882. — [7] Ritter, Statiſche Berechnung der Verſteifungsfachwerke der Hängebrücken, Schweiz. Bauztg. 1883, I, S. 6, 14, 19, 23, 31, 36. — [8] Szen, Die East-Riverbrücke, insbeſondere die Baugeſchichte derſelben, Deutſche Bauztg. 1883, S. 547, 560 (ſ. a. Schweiz. Bauztg. 1883, I, S. 148, und Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1884, S. 98, 118). — [9] Fiſcher, Experimentelle Unterſuchungen über die Zugfeſtigkeit und Zugelaſtizität von Metalldrähten, Civilingenieur 1884, S. 391. — [10] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1885, S. 121, 125 (vgl. Zeitſchr. f. Baukunde 1882, S. 104). — [11] Winkler, Theorie der Brücken, I, Aeußere Kräfte der Balkenträger, Wien 1886, S. 185. — [12] Lévy, Mémoire sur le calcul des ponts suspendus rigides, Annales des ponts et chaussées 1886, II, p. 179. — [13] Steiner, Theorie ſtatiſch unbeſtimmter Syſteme unter Berückſichtigung der Anfangsſpannung, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S. 179 (vgl. Wochenſchr. d. Vereins 1887, S. 107). — [14] Beſtimmungen für die Unterſuchung der franzöſiſchen Hängebrücken, Zentralbl. der Bauverwalt. 1887, S. 171. — [15] Schwend, Ueber Berechnung und Konſtruktion von Hängebrücken, Leipzig 1887. — [16] Rudeloff, Unterſuchungen über die Beziehungen zwiſchen der Zugfeſtigkeit von Drahtſeilen und deren Konſtruktion, Mitteil. d. Berliner Verſuchsanſtalten 1889, S. 128. — [17] Tetmajer, Mitteil. d. eidg. Feſtigkeitsanſtalt, 4. Heft, Zürich 1890, S. 227 (auch 3. Heft, Zürich 1886, S. 77). — [18] Report of board of Engineer officers as to a maximum span practical for suspension bridges, Waſhington 1894 (Auszug in [27], S. 630, 634). — [19] Zſchetzſche, Der internationale Wettbewerb um zwei in Budapeſt zu erbauende Straßenbrücken, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1894, S. 979, 1035, 1119, 1238 (Hängebrücke von Kübler, S. 982, f. a. 1900, S. 558, 592 und dagegen [22]). — [20] Godard, Recherches sur le calcul des tabliers des ponts suspendus, Ann. des ponts et chaussées 1894, II, S. 105. — [21] Kübler, Preisgekrönte Entwürfe von Brücken, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1895, S. 861. — [22] Derſ., Die Brückenkonkurrenzen in Budapeſt, Turin und Bonn, Monatsſchr. d. württ. Vereins f. Baukunde 1895—96, S. 24 (Koſtenvergleiche). — [23] Lindenthal, Die projektierte Brücke über den Hudſon (North-River) bei New York (Spannweite 945 m), Ann. f. Gewerbe u. Bauweſen 1896, S. 93, 113. — [24] Mehrtens, Hängebrücken der Neuzeit, „Stahl und Eiſen“ 1897, S. 495, 868, 1049. — [25] Straßenbrücke über die Argen bei Langenargen, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing., 1899, S. 11. — [26] Melan, Zur Beſtimmung der Spannungen in den durch einen geraden Balken mit Mittelgelenk verſteiften Hängeträgern, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1900, S. 553. — [27] Weyrauch, Ueber die Zunahme der Brückenſpannweiten im 19. Jahrhundert, Zeitſchr. f. Bauweſen 1901, S. 465, 617. — [28] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, Bd. 1, Leipzig 1901, S. 404; Bd. 2, Leipzig 1903, S. 167, 265, 289, 418, 433. — [29] Hrabak, Die Drahtſeile, Berlin 1902 (ſ. a. Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1902, S. 716; 1903, S. 27, 29, 44, 138; 1904, S. 433; 1905, S. 114, 685). — [30] Benndorf, Beiträge zur Theorie der Drahtſeile, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1904, S. 433, 449. — [31] Die Eiſenkonſtruktion der Elisabethbrücke in Budapeſt, Schweiz. Bauztg. 1904, XLIV, S. 1, 42, 53. — [32] Müller-Breslau, Neuere Methoden der Feſtigkeitslehre, Leipzig 1904, S. 55, 195. — [33] Dirkſen, Die drei neuen East-River-Brücken, Zentralbl. der Bauverw. 1904, S. 117, 136, 141. — [34] Bernhard, Die Williamsburgbrücke über den East-River in New York, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1904, S. 1213, 1308 (ſ. a. 1901, S. 317). — [35] Bohny, Theorie und Konſtruktion verſteifter Hängebrücken, Leipzig 1905. — [36] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2, 5. Abt.: Eiſerne Bogenbrücken und Hängebrücken (von Melan), Leipzig 1906. — S. a. Kabel, Kettenlinien, Drahtſeile, Drahtprüfungen, Verſteifungsbalken, und Träger, zuſammengeſetzte; vgl. Hängebrücken, feſte.

Weyrauch.

Hängebrücken ſind dadurch gekennzeichnet, daß das Tragwerk derſelben nach dem Prinzip der Hängewerksträger durch eine horizontal oder ſchräg geführte Verankerung an feſte Stützpunkte angeſchloſſen iſt, wodurch letztere einen

nach dem Innern der lichten Weite gerichteten Zug erfahren und auch in den Hauptteilen der Tragkonſtruktion vornehmlich Zugſpannungen auftreten. Als Konſtruktionsmaterial kommt nur Eiſen und Stahl in Betracht.

Die erſten eiſernen Brücken ſind als Hängebrücken erbaut worden. Es gehören zu dieſen heute veralteten Ausführungen die aus der erſten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ſtammenden Kettenbrücken (unter welchen die Cliftonbrücke bei Briſtol mit 214 m und die Donaubrücke zu Peſt mit 203 m die größten Spannweiten beſitzen) und die unverſteiften Drahtſeilbrücken (Saanebrücke bei Freiburg mit 273 m Spannweite) — durchwegs ſchlaffe Konſtruktionen mit gar keiner oder nur wenig wirkſamer Verſteifung. Bei wechſelnder ungleichmäßiger Belaſtung ſucht die Kette oder das Seil dieſer Brücken jene Form anzunehmen, welche der Gleichgewichtslage entſpricht, und die Folge davon ſind ſtarke lotrechte Schwankungen der Fahrbahn unter einer bewegten Laſt, welche um ſo größer werden, je geringer die bleibende Belaſtung durch das Eigengewicht im Verhältnis zur zufälligen Belaſtung iſt. Auch zeigen dieſe älteren Hängebrücken unter Zugrundelegung der jetzt üblichen Belaſtungsverhältniſſe meiſt viel höhere Inanſpruchnahmen, als bei den neueren Konſtruktionen als zuläſſig erachtet wird. Dieſer Umſtand ſowie konſtruktive Mängel (ungleiche Längen der einzelnen Kettenſtäbe und infolgedeſſen ungleiche Beanſpruchung derſelben, mangelhafte Anordnung der Auflagerſättel), ſchlechte Erhaltung und das durch die fortwährenden Bewegungen bewirkte Ausſchleifen und Schlottrigwerden der Kettenbolzen haben den Zuſtand der meiſten beſtehenden Kettenbrücken im Laufe der Zeit ſehr verſchlechtert und bei vielen zu Verſtärkungen [4], [5] oder zu gänzlichem Umbau genötigt.

Heute werden nur ſolche Hängebrückenſyſteme angewendet, welche ſich als ſteife Konſtruktionen darſtellen, und es iſt beſonders in letzter Zeit im Zuſammenhange mit Aufgaben der Ueberſpannung großer Weiten dieſem Brückenſyſtem wieder mehr Aufmerkſamkeit zugewendet worden.

Zu den Vorteilen des Hängebrückenſyſtems gehören: die geringe Konſtruktionshöhe, welche Eigenſchaft es mit allen jenen Syſtemen teilt, deren Tragkonſtruktion über der Fahrbahn liegt; die Freihaltung der ſeitlichen Ausſicht und die geringe Behinderung des Querverkehrs auf der Brücke bei außerhalb der Tragwände gelegenen Fußwegen; das leichte Ausſehen der Hängebrücke, welches ſie bezüglich ihrer äſthetiſchen Wirkung den Bogenbrücken an die Seite ſtellt; die Möglichkeit, Stahl in Form von Draht, alſo ein Material von hoher Feſtigkeit, zu den Hauptteilen der Hängeträger verwenden und dadurch ſehr große Spannweiten erreichen zu können (nach angeſtellten Berechnungen wäre die praktiſch ausführbare Grenze der mit einer Stahlkabelbrücke erreichbaren Spannweite 1320 m [6]); endlich die Möglichkeit, die Aufſtellung ohne oder nur mit ſehr ſparſamer Anwendung feſter Gerüſte bewerkſtelligen zu können.

Von den Einwänden, die gegen das rationell durchgebildete Hängebrückenſyſtem geltend gemacht werden, iſt wohl nur der von Belang, daß wichtige Teile der Eiſenkonſtruktion, die Verankerung, von deren gutem Zuſtande die Haltbarkeit der Brücke in erſter Linie abhängt, einer regelmäßigen Unterſuchung nur ſchwer zugänglich gemacht werden können.

Schon bei den älteren Konſtruktionen der Hängebrücken war man bemüht, die durch ihre Schlaffheit bedingten vertikalen Schwankungen herabzumindern und in gewiſſen Grenzen zu halten und hat dies zu erreichen geſucht: a) durch Verſteifung der Fahrbahn mittels ſtärkerer Unterzüge oder durch Anbringung eines kräftigeren, meiſt in Form eines hölzernen Howeſchen Trägers oder eines eiſernen Gitters ausgebildeten Geländers; b) durch Anordnung gerader Hilfsſeile, welche, von den Köpfen der die Kettenauflager tragenden Pfeileraufbauten in fächerförmiger Anordnung ausgehend, die gegen die Pfeiler zu gelegenen Teile der Fahrbahn mittragen und in ihrer Höhenlage fixieren ſollen. Man findet dieſe Hilfsſeile insbeſondere bei den amerikaniſchen Drahtſeilbrücken angewendet; es wird dadurch eine Entlaſtung der Hauptkabel oder Ketten erzielt, weshalb man von dieſer Anordnung auch bei der Rekonſtruktion ſchwacher Hängebrücken Gebrauch gemacht hat. Zu erwähnen wäre endlich noch c) die früher übliche Verbindung des Kabels durch ſchräge Zugſeile mit dem Widerlager.

Hängebrücken können entweder bloß über eine Oeffnung oder durchgehend über mehrere Oeffnungen geſpannt werden. Enthält die Brücke nur eine einzige Oeffnung, ſo werden auf den Landpfeilern über die Fahrbahn ragende Aufbauten, ſogenannte Pylonen, angebracht, welche die Auflager der Hängeträger ſtützen, und der auftretende Horizontalzug wird von ſchrägen Rückhalte- oder Spannketten aufgenommen, die vom Pylonenkopfe nach rückwärts zur Verankerung gehen. Nur bei ganz kleinen Brücken kann die Verankerung auch in den Pylonen ſelbſt angebracht ſein. Schließen ſich an eine Hauptöffnung ſeitlich kleinere Landöffnungen an, die mit unabhängigen Tragkonſtruktionen überſpannt ſind, ſo wird hierdurch kein grundſätzlicher Unterſchied in der Anordnung der Hauptöffnung bedingt.

Erhält die Brücke ein über mehrere Oeffnungen reichendes Tragwerk, welches nur an den Endwiderlagern verankert iſt, ſo würde zunächſt eine ſchlaffe Konſtruktion (Seil oder Kette) unter einer gleichmäßigen Belaſtung (Eigengewicht) eine ſolche Gleichgewichtslage annehmen, daß ſich die Pfeilhöhen der Kettenbögen wie die Quadratzahlen der Spannweiten verhalten. Eine ungleiche Belaſtung der einzelnen Oeffnungen würde bedeutende Formänderungen hervorrufen, vorausgeſetzt, daß die Lager auf den Mittelpfeilern verſchiebbar ſind oder die Ketten über dieſe gleiten können. Eine ſchlaffe Konſtruktion wäre demnach nur dann überhaupt anwendbar, wenn das Eigengewicht hinreichend groß iſt, um keine zu großen Verſchiebungen der Mittellager eintreten zu laſſen. Im andern Falle bedingt die Anordnung eines über mehrere Oeffnungen kontinuierlichen Hängewerkes die Anwendung ſteifer Träger. Dieſe werden aber auch nur ſelten über mehr als drei Oeffnungen geführt, da mit wachſender Felderzahl der wirtſchaftliche Vorteil der Anordnung von Hängeträgern ſchwindet und anderſeits die Formänderungen zunehmen. Am häufigſten bietet ſich der Fall dar, daß an eine große Mittelöffnung beiderſeits

nur etwa halb so große Seitenöffnungen anschließen. Dann wird man in der Regel nur an den Mittelpfeilern die Auflager der Hängeträger über die Fahrbahn erhöhen, hingegen auf den Landpfeilern keine Pylonen aufstellen.

Bei den neueren Konstruktionssystemen versteifter Hängebrücken können die folgenden Anordnungen unterschieden werden:

1. Ketten- oder Kabelbrücken mit Versteifungsbalken. Das Tragwerk besteht aus einem nach der Seillinie hängenden Zuggurte, an welchen mittels Hängestangen eine Balkenbrücke (Blech- oder Fachwerksträger) angehängt ist (Fig. 1). Den Balkenträgern fällt die Aufgabe zu, die Formänderungen des Kettengurtes oder Kabels in jenen Grenzen zu halten, welche seiner elastischen Einbiegung entsprechen, so daß bei entsprechender Steifigkeit der Träger der Kettengurt seine Gleichgewichtslage auch bei wechselnder Belastung nur unmerklich ändern wird. Der Balkenträger verteilt auch eine ungleichmäßige Belastung über die ganze Spannweite der Kette so, daß die Spannungen der Hängestangen in jenem Verhältnisse bleiben, wie es die Gleichgewichtsform der Kette verlangt. Ueberspannt der Versteifungsträger bloß eine Oeffnung oder sind bei mehreren Oeffnungen die Versteifungsträger an den Auflagern unterbrochen oder als Gerberträger ausgeführt, so ist das System hinsichtlich der äußeren Kräfte einfach statisch unbestimmt. Durch Anbringung eines Mittelgelenkes im Versteifungsträger wird statische Bestimmtheit erreicht. Diese bereits 1860 von Schwarz vorgeschlagene Anordnung empfiehlt sich vom theoretischen Standpunkte; sie hat aber gewisse praktische Nachteile, größere Einsenkungen und bei gelenkloser Ausbildung des Zuggurtes das Auftreten vermehrter Biegungsspannungen in dem über dem Gelenke gelegenen Kabel- oder Gurtquerschnitte zur Folge. Aus diesem Grunde hat man bei den bisherigen Anwendungen dieses Brückensystems von der Anordnung eines Gelenkes im Versteifungsträger abgesehen. Ueberhaupt hat dieses Hängebrückensystem erst in neuerer Zeit durch die Entwicklung der Theorie (man sehe Literaturverzeichnis in [1]) eine richtige Grundlage erhalten.

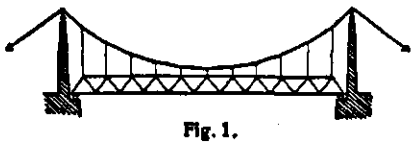


Fig. 1.

Hervorragende Beispiele dieser Art von versteiften Hängebrücken sind die amerikanischen Kabelbrücken, insbesondere die beiden East-River-Brücken, und zwar die 1876 erbaute Brooklynbrücke und die 1903 vollendete Williamsburgbrücke. Die Hauptabmessungen dieser beiden derzeit größten bestehenden Hängebrücken sind nachstehend zusammengestellt:

	Brooklynbrücke m	Williamsburgbrücke m
Mittelöffnung von Mitte zu Mitte der Türme	486,30	487,67
Seitenöffnungen	283,46	181,81
Höhe der Kabelauflager über Hochwasser	82,90	101,41
Pfeilhöhe der Kabel bei mittlerer Temperatur	39,01	54,25
Höhe der Versteifungsträger	2 zu 3,0 4 „ 5,6	2 zu 11,2—12,2
Zahl und Durchmesser der Kabel	4 zu 397 mm	4 zu 473 mm
Zahl der Drähte in einem Kabel	5296	7696
Drahtstärke	4,3 mm	4,88 mm
Breite der Brücke	25,91 m	35,96 m.

Brooklynbrücke: ein Fußweg 4,57 m, zwei Eisenbahngleise 6,71 m, „ Fahrbahnen 10,97 m.

Williamsburgbrücke in zwei Etagen: zwei Fußwege 6,40 m, „ Radfahrbahnen 4,27 m, „ Eisenbahngleise 6,71 m, vier elektr. Straßenbahngleise 12,19 m, zwei Fahrbahnen 12,19 m.

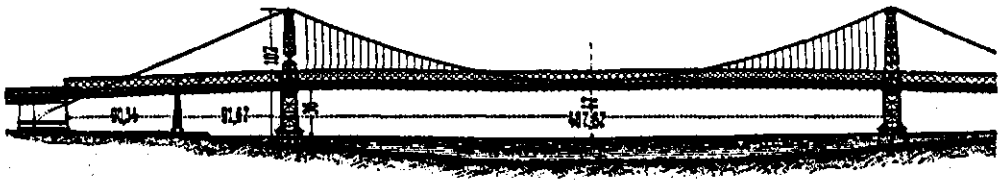


Fig. 2. Zweite Brücke über den East-River in New York.

Während die Brooklynbrücke durch die ungleiche Lastverteilung auf die sechs Versteifungsträger und durch die Anordnung zahlreicher von den Pfeilerköpfen ausgehenden, geraden Hilfsseile vielfach statisch unbestimmt ist, zeigt die Williamsburgbrücke (Fig. 2) viel größere Klarheit in der Gesamtanordnung und eine dem heutigen Stande der Theorie entsprechende Durchbildung dieses Brückensystems. Bemerkenswert ist auch der von einem Expertenkomitee amerikanischer Ingenieure aufgestellte Entwurf für die Ueberbrückung des Hudson mit einer Mittelöffnung von 981 m (Fig. 3) [7], gegenwärtig und wohl auch für eine weite Zukunft das großartigste Brückenbauproblem, das überhaupt nur mit Anwendung des Hängebrückensystems zu lösen ist. Der Versteifungsträger ist bei diesem Projekte in der Mitte durch ein Gelenk geteilt. Hervorzuheben ist noch, daß die amerikanischen Anwendungen dieses Systems ausnahmslos auf der Verwendung von Drahtkabeln (aus parallelliegenden Stahldrähten, s. Kabel für Brücken) beruhen und daß hierzu Gußstahldraht von rund 12000 kg/qcm Festigkeit und 4% Längendehnung in Stärken von 4—6,5 mm benutzt wird [6]. Die Inanspruchnahme solcher Kabel wird mit 3000—3500 kg/qcm als zulässig erachtet.

Die Frage, ob für dieſes Hängebrückenſyſtem Kette oder Kabel zu wählen iſt, wird ſich einerſeits durch den Koſtenvergleich, anderſeits durch die Rückſichtnahme auf etwaige Ausführungserleichterungen, welche die eine oder andre Konſtruktion bietet, beantworten laſſen. Eine Kette wird auch dann, wenn ſie aus Augenſtäben und aus Material von höherer Feſtigkeit hergeſtellt iſt, ſchwerer als ein Stahlkabel. Zieht man jedoch den höheren Einheitspreis des Kabels in Betracht, ſo ergibt ſich, daß für Spannweiten bis zu etwa 200 m die Kette gegenüber dem Kabel im allgemeinen noch im Vorteil iſt. Rückſichten auf die Ausführung können aber Veranlaſſung geben, die Kette auch noch für größere Spannweiten anzuwenden (Eliſabethkettenbrücke in Budapeſt, Fig. 4), doch wird dies nur dann wirtſchaftlich zweckmäßig ſein, wenn dazu Stahl von hoher Feſtigkeit genommen wird.

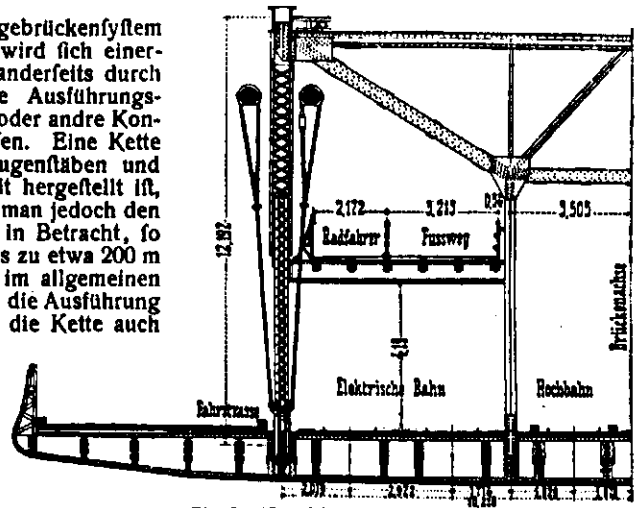


Fig. 2a (Querſchnitt von Fig. 2).

In Europa hat dieſes Hängebrückenſyſtem unter Verwendung von Drahtſeilen insbeſondere in Frankreich und in der Schweiz für leichte Straßenbrücken Anwendung gefunden. Deutſchland beſitzt in der 1898 erbauten Straßenbrücke zu Langenargen mit 72 m Spannweite ein modernes, gut konſtruiertes Bauwerk dieſer Art, und als bedeutendſte Ausführung und zugleich als weiteſtgeſpannte Hängebrücke auf dem Kontinente iſt die 1903 vollendete Eliſabethkettenbrücke über die Donau in Budapeſt (Fig. 4) zu nennen (Mittelſpannweite 290 m). Dieſe Brücke, urſprünglich von Kübler als Kabelbrücke projektiert, erhielt vier Ketten aus Martinflußeiſen. Die Kettenglieder, welche bis zu 15 m Länge haben, ſind aus Augenſtäben zuſammengeſetzt, und zwar ſind 19 und 20 Stäbe zu einem Gliede vereinigt. Die Stäbe ſind 15—25 mm ſtark, 400—880 mm breit; ſie wurden aus Breiteiſen ausgeſräſt. Der Verſteifungsträger hat in der Mitte die geringe Höhe von 4,75 m; er iſt kontinuierlich über die Seitenöffnungen geführt und an den Endauflagern verankert. Das Trägerſyſtem iſt dreifach ſtatiſch unbeſtimmt. Die Pylonen, welche die Kettenauflager tragen, ſind als Pendelſtützen konſtruiert.

Fig. 3. Projekt für die Ueberbrückung des Hudſon.

Sonſt iſt dieſes Brückenſyſtem nur noch in einigen durch nachträgliche Einfügung von Verſteifungsträgern verſtärkten Kettenbrücken [4] vertreten; es hat aber in neuerer Zeit größere Beachtung gefunden und ſind bei den Wettbewerben für die Rheinbrücken zu Bonn und Worms von der Maſchinenfabrik Nürnberg gut durchgebildete derartige Projekte aufgeſtellt worden [10], [11].

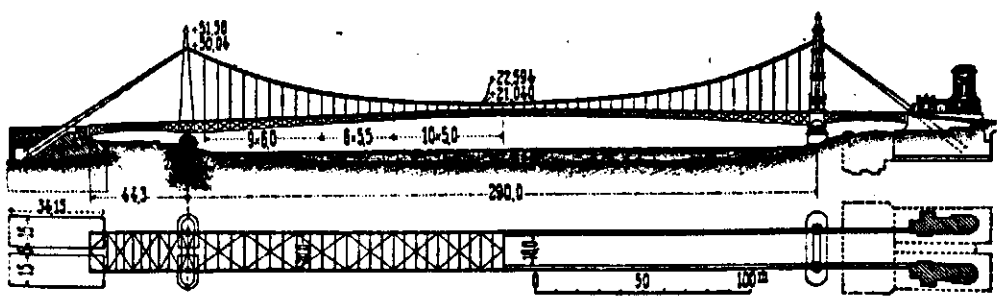


Fig. 4. Schwurplatzbrücke in Budapeſt.

Das Projekt „Bonner Wappen" für die Rheinbrücke bei Bonn weiſt eine Mittelöffnung von 225 m und zwei Seitenöffnungen von je 112,5 m Stützweite auf (Fig. 5). Die Verſteifungsbalken ſind Fachwerksträger, die an den Mittelpfeilern unterbrochen und horizontal verſchiebbar gelagert ſind. Das Syſtem iſt einfach ſtatiſch unbeſtimmt. Die Kette beſteht aus einer größeren Zahl von lotrecht geſtellten Blechen, welche in den Anknüpfungspunkten der Hängeſtangen Bolzengelenke haben. In den Seitenöffnungen bildet die Kette einen Teil des Gurtes des Verſteifungsträgers. Ueber die auf den Pylonen beweglich angeordneten Auflagerſättel ſowie auch in den Verankerungen ſind die Ketten in Form von wagerechten Blechen geführt.

Fig. 5. Entwurf „Bonner Wappen" für die Rheinbrücke bei Bonn.

Das Projekt „Eifenkette" für die Rheinbrücke zu Worms hat drei Stromöffnungen, zu 103 m, 116 m und 103 m, für welche verfteifte Hängeträger mit kontinuierlich durchgehendem Verfteifungsbalken gewählt find. An diefe fchließen fich beiderfeits noch je eine kleine Oeffnung von 35 m, über welche die Rückhalteketten zur Verankerung geführt find. Die Träger diefer kleinen Oeffnungen ftehen mit der Kette nicht in Verbindung. Die Auflager der Kette liegen bei den beiden mittleren Strompfeilern höher als auf den Landpfeilern. Bei den letzteren find Rollenlager, bei den erfteren Pendelftützen auf fphärifchen Lagern vorgefehen. Sonft ift die Konftruktion der Kette die gleiche wie bei dem vorbefchriebenen Entwurfe. Wegen des durchgehenden Verfteifungsträgers ift das Syftem dreifach ftatifch unbeftimmt.

Die Anhängung der Fahrbahn bezw. der Verfteifungsträger bei diefem Brückenfyfteme wird bei Kabelbrücken in der Regel durch Drahtfeile bewerkftelligt, während bei Kettengurten Hängeftangen aus Rundeifen oder mit ftelfem, aus Profileifen zufammengefetztem Querfchnitte angewendet werden. Die Aufhängung erfolgt entweder an den verlängerten Querträgerenden (Budapefter Brücke) oder am Obergurt des Verfteifungsträgers (Rheinbrücken). Hängefeile oder Hängeftangen müffen in ihrer Länge regulierbar fein. Zur Erhöhung der Horizontalfteifigkeit der Brücke werden die Kabel häufig in nach einwärts geneigte Ebenen gelegt; bei Ketten wird man durch Anordnung wenigftens einzelner ftelfer Hängeftangen den Horizontalfchwankungen der Fahrbahn entgegenarbeiten. Zwifchen den Kabeln oder Ketten werden aber in der Regel keine Querverbindungen (außer zwifchen den Pylonen) oder Windftreben angebracht, fondern letztere nur auf die Ebene zwifchen den Untergurten der Verfteifungsträger befchränkt.

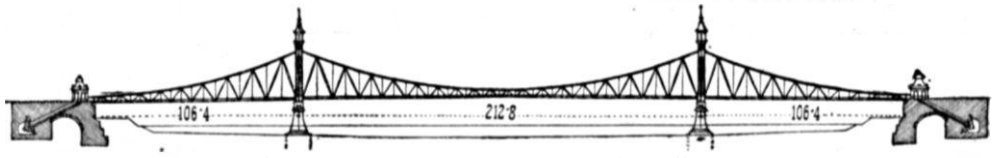


Fig. 6. Projekt für die Rheinbrücke bei Bonn (Kübler).

2. Fachwerkshängebrücken. Das Tragwerk der in diefe Gruppe einzureihenden Hängebrücken kann in allen Fällen als ein umgekehrter Fachwerksbogen aufgefaßt werden, deffen Widerlagspunkte eine kleine Horizontalverfchiebung, hervorgerufen durch die Ausdehnung der Rückhalteketten oder durch die Formänderung der angrenzenden Felder, erfahren. Wie bei den Fachwerksbogen können auch bei diefen Hängeträgern drei Hauptformen unterfchieden werden:

a) Träger mit ausgefachten Bogenzwickeln bezw. mit Ausfachung zwifchen dem Kettengurte und dem annähernd wagerechten, in Fahrbahnhöhe gelegenen Untergurte (Fig. 5). Erfterer ift nach der Kettenlinie oder nach einer ihr nahekommenden Kurve (Parabel oder Hyperbel) polygonal geformt und nimmt die Eigengewichts- und auch eine totale gleichmäßige Belaftung nahezu allein auf; er wird bei nicht zu kleinem Verhältnis des Eigengewichts zur zufälligen Laft überhaupt nur auf Zug beanfprucht, fo daß er auch als Kabel ausgeführt werden kann. Das letztere ift der Fall bei der von Barlow 1862 erbauten Lambethbrücke in London, welche die erfte Anwendung diefes Trägerfyftems, allerdings in unvollkommener und nicht klarer Durchführung, darftellt.

Ein gut durchgebildetes Beifpiel einer derartig verfteiften Kabelbrücke zeigt der von der Mafchinenfabrik Eßlingen aufgeftellte Entwurf für die Rheinbrücke bei Bonn [10] (Fig. 6) mit einer Mittelöffnung von 212,8 m und zwei Seitenöffnungen von je 106,4 m Weite. Das parabolifch geformte Gußftahlkabel ift durch einfache Dreiecksausfachung mit dem annähernd horizontalen Untergurt in Verbindung gebracht. Die Auflagerfättel auf den Pylonen find horizontal beweglich. Das Syftem diefer Hängeträger ift einfach ftatifch unbeftimmt, und es war ein eigenartiger Montierungsvorgang in Ausficht genommen, um die Grenzfpannungen im Untergurt und in den Ausfachungsftäben herabzufetzen. Es follte nämlich zunächft an die Kabel das ganze Eigengewicht und die halbe Verkehrslaft durch die Vertikalpfoften angehängt werden, die Schrägftäbe der Ausfachung follten alfo erft dann eingezogen werden, wenn die fertige Brücke mit der halben Verkehrslaft total belaftet war. Es werden alsdann fämtliche Stäbe der Ausfachung und des Untergurtes bei wechfelnder Belaftung ebenfo ftark gedrückt wie gezogen, und es ift ihre größte Spannung gleich dem arithmetifchen Mittel aus den beiden Grenzfpannungen durch die volle Verkehrslaft. Die Ausbildung der Knotenpunkte, welche derart fein muß, daß die Ausfachungsftäbe ihre Kräfte an das Kabel abgeben können, macht aber gewiffe Schwierigkeiten, und es befteht dafür noch keine ganz befriedigende Löfung.

Von den ausgeführten Fachwerkshängebrücken mit genietetem, aus Blechen und Winkel-

eiſen zuſammengeſetztem Zuggurte ſind zu erwähnen der 1869 von Schmick erbaute Steg über den Main zwiſchen Frankfurt und Sachſenhauſen, mit einer Mittelöffnung von 82 m, und die Brücke über die Elbe bei Loſchwitz (ſchematiſche Skizze in Fig. 7). Dieſes letztere, 1893 von Köpcke errichtete Brückenbauwerk iſt nicht nur durch ſeine namhaften Dimenſionen, ſondern auch durch mehrfache konſtruktive Einzelheiten von beſonderem Intereſſe. Die Mittelöffnung hat 146,68 m, die beiden Seitenöffnungen haben je 61,76 m Weite. Die Pfeilhöhe der Mittelöffnung iſt 24 m. Der obere Zuggurt hat in der Mittelöffnung die Form einer Hyperbel, in den Seitenöffnungen iſt er nach einem Kreisbogen gekrümmt. Der Untergurt iſt gerade.

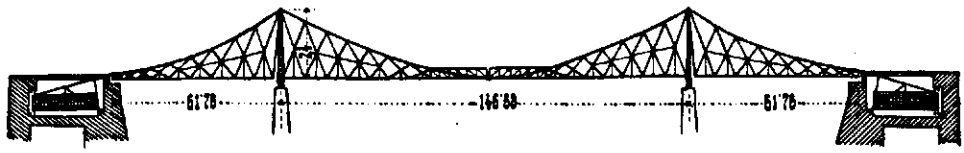


Fig. 7. Elbebrücke bei Loſchwitz (Köpcke).

Die Ausfachung iſt als zweiteiliges Syſtem mit durchweg geneigten Stäben ausgeführt, und beträgt die Querträgerentfernung faſt durchweg 3,86 m, die Knotenweite der Ausfachung gegen die Mittelpfeiler hin aber 7,72 m, ſo daß hier die zwiſchen den Knotenpunkten liegenden Querträger mittels Hängeeiſen an den Kreuzungspunkten der Gitterſtäbe aufgehängt wurden. Die Hängeträger haben gleich jenen der Frankfurter Brücke ein Mittelgelenk, ſind ſonach hinſichtlich der angreifenden Kräfte vollkommen ſtatiſch beſtimmt. In dem Gelenke ſind die beiden Gurtungen vollſtändig zuſammengeführt, dasſelbe iſt ſonach in die Ebene der Fahrbahn bezw. Windverſtrebung gelegt, was für die Horizontalſteifigkeit der Brücke von großem Werte iſt. Zur Aufnahme der Vertikalkräfte und zur Herſtellung der erforderlichen Widerſtandsfähigkeit gegen Biegung in dem in der Tragwandhöhe ſehr reduzierten Mittelteile iſt daſelbſt ein gerader Verſteifungsträger angebracht (nach Köpckes Syſtem [13]), der natürlich über dem Mittelgelenk unterbrochen iſt, wobei aber beide Teile durch zwei kreuzweiſe befeſtigte vertikale Federplatten (ſ. Gelenke) ſo verbunden ſind, daß eine Uebertragung der bei unſymmetriſcher Belaſtung auftretenden Vertikalkräfte ſtattfindet. Später hat man ſich veranlaßt geſehen, auch noch die Obergurte der beiden Hälften des Verſteifungsträgers durch ein übergreifendes eingeklemmtes Horizontalblech auf Reibung zu verbinden, um insbeſondere kleinere Schwingungen hintanzuhalten, ohne in die Konſtruktion eine weſentliche ſtatiſche Unbeſtimmtheit zu bringen. Die Pylonen ſind mit den Trägern der Mittelöffnung in feſter Verbindung und bilden deren Endſtänder; ſie ſind auf Rollenlager geſtellt und am oberen Ende mit den Trägern der Seitenöffnung wieder mittels Federgelenken verbunden. Eigenartig iſt ferner die Verankerung [12]. Sie iſt ſo ausgeführt, daß ſie in allen Teilen vollkommen zugänglich iſt. In einer geräumigen Kammer des Widerlagermauerwerks liegt eine hebelartig wirkende Ankerkonſtruktion, welche mit ca. 1500 t Schlacke und Roheiſen belaſtet iſt und hierdurch den Zug der Hängeträger aufnimmt bezw. in einen Schub im Stützpunkte des Hebels umſetzt. Natürlich iſt, um der wechſelnden Größe des Horizontalzuges infolge Belaſtung Rechnung zu tragen, das Ende des Ankerhebels nicht freiſchwebend, ſondern nach unten und auch nach oben geſtützt; die Ankerbelaſtung iſt aber ſo hoch bemeſſen, daß ein Druck nach aufwärts nur bei einer kaum vorkommenden Vollbelaſtung der Brücke auftreten würde.

Von Brückenentwürfen, welche dieſes Hängeträgerſyſtem anwenden, iſt beſonders das Pfeufferſche Projekt für die Ueberbrückung der Donau in Budapeſt mit einer Oeffnung von 316,3 m zu erwähnen [9]. Die Träger haben ein Mittelgelenk in Form eines Doppelſcharniers, indem die in der gleichen Vertikalebene liegenden Bleche der beiden Zuggurthälften mittels Laſchen und zweier Gelenkbolzen verbunden ſind, außerdem aber noch ein dritter ſchwächerer Bolzen nur zwiſchen die Enden der beiden Gurthälften eingeſetzt iſt, um die vertikalen Scherkräfte aufzunehmen.

Die Auflagerung der Träger auf den Mittelpfeilern und Pylonen kann nach den in Fig. 8—11 ſkizzierten Anordnungen erfolgen. Nach Fig. 8 ſind die Obergurte mittels Bolzengelenks an ein auf den Pylonen verſchiebbares Lager *A* angeſchloſſen und die Untergurte mit dem Knotenpunkte des Endfaches horizontal beweglich gelagert (Frankfurter Hängefteg). Anſtatt dieſer Auflagerung kann der Untergurt, der aber über den Mittelpfeilern immer zu trennen iſt, mit ſeinen Endknoten nach Fig. 9 unmittelbar an den Aufhängebolzen *A* angehängt ſein. Fig. 10 zeigt die Anordnung der Loſchwitzer Brücke. Die Pylonen ſind mit der Mittelöffnung feſt verbunden und bilden deren Endſtänder, die unten auf einem beweglichen Lager aufſtehen, während die Träger der Seitenöffnung mit jenen der Mittelöffnung nur am oberen Ende der Pylonen (hier durch ein Federgelenk) in Verbindung ſind. Endlich ſtellt Fig. 11 die Anordnung nach dem Projekt der Donaubrücke dar. Die Pylonen ſind als Pendeltürme ausgeführt, an welche jedoch die Untergurte der Träger nicht feſt angeſchloſſen ſind. Unterſuchungen über günſtigſte Verhältniſſe der Knotenweiten und der Trägerhöhen unter dem Mittelgelenk in [1].

Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11.

Bei großen Spannweiten ergeben ſich bei dieſem Trägerſyſteme an den Pfeilern lange Ausfachungsſtäbe, und es erſcheint daher die zuerſt von Lindenthal bei ſeinem Projekte für

die Brücke über den St. Lorenz-Strom zu Quebec angewandte und auch für die dritte Hängebrücke über den Eaft-River (Manhattanbrücke) in Vorfchlag gebrachte Trägerform als zweckmäßig, bei welcher durch geradlinige Abbiegung des Untergurtes die größte Trägerhöhe ungefähr im Viertel der Spannweite, alfo dort entfteht, wo auch die größten Biegungsmomente unter der Verkehrslaft auftreten. Das Projekt der Manhattanbrücke (Fig. 12) zeigt eine Mittel-

Fig. 12. Manhattanbrücke über den Eaft-River in New York.

öffnung von 448 m und zwei Seitenöffnungen von je 220,9 m. Es find bei einer Gefamtbrückenbreite von 37,2 m vier Tragwände angeordnet. Zwifchen den beiden mittleren Tragwänden liegt eine 12 m breite Straßenfahrbahn, während zwifchen den äußeren Tragwänden in zwei Etagen je zwei Eifenbahngleife, im ganzen acht, angeordnet find. Der Obergurt ift als Gelenkkette aus Augenftäben gebildet, und es ift dafür Nickelftahl von hoher Feftigkeit (7000 kg/qcm) in Ausficht genommen. Die Pylonen find als Pendelpfeiler konftruiert. Es ift aber bisher noch nicht entfchieden, ob die Brücke, deren Pfeiler bereits im Baue find, nach diefem Projekte oder als Kabelbrücke mit Verfteifungsbalken ausgeführt werden wird.

Fig. 13. Monongahelabrücke bei Pittsburg.

b) Sichelförmige Hängeträger mit einem Mittelgelenk. Diefes ftatifch beftimmte Syftem ift durch die Monongahelabrücke bei Pittsburg und durch die Towerbrücke in London in hervorragender Weife vertreten. Es entfpricht einem umgekehrten Dreigelenkbogen mit im Scheitel und an den Kämpfern zufammengeführten Gurtungen.

Bei dem erfterwähnten Bauwerke (Fig. 13), einer Straßenbrücke von 243,8 m Spannweite des Mittelfeldes, ift der kettenförmige Untergurt nach der Stützlinie des Eigengewichtes geformt, fo daß im unbelafteten Zuftand der Brücke die Verfteifungskonftruktion keine Beanfpruchung erfährt. Letztere befteht aus zwei geraden Balken, welche die Obergurte der Träger bilden und in der Mitte untereinander und mit der Kette fcharnierförmig verbunden find. Zwifchen Ober- und Untergurt ift ein doppeltes Fachwerk eingefchaltet.

Die fichelförmigen Hängeträger der Towerbrücke [13] (Fig. 14) haben bei einer Stützweite von 90,4 m unfymmetrifche Form mit ungleich hoch liegenden Aufhängepunkten. Ober- und Untergurt find fichelförmig gekrümmt, wodurch die Stützlinie für die totale Belaftung mehr in die Mitte zwifchen beide Gurte gebracht und eine annähernd gleiche Beanfpruchung in diefen erzielt wird. Ueber der durch eine Klappbrücke gefchloffenen Mittelöffnung find die Hängeträger der beiden Seitenöffnungen durch ein horizontales Zugband verbunden, fo daß die Brückentürme nur den von der Verkehrsbelaftung einer Oeffnung herrührenden Horizontalzug aufzunehmen haben. In der Höhe diefes Zugbandes ift dann noch ein horizontaler Steg angebracht, der den Fußgängerverkehr während des Offenfeins der Klappbrücke vermittelt.

c) Hängeträger mit Doppelketten oder parallelen Gurtungen, die durch Gitterwerk miteinander verbunden find. Diefe Träger entfprechen in ihrem ftatifchen Verhalten dem Bogenträger mit Kämpfergelenken, wenn die beiden Gurte am Auflager über den Pylonen miteinander vereinigt find. Im andern Falle, wenn die beiden Gurte oder Ketten getrennte Auflager und Rückhalteketten haben, erhöht fich, in gleicher Weife wie beim eingefpannten Bogen, die Zahl der ftatifchen Unbeftimmtheiten auf drei. Diefes Syftem ift, auf Kettenbrücken angewendet, fchon 1842 von Wendelftadt an der Neckarbrücke bei

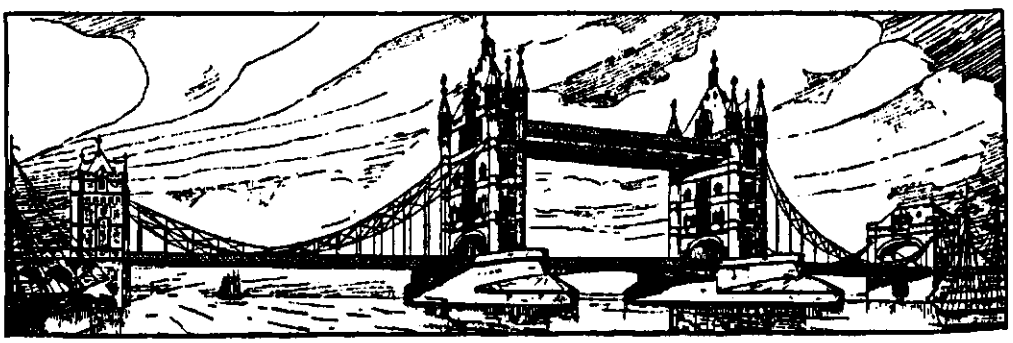


Fig. 14. Towerbrücke in London.

Mannheim und 1860 und 1864 von Schnirch bei zwei über den Donaukanal in Wien führenden Brücken zur Ausführung gebracht worden. Infolge von Mängeln in der Dimenſionierung und konſtruktiven Ausgeſtaltung haben ſich jedoch dieſe Ausführungen nicht bewährt, und es beſteht derzeit von dieſen verſteiften Kettenbrücken nur mehr die Aſpernbrücke in Wien, welche aber auch bald einem Neubau Platz machen wird.

Von modernen Anwendungen wäre ein theoretiſch und konſtruktiv intereſſantes Projekt der Nürnberger Maſchinenfabrik für die Rheinbrücke bei Worms [13] (Motto „Heſſen und bei Rhein") zu erwähnen. Dasſelbe wendet zur Ueberſpannung dreier Oeffnungen Ketten aus hochkantig geſtellten Blechen an, welche ihre Verſteifung durch eine darüber hängende, mit flacherem Pfeil geführte Verſteifungskette erhalten. Letztere hat die Ausbildung eines hängenden, genieteten Gitterbogens mit parallelen Gurtungen. Die tiefer hängende Tragkette und die Verſteifungskette ſind nur durch Hängeſtangen verbunden, an den Auflagern über den Pfeilern aber in einem gemeinſchaftlichen Aufhängebolzen vereinigt. Das Syſtem iſt vierfach ſtatiſch unbeſtimmt (Horizontalzug der durchgehenden Verſteifungskette und in einer jeden Tragkette der drei Oeffnungen). — Hierher gehört ferner das bedeutſame Lindenthalſche Projekt für das bereits oben erwähnte Problem der Ueberbrückung des Hudſon [14] (Fig. 15). Dasſelbe nimmt eine Mittelöffnung von 944,5 m und zwei Seitenöffnungen von je 548,6 m Weite an.

Fig. 15. North-River-Brücke nach dem Projekt von G. Lindenthal.

Der Ueberbau hängt an vier Stahldrahtkabeln, welche, paarweiſe übereinander hängend, durch Ausfachung zu je einem hängenden Bogenfachwerksträger mit parallelen Gurtungen vereinigt ſind. Die Pfeilhöhe der Kabel iſt 94 m, ihr Vertikalabſtand 19,8 m. Die Konſtruktion dieſer Kabel iſt ganz eigenartig geplant. Sie ſollen nicht aus parallel von einer Verankerung zur andern laufenden Drähten hergeſtellt werden, ſondern aus einzelnen ſelbſtändigen Gliedern, die, von Knotenpunkt zu Knotenpunkt reichend, mittels Gelenkbolzen in Verbindung gebracht ſind, derart, daß jedes Kabel eigentlich aus vier übereinander liegenden Kabelketten gebildet iſt (ſ. Kabel). Von den gewaltigen Dimenſionen des Bauwerks gibt es eine Vorſtellung, daß der Durchmeſſer eines fertigen Kabels mit der Umhüllung rund 4 m beträgt. Die Brückenkabel werden auf den beiden Mittelpfeilern von je zwei Stahltürmen getragen, die eine Höhe von rund 160 m über Hochwaſſer erhalten. Zur Erzielung größerer ſtatiſcher Beſtimmtheit iſt nur das untere Kabel beweglich aufgelagert und mit dem oberen Kabel durch ein Gelenkviereck verbunden (Fig. 16). In der Verankerung ſind beide Kabel durch einen gemeinſchaftlichen Bolzen an die Ankerkette angeſchloſſen. Das Syſtem iſt ſolcherart, wenn von der Unbeſtimmtheit der Ausfachung und dem noch zu erwähnenden beſonderen Verſteifungsträger abgeſehen wird, einfach ſtatiſch unbeſtimmt. Dieſer Verſteifungsträger, Fachwerksträger von rund 20 m Höhe, iſt in ſeiner Wirkung nicht eigentlich als ein ſolcher behandelt, ſondern bloß ein Verteilungsträger, deſſen Steifheit aber einen Zuſchuß zur Steifigkeit der ausgefachten Kabelbogen bildet. Seine Gurtungen ſind aber hauptſächlich für die Windverſtrebung berechnet, welche als horizontale Gitterträger in der Ebene der beiden Gurte der Verſteifungsträger angeordnet ſind. Die Brücke, welche zur Ueberführung von acht Eiſenbahngleiſen projektiert iſt, erfordert im Ueberbau ein totales Stahlgewicht von 95 500 t, in den Türmen und in den Verankerungen von 39 160 t, daher insgeſamt 134 660 t. Ihre Koſten ſind ohne Einlöſung des Baugrundes auf 21 Millionen Dollar veranſchlagt.

Fig. 16.

Fig. 17.

3. Hängebrücken mit geraden Tragketten. Bei dieſem Syſtem wird ein Balkenträger in einzelnen Punkten durch je ein Dreieckshängwerk bezw. durch gerade Zugbänder geſtützt (Fig. 17). Um die Schlaffheit der langen Zugbänder, welche unter der Belaſtung ſchädliche Schwankungen in der Höhenlage der Aufhängepunkte des Balkens zur Folge haben würde, zu beheben, iſt noch eine ſchwache polygonale Kette oder ein Drahtſeil angebracht, welches aber nur die Aufgabe hat, die geraden Tragketten zu ſtützen. Beiſpiele der Anwendung dieſes Syſtems ſind die 1868 von Ordiſh-Lefeuvre erbaute Franz-Joſefs-Brücke über die Moldau in Prag (Fig. 17) und die 1872 vollendete Albertbrücke über die Themſe in London. Die an dieſen Brücken gemachten Erfahrungen ſind jedoch keine günſtigen. Das Syſtem iſt mehrfach ſtatiſch unbeſtimmt, und es können zufolge Dehnung der Tragketten und durch Temperaturwirkung, wenn darauf nicht gebührend Rückſicht genommen wird, leicht Ueberanſtrengungen des Balkenträgers eintreten. Die Prager Brücke mußte 1898 einer durchgreifenden Rekonſtruktion unterzogen werden, bei der die urſprünglich aus Stahlblechen gebildeten, hoch beanſpruchten Zugbänder durch Drahtſeile erſetzt und auch ſonſtige Verſtärkungen an den Blechbalken und an der Fahrbahn angebracht wurden. — Ueber die konſtruktive Anordnung der Verankerungen (ſ. d.).

Literatur: [1] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, II, Brückenbau, 5. Abt., 13. Kap., Theorie der eiſernen Bogenbrücken und der Hängebrücken, bearbeitet von J. Melan; 14. Kap., Konſtruktion der Hängebrücken, desgl., 3. Aufl., Leipzig 1905 (daſelbſt auch ausführliche Literaturangabe.) — [2] Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart, I, Heft 5, Die eiſernen Hängebrücken, Aachen 1880. — [3] Boulogne, Construction des ponts suspendus modernes, Annales des ponts et chaussées 1886, I. — [4] Zampis, Die Verſteifung der Rudolfskettenbrücke in Wien, Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1888. — [5] Weingärtner, Auswechſlung von Kettengliedern an der Egerbrücke in Ellbogen, Oeſterr. Monatſchrift für den öffentl. Baudienſt 1895, S. 181. — [6] Report of board of engineer officiers as to maximum span practicable for suspension bridges, Waſhington 1894. — [7] Report of board of engineers upon New York and New Jersey Bridge, Waſhington 1894. — [8] Die Eaſt-Riverbrücke zwiſchen New York und Brooklyn, Journal of the American society of civ.-eng. 1877; Scientific American 1873, 1876, 1877; Deutſche Bauztg. 1870, 1873, 1876, 1878 und 1880; Engineering 1873, 1876, 1877, 1878, 1879, und in den meiſten andern Fachzeitſchriften von den gleichen Jahrgängen. — [9] Der Wettbewerb für die Erbauung zweier Donaubrücken in Budapeſt, Zentralblatt der Bauverwaltung 1894, ferner Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1894. — [10] Der Wettbewerb für eine feſte Rheinbrücke bei Bonn, beſprochen von Th. Landsberg im Zentralblatt der Bauverwaltung 1895, Nr. 3—13, und von Zſchetſche in der Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1895. — [11] Der Wettbewerb für eine feſte Straßenbrücke über den Rhein bei Worms, beſprochen von Th. Landsberg im Zentralblatt der Bauverwaltung 1896, und von Luck in der Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1896. — [12] Köpcke, C., Ueber Hängebrücken mit drei Gelenken, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ingen.-Ver. zu Hannover 1888, S. 29. — [13] Die Towerbrücke, Zentralblatt der Bauverwaltung 1893, Engineering. — [14] Die North-Riverbrücke, beſprochen von J. Melan, Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1895, S. 365; ferner Vortrag von G. Lindenthal in den Verhandlungen des Vereins für Eiſenbahnkunde in Berlin 1896. — [15] Die Williamsburgbrücke, Engin. News 1896, 1897, II, 1898, I, 1899, I, 1901, 1902, 1903; Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingenieure 1896, 1901, 1902, 1904, S. 1213. — [16] Bohny, Theorie und Konſtruktion verſteifter Hängebrücken, Leipzig 1905. *Melan.*

Hängebrücken, feſte (Fachwerkhängebrücken). Bei den gewöhnlichen Hängebrücken (ſ. d., S. 710) ſind die hauptſächlichſten Teile (Drahtſeile, Stabketten) labil, d. h. ſie würden für ſich allein, auch abgeſehen von elaſtiſchen Deformationen, je nach der Belaſtung verſchiedene Formen annehmen; die Verſteifung erfolgt durch beſondere Verſteifungsträger, welche mittels Tragſtangen an jenen Hauptträgern aufgehängt ſind. Noch ehe die Verſteifungsträger ihre gegenwärtige Ausbildung erlangten, hatte jedoch Köpcke Hängebrücken mit ſtabilen (unverſchiebbaren) Fachwerken (ſ. d.) als Hauptträgern vorgeſchlagen, welche ſteife Hängebrücken oder, weil auch die gewöhnlichen Hängebrücken gegenwärtig möglichſt verſteift werden, feſte Hängebrücken (Fachwerkhängebrücken) genannt werden.

Derartige Tragwerke können von ſtatiſch beſtimmter oder ſtatiſch unbeſtimmter Art ſein, d. h. die Anordnung kann ſo erfolgen, daß alle Stützenreaktionen durch die Statik allein beſtimmt ſind (ohne Zuhilfenahme der Elaſtizitätslehre), oder daß dies nicht zutrifft, wobei es auf Form und Syſtem des Trägers nicht ankommt (ſ. Träger). Bei den Vorſchlägen von Köpcke handelte es ſich um ſtatiſch beſtimmte Trägerarten, da es ihm darauf ankam, die Stützenreaktionen von Temperaturänderungen und kleinen Bewegungen der Stützpunkte unabhängig zu erhalten (vergl. Gelenke). Die in Fig. 1 angedeutete Trägerart iſt bei beliebig vielen Oeffnungen einfach ſtatiſch unbeſtimmt; es genügt, eine der Größen, welche die Stützenreaktionen beſtimmen, den Horizontalſchub *H*, aus der Elaſtizitätslehre abzuleiten (vgl. Bogen, durchlaufende), wobei zu beachten, daß *H* infolge der horizontal frei verſchiebbaren Auflager über den Zwiſchenſtützen in allen Oeffnungen den gleichen Wert hat. Wird nun in einer beliebigen Oeffnung ein Zwiſchengelenk eingeſchaltet (Fig. 2), ſo erhalten wir eine neue ſtatiſche Gleichung (Moment der äußeren Kräfte vor oder nach dem Gelenk in Hinſicht des Gelenkmittelpunkts gleich Null), aus welcher der Horizontalſchub beſtimmt werden kann. Form und Syſtem des Trägers (letzteres auf die Gliederung der Trägerſtücke zwiſchen den Gelenken bezogen, ſ. Träger) können auch hier beliebig ſein; bei ſtatiſch beſtimmtem Syſtem laſſen ſich alle Stabkräfte nach Ermittlung der äußeren Kräfte (einſchließlich der Stützenreaktionen) ohne Zuhilfenahme der Elaſtizitätslehre berechnen. In Fig. 3 und 4 ſind zwei feſte Hängebrücken von ſtatiſch beſtimmter Art ſkizziert (die in Fig. 3 bei den Zwiſchenſtützen durch Pfeile angedeuteten Kräfte ſind wie bei Fig. 1 und 2 in den oberen Auflagern wirkend zu denken); für Fig. 3 iſt auch das Syſtem ſtatiſch beſtimmt, während dasſelbe im Falle von Fig. 4 bei nur auf Zug widerſtandsfähigen Diagonalen ſtatiſch beſtimmt (ſ. Gegendiagonalen), bei gleichzeitiger Widerſtandsfähigkeit der ſich kreuzenden Diagonalen

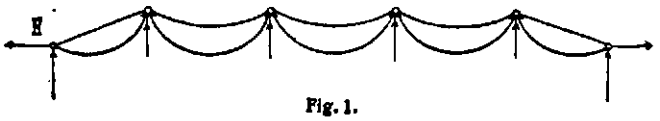


Fig. 1.

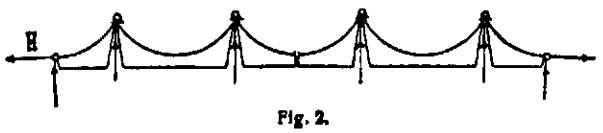


Fig. 2.

aber ſtatiſch unbeſtimmt iſt. Der Fig. 3 entſpricht beiſpielsweiſe eine Fußgängerbrücke über den Main in Frankfurt (Mittelöffnung licht 79,69 m, Seitenöffnungen licht 39,56 m, vollendet 1869 [6], [18], S. 264, und Tafel VII), die erſte Ausführung einer feſten Hängebrücke, während die Point-Brücke über den Monongahela bei Pittsburg ähnlich der Fig. 4 angeordnet iſt (Fig. 5, Mittelſpannweite 243,838 m, Seitenſpannweiten 44,195 m, vollendet 1876 [5], [18], S. 286). Auch die Elbebrücke bei Loſchwitz [18], S. 221, und die Towerbrücke in London [9] ſind von der in Fig. 3—5 angedeuteten Art, bei der erſteren hat Fig. 3 gegenüber doppeltes Syſtem ohne Vertikalen Verwendung gefunden, bei der letzteren ſind gegenüber Fig. 4 auch die Obergurten nach unten gekrümmt. Für die Annahme eines Zwiſchengelenks (Fig. 2—5) iſt auch bei gewöhnlichen Drahtſeilen keine Unterbrechung des Kabels nötig, da die Theorie der Kabelbrücken auf der Annahme von Gelenken in allen Querſchnitten des Kabels beruht.

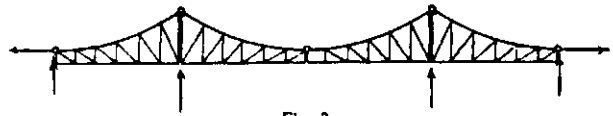


Fig. 3.

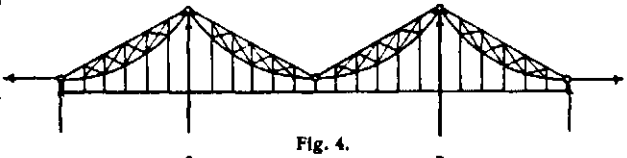


Fig. 4.

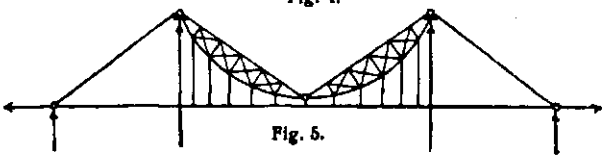


Fig. 5.

Bezüglich der Berechnung ſtatiſch beſtimmter Hängebrücken nach der Art von Fig. 3 und 4 iſt zunächſt zu bemerken, daß die Oeffnung mit Zwiſchengelenk ganz wie ein Dreigelenkbogen mit einer Oeffnung wirkt, und demnach auch wie ein ſolcher berechnet werden kann (ſ. Bogenfachwerke). Doch wird man bei Anwendung der betreffenden Beziehungen auf Hängebogen den Horizontalſchub nach außen und die Ordinaten nach unten poſitiv wählen, wodurch die Formeln nicht geändert werden. Für jede Oeffnung ohne Zwiſchengelenk kann man die Grenzwerte der Stabkräfte bei bewegter Laſt zunächſt ebenſo berechnen, als ob der fragliche Trägerabſchnitt ein einfaches Balkenfachwerk bildete (ſ. Balkenfachwerke). Mit dieſen Grenzwerten ſind dann die durch den hinzukommenden Horizontalſchub erzeugten Grenzbeanſpruchungen ſo zu kombinieren, daß möglichſt ungünſtige, d. h. möglichſt weit auseinander gelegene, Grenzwerte im ganzen entſtehen. Für den gewöhnlichen Fall von Fachwerken einfachen Syſtems mit Vertikalen (Ständerfachwerke) ſind mit den im Art. Bogenfachwerke eingeführten Bezeichnungen die Beiträge eines beliebigen Horizontalſchubs H zu den Beanſpruchungen der Gurtungen, Diagonalen und Vertikalen (für Fig. 6 obere Vorzeichen, für Fig. 7 untere Vorzeichen):

$$\left.\begin{aligned} X_m &= \pm H\left(\mathfrak{y}_m - \frac{m}{n}k\right)\frac{x_m}{\lambda\, h_m}, \qquad Z_m = \mp H\left(\mathfrak{y}_{m-1} - \frac{m-1}{n}k\right)\frac{z_m}{\lambda\, h_{m-1}}, \\ D_m &= \pm H\left(w_d - \frac{m-s}{n}k\right)\frac{d_m}{s\,\lambda\, h_{m-1}}, \qquad V_m = \mp H\left(w_v - \frac{m-\nu}{n}k\right)\frac{1}{\nu\,\lambda}, \end{aligned}\right\} \quad 1.$$

wonach die Grenzwerte dieſer Beiträge den Grenzwerten von H entſprechen. Näheres und Vereinfachungen für beſondere Fälle [7], § 79.

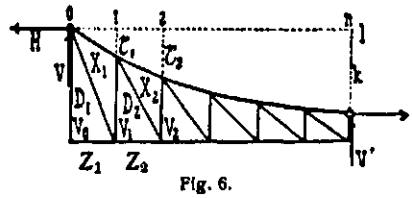


Fig. 6.

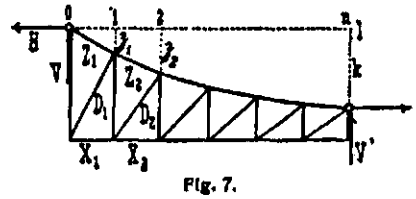


Fig. 7.

Der Ausdruck des Horizontalſchubs H für alle Oeffnungen ergibt ſich aus den Verhältniſſen der Oeffnung mit Zwiſchengelenk. Liegen die Stützpunkte derſelben in gleicher Höhe, das Zwiſchengelenk um f unter dieſen Stützpunkten in der Oeffnungsmitte, und greifen in Entfernungen $a_1, a_2, \ldots$ vom Stützpunkt 0 beliebige Laſten $P_1, P_2, \ldots$ in Knotenpunkten oder auf der Fahrbahn an, dann hat man bei einer Spannweite $l = 2d$:

$$H = \frac{1}{2f}\left[\sum_0^d Pa + \sum_d^l P(l-a)\right]_z, \qquad 2.$$

wonach ſpeziell für eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Laſt von u pro Längeneinheit (vgl. Belaſtung der Träger):

$$H = \left[\frac{u\,l^2}{8f}\right]_z. \qquad 3.$$

Der Index z deutet an, daß ſich die auftretenden Größen auch dann auf die Oeffnung mit Zwiſchengelenk beziehen, wenn augenblicklich eine andre Oeffnung zu berechnen iſt. Die Grenzwerte von H und damit der Beiträge 1. entſtehen hiernach, wenn die Oeffnung mit Zwiſchengelenk einmal nur mit der feſten Laſt, das andremal außerdem auf der ganzen Länge mit möglichſt ſtarken Verkehrslaſten belaſtet iſt (bei verſchiedenen möglichen Laſtzügen beſonders um die Mitte, ſ. Zug I unter Grenzwerte).

Die Vertikalreaktion R einer Stütze ſetzt ſich im allgemeinen aus 2 Teilen zuſammen,

von welchen der eine, V, durch die nachfolgende Oeffnung, der andre, V', durch die vorhergehende Oeffnung bedingt iſt. Für die Oeffnung mit Zwiſchengelenk hat man:

$$V = \frac{1}{l}\sum^{l} P(l-a), \qquad V' = \frac{1}{l}\sum^{l} Pa, \tag{4.}$$

und beiſpielsweiſe durch eine gleichmäßig verteilte Laſt von u pro Längeneinheit auf der ganzen Spannweite:

$$V = V' = \frac{ul}{2}. \tag{5.}$$

Für eine Oeffnung ohne Zwiſchengelenk gelten, wenn der Urſprung der Koordinaten im höchſten Stützpunkt liegt, und dem andern bezüglich einer horizontalen Abſziſſenachſe die Ordinate $y = k$ entſpricht, bei beliebiger Belaſtung der ganzen Brücke:

$$V = \frac{1}{l}\sum^{l} P(l-a) + \frac{k}{l}H, \qquad V' = \frac{1}{l}\sum^{l} Pa - \frac{k}{l}H, \tag{6.}$$

und bei gleichmäßig verteilter Laſt von u pro Längeneinheit der betrachteten Oeffnung und beliebigem H (d. h. beliebiger Belaſtung der Oeffnung mit Zwiſchengelenk):

$$V = \frac{ul}{2} + \frac{k}{l}H, \qquad V' = \frac{ul}{2} - \frac{k}{l}H. \tag{7.}$$

Die Einflußlinien für die Vertikalreaktion R einer Zwiſchenſtütze mit anliegenden Oeffnungen l, l_0 mit und ohne Zwiſchengelenk und einer Endſtütze mit anliegender Oeffnung ohne Zwiſchengelenk, Stützpunkte der Oeffnung mit Zwiſchengelenk in gleicher Höhe (gewöhnliche Fälle) ſind in Fig. 8 und 9 angedeutet. Demnach treten die Grenzwerte der erſteren Zwiſchenreaktion bei möglichſt ſtarker Verkehrslaſt und bei fehlender Verkehrslaſt in beiden anliegenden Oeffnungen, die Grenzwerte der letzteren Endreaktion aber dann ein, wenn einmal die anliegende Oeffnung allein, das andremal die Oeffnung mit Zwiſchengelenk allein durch möglichſt ſtarke Verkehrslaſt ergriffen iſt, was auch bei nicht gleich hohen Stützpunkten der Oeffnung mit Zwiſchengelenk gilt. Näheres ſ. Methode b. unter Grenzwerte und [7], S. 275.

Fig. 8.

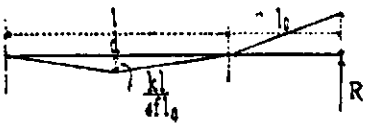


Fig. 9.

Beiſpiele der Berechnung von Hängebrücken nach vorſtehenden Geſichtspunkten für gleichmäßig verteilte bewegte Laſt und bewegte Radlaſtzüge [8], B. 93—103. Formeln für Ständerfachwerke und andre Syſteme [7], §§ 79—81, ſpezielle Formeln für die Vertikalen bei Widerlagern und Zwiſchenpfeilern [8], A. 39, 42, reſultierende Gelenkdrücke [8], A. 41, 43. Bezüglich der Oeffnung mit Zwiſchengelenk ſ. a. die Hinweiſe Bd. 2, S. 164. — Die Berechnung der in Fig. 10 angedeuteten, von Müller-Breslau vorgeſchlagenen feſten Hängebrücke von ſtatiſch beſtimmter Art, bei welcher im Gegenſatze zu Fig. 2 eine Auflagerung der Untergurten erreicht iſt, unterſcheidet ſich nur bezüglich der Vertikalreaktionen und Stützenvertikalen von der hier beſprochenen Berechnung [16], S. 389.

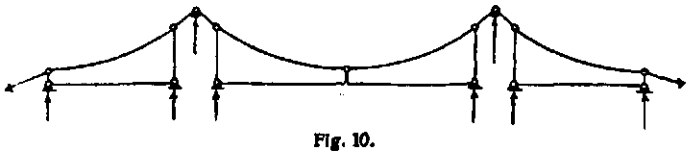


Fig. 10.

Neben den bis jetzt betrachteten feſten Hängebrücken ſind verſchiedene andre zur Ausführung oder in Vorſchlag gekommen. So wurden von Wendelſtadt infolge günſtiger Erfahrungen bei ſtellenweiſer Verſteifung der 1836—39 erbauten Kettenbrücke über die Weſer bei Hameln 1842—45 für die ſeither erſetzte Neckarbrücke bei Mannheim zwei parallel übereinander liegende Ketten durch einfache Dreiecksfüllung verbunden, in deren Knotenpunkten die Tragſtangen befeſtigt waren (Fig. 11, 12). Dieſe Anordnung fand vielfach Nachahmung (Aarbrücke bei Aarau 1844, verſchiedene Wiener Brücken 1860—64, Gehſteg auf dem Bahnhof Gotha 1871), 1860 bei der von Schnirch erbauten Wiener Donaukanalbrücke erſtmals für Eiſenbahnbetrieb, ſodann 1884 bei der North-Side-Brücke in Pittsburg und 1889 bei der Grand Avenue-Brücke in St. Louis [17], S. 50. Auch für eine projektierte North-River-Brücke in New York mit einer Spannweite von 945 m iſt eine ähnliche Verbindung zweier übereinander liegender Kabel angenommen (durch Fachwerk mit Vertikalen und gekreuzten Zugdiagonalen, Fig. 13); auf die in Höhe der Fahrbahn hängenden horizontalen Längsträger war zwar bezüglich der Verteilung der Verkehrslaſt (auf vier Felder), aber erſt in zweiter Linie bezüglich der Verſteifung gerechnet [11], S. 96. Die 1862 von Barlow erbaute Lambethbrücke in London mit Drahtſeilen als Obergurten unterſcheidet ſich von der Trägerart Fig. 3 im weſentlichen durch das Fehlen des Zwiſchengelenks und feſtliegende Kabelſättel; daneben iſt die Bildung von Untergurten aus Blechträgerröhren und die Anwendung von Gegendiagonalen zu erwähnen. Bei den Hängebrücken nach Ordiſh-Lefeuvre (Franz-Joſefs-Brücke in Prag 1868, Albertbrücke in London 1872, Straßenbrücke über die Pennſylvaniabahn in Philadelphia 1876) ſind Blechbalken an darüberliegenden Stabdreiecken und Zugbändern aufgehängt (S. 725), deren Schwankungen durch ſchwache Kabel oder Stabketten verhindert

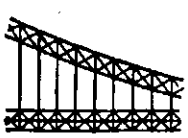


Fig. 13.

Fig. 12.

Fig. 11.

werden ſollen, doch haben ſich ſolche Brücken nicht ſonderlich bewährt [18], S. 226. Alle dieſe Konſtruktionen ſind ſtatiſch unbeſtimmt, ihre Berechnung hat nach den unter Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte, Träger, zuſammengeſetzte, Grenzwerte angeführten Methoden mit Berückſichtigung der durch die beſonderen Verhältniſſe bedingten Vereinfachungen zu erfolgen. Spezielleres darüber enthalten insbeſondere die Werke [16]—[18].

Auch bei neueren Brückenkonkurrenzen traten von den gewöhnlichen Ausführungen abweichende Anordnungen feſter Hängebrücken hervor. Die von Kübler für Bonn projektierte Kabelbrücke ſtellt eine einfach ſtatiſch unbeſtimmte Trägerart dar, wie ſie ſich aus Fig. 10 durch Weglaſſung des Zwiſchengelenkes ergibt [10]. Da das hierbei angenommene Fachwerkſyſtem ſtatiſch beſtimmt iſt (Fig. 14), ſo laſſen ſich nach Ermittlung des Horizontalſchubes aus der Elaſtizitätslehre (ſ. Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte) alle übrigen Stützenreaktionen und Stabkräfte aus rein ſtatiſchen Beziehungen berechnen (ſ. Fachwerke, ſtatiſch beſtimmte). An den Auflagern der Untergurte können auch negative Stützenreaktionen entſtehen (das gleiche gilt für Fig. 10); es iſt demgemäß durch Verankerung für die Möglichkeit von oben nach unten wirkender Stützenreaktionen Sorge zu tragen, während ein gleichzeitiges Aufheben der horizontalen Beweglichkeit zur Erhöhung der ſtatiſchen Unbeſtimmtheit (zu einer andern Trägerart) führen würde. Ein Entwurf von Lauter für Worms unterſchied ſich von der Trägerart Fig. 1 nur durch die der Endenanordnung Fig. 15 [12], S. 116; [13], 1897, S. 108; die Trägerart war alſo einfach ſtatiſch unbeſtimmt; da aber auch drei überzählige Stäbe vorhanden waren, ſo ergab ſich eine vierfach ſtatiſch unbeſtimmte Konſtruktion. Dagegen entſprechen die Lindenthalſchen Entwürfe der Brücke über den St. Lorenz-Strom bei Quebec (548,02 m) und der Manhattanbrücke über den Eaſt River in New York (448,02 m) wieder vollſtändig der Fig. 1, [18], S. 162, 296, ſie ſtellen die großartigſten Projekte von Fachwerkhängebrücken dar, doch wurden für die Brücke über den St. Lorenzſtrom durchlaufende Gelenkträger gewählt (vgl. Gelenkträger, durchlaufender) und auch der Entwurf für die Manhattanbrücke iſt nicht zur Ausführung beſtimmt [17], S. 80.

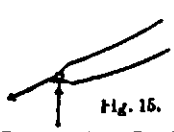


Fig. 15.

Fig. 14.

Literatur: [1] Köpcke, Ueber die Konſtruktion einer ſteifen Hängebrücke, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1860, S. 346 (auch 1861, S. 231, und 1888, S. 29). — [2] Schwedler, Statiſche Berechnung der feſten Hängebrücke, Zeitſchr. f. Bauweſen 1861, S. 73. — [3] Ritter, A., Elementare Theorie und Berechnung eiſerner Dach- und Brückenkonſtruktionen, Hannover 1873, S. 165, 345. — [4] Schäffer, Graphiſche Ermittlung der Grenzſpannungen für die Seitenöffnung der feſten Hängebrücke, Zeitſchr. f. Bauweſen 1875, S. 381. — [5] Seehehlner, Die Pointbrücke über den Monongahelafluß bei Pittsburg, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1879, S. 67. — [6] Heinzerling, Die eiſernen Hängebrücken (Die Brücken der Gegenwart, Heft V), Leipzig 1882. — [7] Weyrauch, Theorie der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887, S. 272. — [8] Derſ., Beiſpiele und Aufgaben dazu, Leipzig 1888, S. 412. — [9] Barkhauſen, Die neue Brücke über die Themſe in London unterhalb des Tower, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1894, S. 410, 514, 544. — [10] Kübler, Preisgekrönte Entwürfe von Brücken über die Donau bei Budapeſt, den Po bei Turin und den Rhein bei Bonn, ebend. 1895, S. 861 (ſ. a. 1895, S. 457, und 1894, S. 979, ſowie Zentralbl. d. Bauverwalt. 1895, S. 57). — [11] Lindenthal, Die projektierte Brücke über den Hudſon (North-River) bei New York, Ann. f. Gew. u. Bauw. 1896, S. 93, 113. — [12] Landsberg, Der Wettbewerb für eine feſte Straßenbrücke über den Rhein bei Worms, Zentralbl. d. Bauverwalt. 1896, S. 38, 51, 56, 68, 82, 105, 116, 130, 133. — [13] Buck, Der Wettbewerb um den Entwurf einer feſten Straßenbrücke über den Rhein bei Worms, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1896, S. 333, 396, 485, 518, 657, 723, 861, 1445, 1469; 1897, S. 61, 106, 467. — [14] Gisclard, Note sur un nouveau type de pont suspendu rigide, Annales des ponts et chaussées 1899, IV, S. 180 (ſ. a. 1905, I, S. 105, 127). — [15] Schlink, Stabilitäts- und Spannungsunterſuchungen von ſpeziellen Fachwerksträgern mittels des erweiterten Syſtems, Zeitſchr. f. Architektur u. Ingenieurweſen 1903, S. 397. — [16] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, I, Leipzig 1901, S. 389; II, Leipzig 1903, S. 292. — [17] Bohny, Theorie und Konſtruktion verſteifter Hängebrücken, Leipzig 1905, S. 13, 39, 49, 68. — [18] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2, 5. Abt.: Eiſerne Bogen- und Hängebrücken, Leipzig 1906, S. 1, 134, 158, 219, 264, 286, 296. *Weyrauch.*

Hängebügel, -buſſole, ſ. Grubeninſtrumente, S. 643.

Hängeeiſen (Halseiſen), ſ. Bänder, Bd. 1, S. 454.

Hängegerüſte, ſ. Baugerüſt.

Hängekompaß, Schiffskompaß, der unter Deck befeſtigt iſt, damit er in der Kajüte von unten abgeleſen werden kann; vgl. Kompaß, Grubeninſtrumente.

Hängekreuz, ein kreuzähnliches Werkzeug, das ſowohl in der Buntpapierfabrikation (ſ. d.) zum Aufhängen der friſch gefärbten als auch in der Papierfabrikation (ſ. d.) zum Aufhängen der friſch gegautſchten Papierbogen auf Schnüre oder Latten behufs Trocknens derſelben verwendet wird. *Kraft.*

Hängekuppel, ſ. Gewölbe, S. 503.

Hängelager tragen Transmiſſionswellen, hauptſächlich Vorgelegwellen, an Deckenbalken, entweder unmittelbar oder durch Vermittlung eines Zwiſchenträgers von Holz, das ſich allerdings leicht verzieht, oder von Eiſen.

Die offenen Hängelager Fig. 1—3 geſtatten leichtes Ein- und Ausbringen der Wellen. Die gußeiſernen Lagerſchalen mit der jetzt gebräuchlichen Ringſchmierung (Fig. 1, 2 und 4)

mit der äußeren Schalenlänge $4d + 40$ mm liegen zwiſchen Gewindemuffen in einer Kugelfläche allſeitig drehbar und der Höhe nach verſtellbar. Der Stangenſchluß (Fig 1) vor den Schalen vereinigt den Vorzug der offenen mit der größeren Feſtigkeit der geſchloſſenen Hängelager (Fig. 4). Am Lorenzlager (Fig. 3) können ſich die Lagerſchalen (von der Länge $3{,}3\,d$) ebenfalls je nach der Richtung der Welle einſtellen. Konſolhängelager paſſen ſich der Balkenform ſo an, daß ſie an einem Holzbalken oder am Unterflanſch (Fig. 2) oder an Flanſch und Steg eines Trägers oder an den Flanſchen eines Zwillingsträgers angeſchraubt werden können. Säulenhängelager haben einen ſäulenförmigen Hängearm mit daran verſtellbarem Auslegerarm. Hängeböcke (Fig. 5) zum Einſetzen von Stehlagern ſind für ſchwerer belaſtete Wellen von 50—130 mm und Hohlwellen von 120—200 mm Stärke erforderlich.

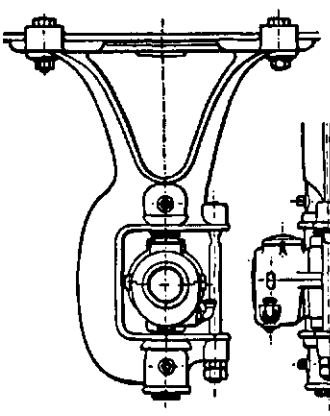


Fig. 1.

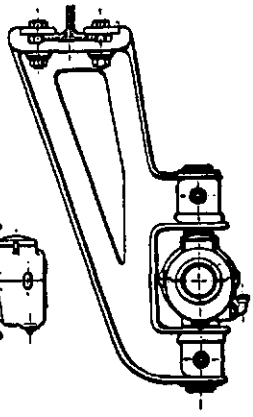


Fig. 2.

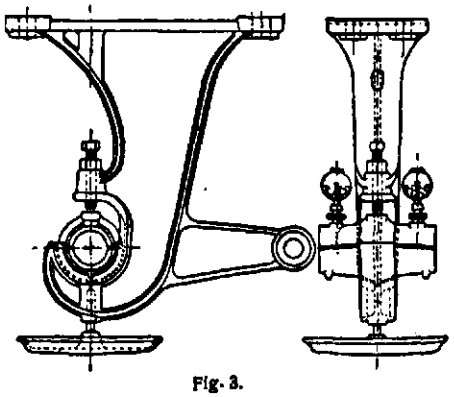


Fig. 3.

Offene Hängelager vom Eiſenwerk Wülfel in Hannover (Fig. 1):

Lagerbohrung .	40—45	50—55	60—65	70—75	80—85	90—95	100—110 mm
Schalenlänge . .	200	240	280	320	360	400	440 "
Ausladung . .	300	300	350	350	400	400	500 "
bis	550	700	700	800	800	800	800 "
Schraubenzahl .	2	2	2	2	4	4	4
Schraubenſtärke .	20	23	26	29	23	26	29 "
Schraubenabſtand = Ausladung — 50 mm; quer —					110	120	130 "
Gewicht . . .	23—33	33—49	48—68	69—96	88—124	132—172	176—222 kg
Preis	27—32	34—42	41—49	52—66	61—77	76—92	116—128 ℳ

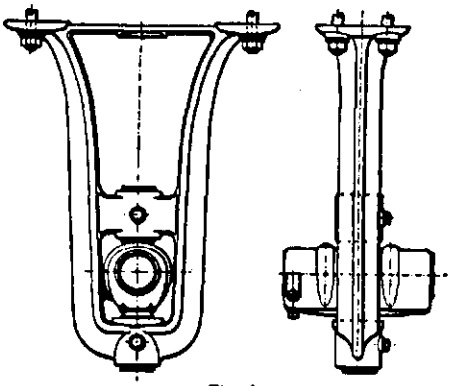


Fig. 4.

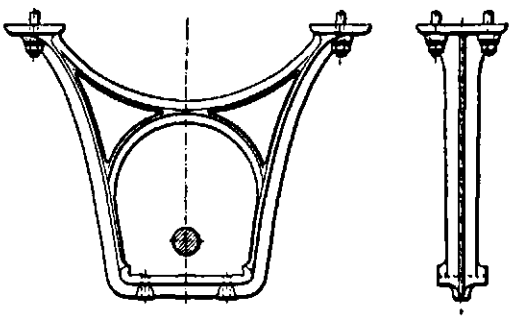


Fig. 5.

Geſchloſſene und offene Hängelager von der Berlin-Anhaltiſchen Maſchinenbau-Aktiengeſellſchaft in Deſſau (Fig. 4):

Lagerbohrung . .	40—45	50—55	60—65	70—80	85—95	100—110 mm
Schalenlänge . .	200	240	280	330	390	460 "
Ausladung . . .	250	300	300	350	350	400 "
bis	500	700	700	800	800	800 "
Schraubenzahl . .	2	2	2	2—4	4	4 "
Schraubenſtärke .	20—23	20—23	23—29	26—23	23—26	29—32
Schraubenabſtand .	300	340	370	420	425	475 "
bis	400	500	540	630	650	675 "
quer	—	—	—	110—120	100—145	135—175 "
Gewicht	20—27	28—46	37—61	60—98	88—133	136—184 kg
Preis	26—31	31—47	40—56	53—71	66—93	98—130 ℳ

(Stangenſchluß 4—8 ℳ mehr.)

Hängeböcke von derſelben Firma:

Ausladung 500, 600, 700 mit geradem Steg, 800, 900, 1000 nach Fig. 5,						
Lagerbohrung . . .	50—55	60—65	70—80	85—95	100—110	115—130 mm
Schraubenſtärke . .	20—23	23—26	26—29	29—32	29—32	32—35 „
Schraubenabſtand . .	775	825	875	925	975	1025 „

+ 75 mm für je 100 mm mehr als 500 Ausladung,

quer	120—140	140 + 20	160 + 20	180 + 20	200 + 20	220 + 20
Gewicht	65	80	100	125	160	210 kg
bis	100	124	160	205	260	330 „
Preis	35—52	42—63	51—79	62—97	76—117	98—147 ℳ

Hängelager von Lorenz in Ettlingen, Fig. 3 (Lofenhauſen in Düſſeldorf):

Lagerbohrung .	30—35	40—45	50—55	60—65	70—75	80—85	90—95	100—105 mm
Gewicht . . .	8	15	24—28	36—42	54—60	82—94	105—115	140—152 kg
Preis	12	16	22—24	28—31	35—38	46—54	60—66	72—77 ℳ

Lagerböcke aus gepreßtem Stahlblech für Hänge- und Konſollager (von Paul Löblich in Berlin SO.), Fig. 6, zeichnen ſich durch Leichtigkeit und Bruchfeſtigkeit aus.

Lagerbohrung . .	30—35	40—45	50—55	60—70	75—90 mm
Ausladung . . .	200—500	200—500	200—600	200—600	300—600 „
Schraubenſtärke .	16	16	16—20	20—26	26 „
Schraubenabſtand .	267—420	267—420	267—530	311—530	432—594 „
Gewicht des Lagers	6—10	8—13	10—20	16—23	32—44 kg
Preis	17—25	20—30	23—44	35—55	62—95 ℳ.

Lindner.

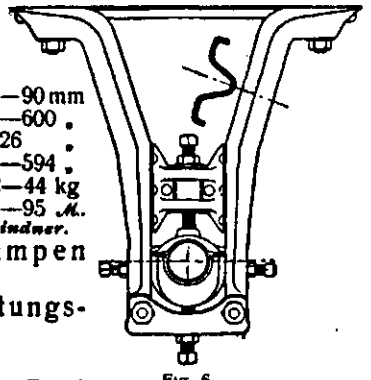


Fig. 6.

Hängelampe, ſ. Gaslampen, S. 298; Lampen und Grubeninſtrumente.

Hängeleiter, ſ. Feuerſchutz und Feuerrettungsweſen.

Hängelibelle, ſ. Grubenmeſſungen.

Hängematte, aus Segeltuch genäht, bildet an Bord der Kriegsſchiffe den Schlafplatz der Unteroffiziere und Mannſchaften.

Für jeden Mann werden eine Matratze, ein Matratzenbezug und zwei wollene Decken abgegeben. Die Hängematten werden an den an den Balken befeſtigten Hängemattshaken mittels Leinen gezäunt. In der Breite beanſprucht die Hängematte einen Raum von 450 mm, in der Länge einen ſolchen von mindeſtens 3,3 m. *T. Schwarz.*

Hängemattskaſten, auch Finknetzkaſten, dient zum Stauen der Hängematten.

Hängen, im Bergbau ſ. v. w. Gegenſtände, z. B. Material, am Seil in den Schacht hinablaſſen; ſ. Schachtförderung.

Hängeniveau, eine Abänderung des Gradbogens; ſ. Grubeninſtrumente.

Hängeplatte (Deckplatte), weit vortretende Platte und wichtiges Glied des Hauptgeſimſes, das ſich in den antiken und von dieſen abgeleiteten Stilarten vorfindet und ſowohl wagerecht als anſteigend (bei Giebeln) zur Anwendung kommt.

In der älteſten doriſchen Bauweiſe tropfte tatſächlich das Regenwaſſer von ihr ab, deshalb bekam ſie am Oberglied der Unterkante und der Stirnſeite eine Waſſernaſe. In dem joniſchen und korinthiſchen Stile wurde zwar das Regenwaſſer in andrer Weiſe abgeleitet, es erhielt aber die Hängeplatte dennoch eine Waſſernaſe, die aber hier auf die ganze Breite der Unterſicht ausgedehnt wurde. Im korinthiſch-joniſchen Stile iſt die ausladende Hängeplatte durch einfache glatte oder in geſchwungener Form mit Blättern geſchmückte Tragſteine (Konſolen) unterſtützt, welche etwa in ihrer doppelten Breite voneinander ſtehen. Die dazwiſchenliegenden meiſt quadratiſchen Felder der Unterſicht ſind in ſtarker Vertiefung als ſogenannte Kaſſetten (ſ. d.) oder Kaſſaturen ausgearbeitet, aus welchen eine tief herabhängende Roſette (ſ. Blume, Bd. 2, S. 94) heraustritt, womit auch eine weſentliche Erleichterung des überſpringenden Teils der Hängeplatte erzielt wird (ſ. Hauptgeſims).

Literatur: [1] v. Mauch, Die architektoniſchen Ordnungen der Griechen und Römer, Berlin 1875. — [2] Handbuch der Architektur, II. Teil, Bd. 1, Baukunſt der Griechen von J. Durm, Darmſtadt 1889; II. Teil, Bd. 2, 3. Abſchn., Baukunſt der Römer von J. Durm, Stuttgart 1905. — [3] Breymanns Allgemeine Baukonſtruktionslehre; Warth, D. O., Konſtruktionen in Stein, 6. Aufl., Leipzig 1896. *Weinbrenner.*

Hängeſäule (Hängepfoſten, auch Mönch), wichtiger Teil eines Hängewerks (ſ. d.).

Hängeſchacht, ein Schacht (ſ. Schachtbau) oder eine Schachtabteilung, die vorzugsweiſe dazu dient, um Material in die Grube hinabzulaſſen.

Hängeſtange, ſ. Abteufpumpen.

Hängeſtangen (Hängeſäulen), auf Zug beanſpruchte, lotrechte Glieder einer Fachwerkskonſtruktion.

Hängewage, ſ. v. w. Gradbogen (ſ. d. und Grubeninſtrumente).

Hängewand (geſprengte freitragende Wand), Wandbildung ohne Unterſtützung, wird am beſten als Hängewerk (ſ. S. 735) konſtruiert, bei welchem zur Ausfüllung die nötigen Riegel eingezogen ſind.

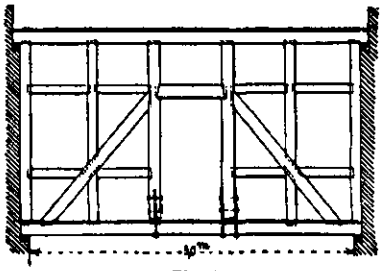


Fig. 1.

Bei durchgehender geſchloſſener Wand genügt ein einfacher Hängebock; iſt eine Tür anzubringen, ſo ſoll dieſe in der Mitte liegen, damit der doppelte Hängebock gleichen Schub ausübt (Fig. 1). Jedoch kann auch die Wand an einem darüberliegenden Balken mittels zweier ſchräg laufenden Eiſenſchienen (vgl. Fig. 2) hängen, die durch Schrauben angezogen werden. Wenn tunlich, wird die Hängewand zur Verminderung des Gewichts nicht ausgemauert, ſondern verſchalt und verputzt.

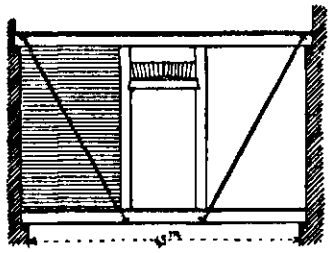


Fig. 2.

Eine andre Art freitragender Wände zeigen die in neueſter Zeit zur Ausführung kommenden 6—8 cm ſtarken Wandbildungen, aus Zement, Kalk oder Gips erſtellt und durch Einlagen von Eiſenſtäben oder Drahtmaſchen verſtärkt. Hierher gehört: a) die Rabitzſche Bauweiſe (ſ. d., D.R.P. Nr. 4590); b) die Monierſche Bauweiſe (ſ. d.); c) die Hennebiquefche Bauweiſe (ſ. d.), die beſonders da angewendet wird, wo eine bedeutende Anforderung an Starrheit und innere Feſtigkeit bei geringſtem Querſchnitt und ſonach Stoffverbrauch geſtellt iſt; d) die freitragende maſſive Wand Syſtem Prüß (D.R.P. Nr. 113048 und 113077), beſtehend aus einem Netz von wagerecht und ſenkrecht nebeneinander geſpannten Bandeiſen, deſſen Maſchen *F* mit Backſteinen, Verblendern oder Gußmörtelplatten in Zementmörtel ausgefacht werden (ſ. Fig. 3). *Weinbrenner.*

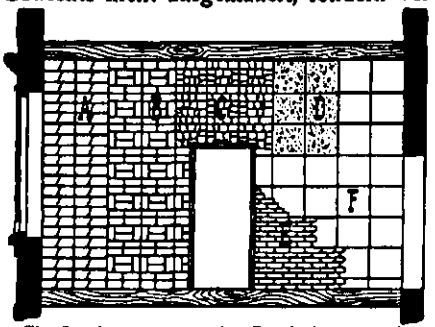


Fig. 3. Ausmauerung des Bandeiſennetzes *F*: *A* mit Trapezſteinen (D.R.G.M. Nr. 160479); *B* mit Mauerſteinen, hochkantig; *C* mit Platten aus Stückſteinen; *D* mit Kiesbetonplatten; *E* mit Verblendſteinen.

Hängewerke und armierte Balken. Der Ausdruck Hängewerk wird im Ingenieurweſen verſchieden angewendet, da jede Konſtruktion, bei welcher eine Fahrbahn oder andre weſentliche Teile an darüberliegenden Punkten aufgehängt ſind, als Hängewerk bezeichnet werden kann, ſo daß mitunter auch die Hängebrücken (ſ. d.) zu den Hängewerken gerechnet wurden. Meiſt hat man jedoch ſpeziell die in Fig. 1—3 angedeuteten Konſtruktionen mit dem Namen Hängewerk belegt (einfaches, doppeltes, dreifaches Hängewerk u. ſ. w., auch Hängebock). Derartige Träger liefern unter der in der Ingenieurmechanik üblichen Vorausſetzung, daß die Enden frei drehbar und eines derſelben horizontal frei verſchiebbar ſind (Fig. 4—10), keinen Horizontalſchub auf die Stützen, während die Wirkungsweiſe im übrigen von der ſonſtigen Anordnung abhängt. Vgl. Sprengwerke.

Fig. 1.

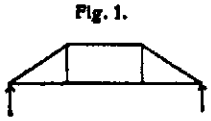


Fig. 2.

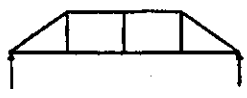


Fig. 3.

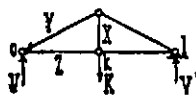


Fig. 4.

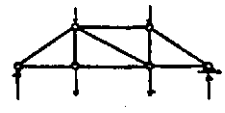


Fig. 5.

Wären in jedem Knotenpunkt (Verbindungsſtelle von Stäben) ſämtliche daſelbſt eintreffenden Stäbe gelenkartig verbunden und äußere Kräfte nur in Knotenpunkten angebracht, dann würden die gewöhnlichen Regeln für Fachwerke eintreten (ſ. d. u. [8]), alle Stäbe nur axialen Zug oder Druck erleiden und z. B. im Falle von Fig. 4 bei beliebiger Knotenpunktslaſt *K* die Stabkräfte ausgedrückt ſein (Zug poſitiv):

$$X = K, \qquad Y = -K\frac{b}{2h}, \qquad Z = K\frac{k}{2h},$$

worin *h*, *b*, *k* die Längen der durch *X*, *Y*, *Z* beanſpruchten Stäbe bedeuten. Die Grenzwerte dieſer Stabkräfte würden alſo mit den Grenzwerten von *K* entſtehen. Der Träger Fig. 5 ließe

ſich unter den angeführten Vorausſetzungen in ähnlicher einfacher Weiſe berechnen, [8], S. 72, während er alsdann ohne eine Diagonale im mittleren Felde auch andre als elaſtiſche Verſchiebungen zuließe (d. h. labil wäre). Da dies praktiſch unzuläſſig iſt, ſo muß bei doppelten und mehrfachen Hängewerken der fehlenden Diagonalen wegen die Stabilität auf anderm Wege erreicht werden.

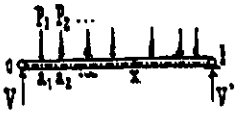


Fig. 6.

Fig. 7.

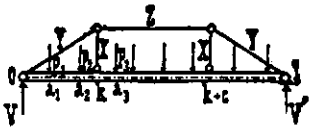


Fig. 8.

Demgemäß ſucht man den in Fig. 7, 8 ſkizzierten Anordnungen zu entſprechen, wonach zwar die nicht horizontalen Stäbe nur axial beanſprucht werden, der horizontale Balken aber als durchlaufender Balken mit nachgiebigen Zwiſchenſtützen wirkt (ſ. Balken, durchlaufende). Da man ohne die Kräfte X, Y, Z in Hängeſäulen, Streben und Spannriegel einen gewöhnlichen einfachen Balken hätte (Fig. 6, ſ. Balken, einfache), für welchen bei beliebiger Belaſtung die Stützenreaktionen:

$$V=\frac{1}{l}\sum_{0}^{l}P(l-a), \qquad V'=\frac{1}{l}\sum_{0}^{l}Pa, \tag{1.}$$

und das Biegungsmoment und die vertikale Schubkraft im Querſchnitt x:

$$(M_x)=Vx-\sum_{0}^{x}P(x-a), \qquad (V_x)=V-\sum_{0}^{x}P, \tag{2.}$$

wenn x die Entfernung des Querſchnitts und $a_1, a_2, \ldots$ die Entfernungen der Laſten $P_1, P_2, \ldots$ vom Auflager 0 bedeuten, die Summen Σ aber alle Laſten zwiſchen den beigeſetzten Grenzen umfaſſen, ſo fragt es ſich nur noch, welche Werte die hinzukommenden Stabkräfte annehmen und welchen Einfluß ſie auf die Beanſpruchungen des Balkens ausüben. Dabei iſt zu beachten, daß durch Y auch der Balken eine überall gleiche Axialkraft N erhält, ſo daß ſich die Normalſpannung in Entfernung v von der Achsſchicht (v nach unten poſitiv) und die Normalſpannungen im oberſten und unterſten Querſchnittselement (e_o, e_u deren abſolute Entfernungen von der Achsſchicht, ſ. Biegung) bei x ausdrücken:

$$\sigma=\frac{N}{F}+\frac{M_x}{J}v, \qquad \sigma_o=\frac{N}{F}-\frac{M_x}{J}e_o, \qquad \sigma_u=\frac{N}{F}+\frac{M_x}{J}e_u, \tag{3.}$$

unter F, J, M_x Querſchnittsfläche, Trägheitsmoment und wirkliches Biegungsmoment des Balkens bei x verſtanden. Für eine beliebige, auf die ganze Spannweite l gleichmäßig verteilte Laſt von u pro Längeneinheit liefern 1., 2. (ſ. Belaſtung der Träger):

$$V=V'=\frac{ul}{2}, \qquad (M_x)=\frac{u}{2}x(l-x), \qquad (V_x)=u\left(\frac{l}{2}-x\right). \tag{4.}$$

Die Stützenreaktionen der in Fig. 7, 8 angedeuteten Hängewerke und der entſprechenden armierten Balken (ſ. unten) bleiben wie für den gewöhnlichen einfachen Balken durch 1., 4. beſtimmt.

Im folgenden ſetzen wir die Querſchnitte der einzelnen Stäbe konſtant voraus, laſſen aber verſchiedene Materialien der letzteren zu, da die gezogenen Stäbe auch bei hölzernen Balken häufig aus Eiſen hergeſtellt werden. Es mögen l, h, b, c die Längen, F, A, B, C die Querſchnitte, E, E_x, E_y, E_z die Elaſtizitätsmoduln, $\alpha, \alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$ die Ausdehnungskoeffizienten und $\tau, \tau_x, \tau_y, \tau_z$ die Temperaturänderungen (gegen eine dem ſpannungsloſen Zuſtande entſprechende Normaltemperatur) für die in ihren Achſen durch N, X, Y, Z beanſpruchten Stäbe bezeichnen.

Einfaches Hängewerk (Fig. 7). Man hat bei beliebiger Belaſtung des Balkens und beliebigen Temperaturen aller Stäbe mit $l=2k$:

$$N=X\frac{k}{2h}, \qquad Y=-X\frac{b}{2h}, \tag{5.}$$

und wenn zur Abkürzung geſetzt wird:

$$m=l^3\mu=l^3\left[\frac{1}{l}+\frac{3J}{h^2F}\left(1+\frac{E}{E_x}\frac{F}{A}\frac{2h^3}{k^3}+\frac{E}{E_y}\frac{F}{B}\frac{b^3}{k^3}\right)\right], \tag{6.}$$

welcher Ausdruck von der Belaſtung unabhängig iſt, von letzterer herrührend:

$$X=\frac{1}{m}\sum_{0}^{k}Pa(3l^2-4a^2)+\frac{1}{m}\sum_{k}^{l}P(l-a)[3l^2-4(l-a)^2], \tag{7.}$$

wonach z. B. durch eine beliebige, auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Laſt von u pro Längeneinheit (vgl. Belaſtung der Träger):

$$X=\frac{5ul}{8\mu}, \tag{8.}$$

durch verſchiedene gleichmäßig verteilte Laſten von u, u' pro Längeneinheit auf der erſten und zweiten Hälfte der Spannweite:

$$X=\frac{5(u+u')l}{16\mu}, \tag{9.}$$

durch eine in der Mittte angreifende Laſt P:

$$X=\frac{P}{\mu}. \tag{10.}$$

Gleiche Temperaturänderungen aller Stäbe erzeugen bei gleichem Material derſelben keine Beanſpruchungen während durch Temperaturänderungen im allgemeinen:

$$X=-\frac{48EJ}{mh}(\alpha\tau k^2+\alpha_x\tau_x h^2-\alpha_y\tau_y b^2). \tag{11.}$$

Für das Moment und die Vertikalkraft im Querſchnitt x des Balkens gelten von $x=0$ bis $x=k$:

$$M_x=(M_x)-X\frac{x}{2},\qquad V_x=(V_x)-\frac{X}{2},\qquad 12.$$

und von $x=k$ bis $x=l$:

$$M_x=(M_x)-X\frac{l-x}{2},\qquad V_x=(V_x)+\frac{X}{2}.\qquad 13.$$

Bei ſymmetriſcher Belaſtung liegen gleiche Momente und numeriſch gleiche Vertikalkräfte ſymmetriſch zur Mitte.

Doppeltes Hängewerk (Fig. 8). Bei beliebiger Belaſtung des Balkens und beliebigen Temperaturänderungen aller Stäbe hat man mit $l=2k+c$:

$$N=X\frac{k}{h},\qquad Y=-X\frac{b}{h},\qquad Z=-X\frac{k}{h},\qquad 14.$$

und wenn zur Abkürzung geſetzt wird:

$$n=2k^2(2k+3c)\nu=2k^2(2k+3c)\left[1+\frac{3}{2k+3c}\frac{J}{h^2}\left(\frac{l}{F}+\frac{2E}{AE_x}\frac{h^2}{k^2}+\frac{2E}{BE_y}\frac{b^2}{k^2}+\frac{cE}{CE_z}\right)\right],\qquad 15.$$

welcher Ausdruck, wie oben m, von der Belaſtung unabhängig iſt, von letzterer herrührend:

$$X=\frac{1}{n}\sum_0^k Pa\,[3k(k+c)-a^2]+\frac{k}{n}\sum_k^{k+c}P\,[3a(l-a)-k^2]+\frac{1}{n}\sum_{k+c}^{l}P(l-a)\,[3k(k+c)-(l-a)^2].\qquad 16.$$

Hiernach wird durch eine beliebige auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Laſt von u pro Längeneinheit (vgl. Belaſtung der Träger):

$$X=\frac{u}{2n}k(k+c)(5k^2+5kc+c^2).\qquad 17.$$

durch verſchiedene gleichmäßig verteilte Laſten von u, u' pro Längeneinheit auf der erſten und zweiten Hälfte der Spannweite:

$$X=\frac{u+u'}{4n}k(k+c)(5k^2+5kc+c^2),\qquad 18.$$

durch verſchiedene gleichmäßig verteilte Laſten von u, u', u'' pro Längeneinheit zwiſchen 0 und k bezw. k und $k+c$ bezw. $k+c$ und l:

$$X=\frac{u+u''}{4n}k^3(5k+6c)+\frac{u'}{2n}kc(4k^2+6kc+c^2),\qquad 19.$$

durch eine bei k oder $k+c$ angreifende Laſt P und durch zwei bei k und $k+c$ angreifende Laſten P_1, P_2:

$$X=\frac{P}{2\nu}\quad\text{bezw.}\quad X=\frac{P_1+P_2}{2\nu}.\qquad 20.$$

Gleiche Temperaturänderungen aller Stäbe erzeugen bei gleichem Material derſelben keine Beanſpruchungen, während durch Temperaturänderungen im allgemeinen:

$$X=-\frac{6EJ}{nh}(\alpha\tau lk+2\alpha_x\tau_x h^2-2\alpha_y\tau_y b^2-\alpha_z\tau_z ck).\qquad 21.$$

Für das Moment und die Vertikalkraft im Querſchnitt x des Balkens gelten von $x=0$ bis $x=k$:

$$M_x=(M_x)-Xx,\qquad V_x=(V_x)-X\qquad 22.$$

von $x=k$ bis $x=k+c$:

$$M_x=(M_x)-Xk,\qquad V_x=(V_x),\qquad 23.$$

und von $x=k+c$ bis $x=l$:

$$M_x=(Mx)-X(l-x),\qquad V_x=(V_x)+X.\qquad 24.$$

Bei ſymmetriſcher Belaſtung liegen gleiche Momente und numeriſch gleiche Vertikalkräfte ſymmetriſch zur Mitte. Für den häufig vorkommenden Fall $k=c=l/3$ treten weſentliche Vereinfachungen der Formeln 15. bis 19. ein.

Armierte Balken. Als ſolche bezeichnet man Träger der in Fig. 9, 10 angedeuteten Art, welche durch Drehung des Hängewerks um die Balkenachſe entſtanden gedacht werden können. Wie bei dieſem ſoll durch die Unterſtützung in k bezw. in k und $k+c$ eine größere Tragfähigkeit als beim einfachen Balken erreicht werden. Für den armierten Balken Fig. 9 gelten neben den Beziehungen 1.—4. die Formeln 5.—13., mit dem alleinigen Unterſchiede, daß in 7.—10. den ganzen rechten Seiten ein Minuszeichen vorzuſetzen und in 12., 13. vor den X allein negative und poſitive Vorzeichen zu vertauſchen ſind. Für den armierten Balken Fig. 10 gelten neben 1.—4. die Gleichungen 14.—24., nur daß den ganzen rechten Seiten von 16.—20. ein Minuszeichen vorzuſetzen und in 22.—24. vor den X allein negative und poſitive Vorzeichen zu vertauſchen ſind. Abgeſehen von Einflüſſen der Temperatur ſind hiernach für Hängewerke und armierte Balken gleicher Dimenſionen und Belaſtung die M_x, V_x entſprechender Querſchnitte des Balkens gleich groß, die Stabkräfte N, X, Y, Z numeriſch gleich und von verſchiedenen Vorzeichen, nämlich für Hängewerke X, N Zug, Y und Z Druck, für armierte Balken X, N Druck, Y und Z Zug, während die Stützenreaktionen V, V' für gewöhnliche einfache Balken, Hängewerke und armierte Balken bei gleicher Spannweite und Belaſtung vollſtändig gleich ſind.

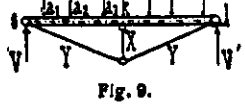


Fig. 9.

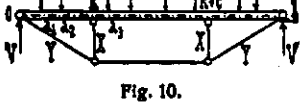


Fig. 10.

Nach den gegebenen Beziehungen laſſen ſich die Beanſpruchungen der am häufigſten vorkommenden Hängewerke und armierten Balken für beliebige Belaſtungen und Temperaturänderungen berechnen, ſobald die Querſchnitte bekannt ſind. Zu vorläufiger Berechnung der letzteren und andern Näherungsrechnungen können die gegebenen Formeln mit $\mu=1$, $m=l^3$

in den Fällen Fig. 7, 9, mit $\nu = 1$, $n = 2k^2(2k + 3c)$ in den Fällen Fig. 8, 10 dienen. Die Grenzwerte der Beanſpruchungen bei bewegter Laſt wären nach einer der unter Grenzwerte angeführten Methoden zu berechnen. Je nachdem größere oder geringere Genauigkeit beanſprucht iſt, würde meiſt die dortige Methode b. bezw. e. zu empfehlen ſein. Ableitung von Grenzwerten für Hängewerke ſ. [3].

Literatur: [1] Ritter, A., Elementare Theorie und Berechnung eiſerner Dach- und Brückenkonſtruktionen, Hannover 1873, S. 298. — [2] Fränkel, Theorie des einfachen Sprengwerks, Civilingenieur 1876, S. 22. — [3] Melan, Theorie d. Sprengwerks, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1876, S. 233. — [4] Steiner, Kontinuierliche Träger auf balancierten Stützen, ebend. 1876, S. 245 (ſ. a. Wochenſchr. dieſes Vereins 1887, S. 37, 42, 107, ſowie Techn. Blätter 1885, S. 157, und 1890, S. 212). — [5] Caſtigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques et ses applications, Turin 1879, S. 315, 328 (deutſch von Hauff, Wien 1886, S. 316, 323). — [6] Winkler, Theorie der Brücken, I, Aeußere Kräfte der Balkenträger, Wien 1886, S. 223, 256. — [7] Höch, Berechnung der doppelten Hänge- und Sprengwerke bei einſeitiger Belaſtung, Zentralbl. d. Bauverwaltung 1888, S. 474. — [8] Weyrauch, Beiſpiele und Aufgaben zur Berechnung der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1888 (Aufg. 17, 18, Beiſp. 15, u. f. w.). — [9] Lang, Zur Entwicklungsgeſchichte der Spannwerke des Bauweſens, Riga 1890, S. 32. — [10] Landsberg, Die Statik der Hochbaukonſtruktionen, Stuttgart 1899, S. 198. — [11] Heyn, Das doppelte hölzerne Hängewerk im Dachbinder, Zeitſchr. f. Architektur- u. Ingenieurweſen 1899, S. 373. — [12] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, II, Leipzig 1903, S. 243. — [13] Derſ., Neuere Methoden der Feſtigkeitslehre, Leipzig 1904, S. 103, 107. *Weyrauch.*

Hängewerke nennt man die Zuſammenſetzung mehrerer Hölzer, mittels welcher ein an ſeinen Enden aufliegender Balken, der ſich nicht frei tragen würde, an einem oder mehreren Punkten aufgehängt und dadurch ſeine Laſt auf die Endpunkte übertragen wird.

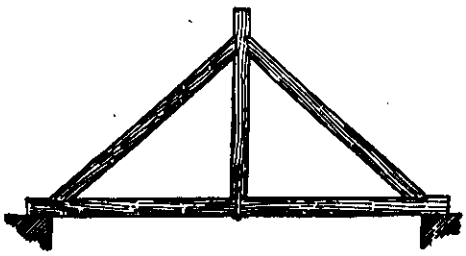


Fig. 1.

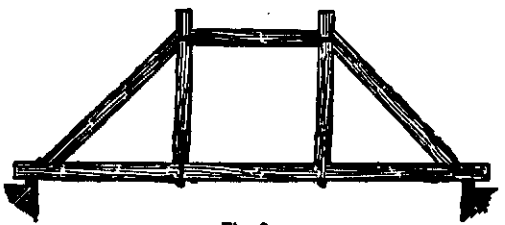


Fig. 2.

Wir unterſcheiden 1. einfaches Hängewerk oder Hängebock (Fig. 1), 2. doppeltes Hängewerk (Fig. 2). Namen und Zweck iſt aus nachfolgender Zuſammenſtellung zu entnehmen. Die beigeſetzten Buchſtaben ſtimmen überein mit jenen, welche in den Figuren die betreffenden Konſtruktionsteile bezeichnen.

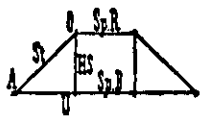


Fig. 4.

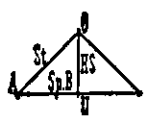


Fig. 3

1. Zug- oder Spannbalken (Sp. B.), der durchlaufende, auf den beiden Enden aufliegende und durch die Zimmerung zu ſtützende Tragbalken. Die Entfernung der einzelnen Unterſtützungspunkte voneinander hängt von den Querſchnittsdimenſionen des Balkens

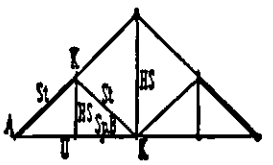


Fig. 5.

ab und ſie beträgt bei 16 : 20 cm ca. 4 m, bei 17,5 : 25 cm ca. 5—5,5 m. Der Zugbalken liegt mit ſeinen Enden zumeiſt nicht unmittelbar auf den Mauern, ſondern auf ſogenannten Mauerlatten auf (ſ. Dachſtuhl, Bd. 2, S. 514).

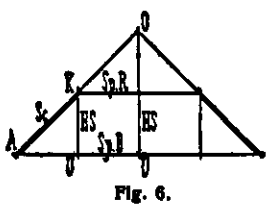


Fig. 6.

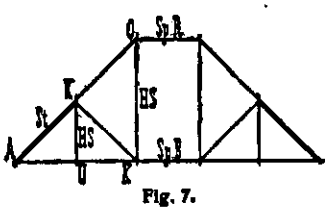


Fig. 7.

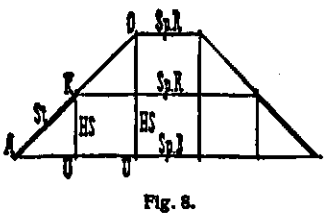


Fig. 8.

2. Streben (St.). Gegen den Horizont geneigt, mit ihren unteren Enden auf den Zugbalken, mit den oberen an den Hängeſäulen befeſtigt und dieſe haltend. Sie werden auf Druck beanſprucht.

3. Hängeſäulen, Hängepfoſten (H. S.). Haben den Zweck, den Zugbalken an einzelnen Punkten zu tragen. Sie werden auf Zug beanſprucht.

4. Spannriegel (Sp. R.). Beim doppelten und mehrfachen Hängewerk vorkommende, die Streben und Hängeſäulen miteinander verſpannende horizontale Hölzer. Auf Druck bezw. Knicken beanſprucht.

Die Verbindungen an den Auflagern *A* und den Knotenpunkten *O*, *U*, *K* werden entweder als reine Holzverbindungen oder mit Hilfe von Eiſenarmierungen (Hängeeiſen, Bänder, Klammern, Schuhe u. ſ. w.) ausgeführt. In Fig. 3—8 ſind ſchematiſche Darſtellungen verſchiedener Hängewerke dargeſtellt. Die vorkommenden Verbindungen ſind: a) Verbindung der Strebe mit

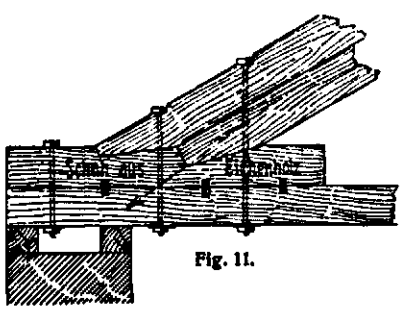


Fig. 11.

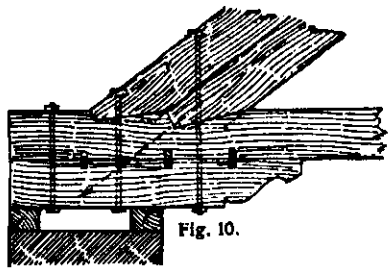


Fig. 10.

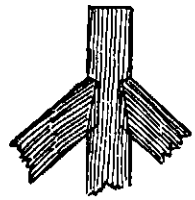


Fig. 12.

Fig. 15.

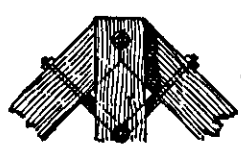


Fig. 14.

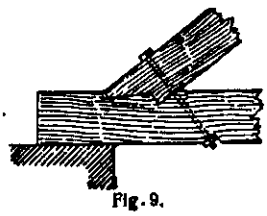


Fig. 9.

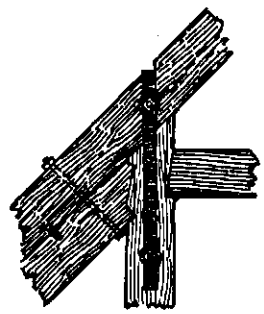


Fig. 22.

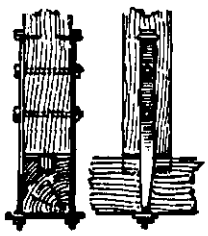


Fig. 16.

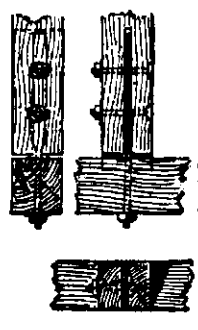


Fig. 17.

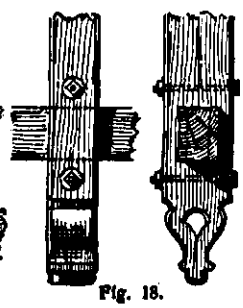


Fig. 18.

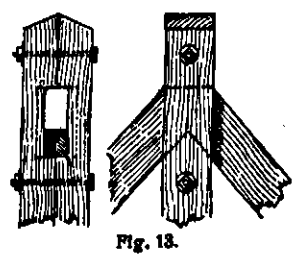


Fig. 13.

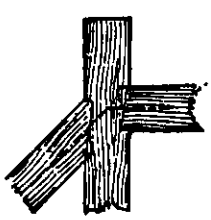


Fig. 19.

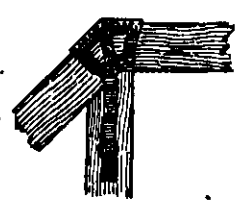


Fig. 20.

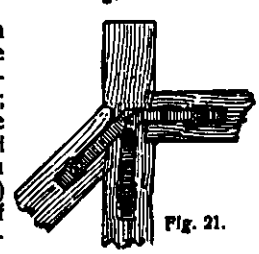


Fig. 21.

Zugbalken, welche oft an ihren Enden durch Schuhe oder Sattelhölzer zu verſtärken ſind (vgl. Fig. 9—11); b) Verbindung der Strebe mit Hängeſäule, wobei deren Kopf gegen Abſcheren ſicherzuſtellen (Fig. 12—14) oder, wenn für den Kopf nicht hinreichende Höhe vorhanden iſt, dieſer durch eine Kappe zu erſetzen iſt (Fig. 15); c) Verbindung der Hängeſäule mit Zugbalken durch Hängeband (ſ. d.), Hängeeiſen (Fig. 16 und 17) oder durch Anordnung doppelter Hängepfoſten (Fig. 18); d) Verbindung der Hängeſäule mit Strebe und Spannriegel (ſ. Fig. 2); auch hier ſind Armierungen mit Vorteil anzuwenden (Fig. 19—22). Ueber Berechnung der Hängewerke und weitere Einzelheiten ſ. [1]—[4].

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 1, Konſtruktionselemente, 2. Aufl., Darmſtadt 1891. — [2] Breymann, G. H., Allgemeine Baukonſtruktionslehre, 2. Teil, Stuttgart 1885. — [3] Wanderley, G., Handbuch der Baukonſtruktionslehre, Bd. 2, 3. Aufl., Halle 1887. — [4] Baukunde des Architekten, Bd. 1, 1. Teil, Berlin 1895. *Weinbrenner.*

Hängewerksbrücken, ſ. Hängebrücken; auch ältere Bezeichnung für überhöhte Sprengwerksbrücken mit angehängter Fahrbahn (ſ. Brücken, hölzerne, Bd. 2, S. 345).

Hängezeug, ſ. Grubeninſtrumente.

Hänghaus, ſ. v. w. Hänge (ſ. d.).

Hänglade, ſ. Weberei.

Härtborſten (Härteriſſe), feine oft unſichtbare Riſſe, die beim Härten beſonders von ſolchen Stücken entſtehen, die unregelmäßige Form und Dicke

haben, und zwar dadurch, daß beim raſchen und ungleichförmigen Zuſammenziehen des abgelöſchten Stückes die ſchneller erkalteten und erſtarrten dünneren Teile der heftigen Zuſammenziehung der noch weiter erkaltenden und erſtarrenden ſtärkeren Teile nicht nachgeben können, wodurch der gleichförmige Zuſammenhang des Materiales geſtört wird. S. Härten. *Dalchow.*

Härte. Im gewöhnlichen Sprachgebrauch wird teilweiſe jede Art der Aeußerung von Druckfeſtigkeit als Härte bezeichnet; der engere Begriff Härte aber bezeichnet die Druckfeſtigkeit eines Körpers nicht, ſoweit er als Ganzes, ſondern nur, ſoweit er auf einem eng begrenzten Gebiet ſeiner Oberfläche durch Druck in Anſpruch genommen wird. Je nach der Art dieſer Inanſpruchnahme iſt nun der Begriff Härte wieder verſchieden und daher das Maß der Härte eines Körpers wechſelnd je nach dem Verfahren, durch welches die Härte geprüft und deren Grad gemeſſen wird, ein andres, je nachdem der Körper durch einen gleich harten oder durch einen härteren beanſprucht wird, je nachdem das Werkzeug ſtumpfer oder ſpitziger, je nachdem die Inanſpruchnahme in der Ruhe oder unter gleitender oder unter bohrender Bewegung des Werkzeuges erfolgt (ſtatiſche und dynamiſche Beanſpruchung), und ſehr verſchieden je nach der Geſchwindigkeit der Bewegung.

Beim Eindringen von Geſchoſſen und bei der Bearbeitung raſch rotierender Körper auf der Drehbank kann man eine vollſtändige Umkehr des gewöhnlichen Härteverhältniſſes der Körper beobachten, deren Urſache in der ungleichen Veränderlichkeit der Härte verſchiedener Körper mit der Temperatur ſowie in der ungleichen Erwärmung der bei der Bewegung beanſpruchten Körper, teilweiſe auch in einer Verzögerung der Reaktion der Kohäſionskräfte bei ſehr raſcher Inanſpruchnahme geſucht werden muß. — Bei der Entdeckung des periodiſchen Syſtems der Elemente (ſ. Atomgewicht) wurde die Härte als eine derjenigen phyſikaliſchen Eigenſchaften der Elemente erkannt, welche die Perioden der nach der Größe ihrer Atomgewichte geordneten Elemente kennzeichnen. Eine weitere Ausführung dieſer Geſetzmäßigkeit unter Berechnung der Härte der Elemente im Maß der Mohsſchen Skala gibt [14].

Die Mineralogen nennen von zwei Körpern denjenigen den härteren, der den andern ritzt, während er von dieſem nicht geritzt wird. Hierbei iſt indeſſen zu berückſichtigen, daß gleich harte Körper ſich gegenſeitig ritzen, daß der härtere den weicheren nur ritzt, wenn das beanſpruchte Oberflächenelement über ein gewiſſes Maß von Druck pro Flächeneinheit erleidet, daß manche Kriſtalle an den Kanten härter zu ſein pflegen als inmitten der Flächen, daß das Ritzen der Kriſtallflächen in verſchiedenen Richtungen zum Teil verſchieden leicht erfolgt. Allgemein gebräuchlich iſt jetzt die zehnſtufige Härteſkala von Mohs, worüber der Art. „Härtebeſtimmung“ zu vergleichen iſt. Wir geben, dieſen zehn Stufen entſprechend, nach [1] oder [2] folgende weitere Härtemaße verſchiedener Körper, zugleich unter Verweis auf den Art. „Edelſteine“, wo ſich weitere Härteangaben finden.

Wachs (bei 0°) 0,2; Lehm 0,3; Graphit 0,5—1; Kaolin 1; Aſphalt 1—2; Gips 1,6—2; Schwefel 1,5—2,5; Salpeter 2; Eiſenvitriol 2; Spießglanz 2; Anthrazit 2,2; Alaun 2—2,5; Bernſtein 2—2,5; Bitterſalz 2,3; Meerſchaum 2—3; Bleiglanz 2,5; Wismut 2,5; Kupfer 2,5—3; Gold und Silber 2,5—3; Glimmer 2,8; Antimon 3,3; Schwerſpat 3,3; Aragonit 3,5; Arſen 3,5; Marmor 3—4; Serpentin 3—4; Dolomit 3,5—4; Opal 4—6; Platin 4,3; Palladium 4,8; Galmei 5; Aſbeſt 5; Hornblende 5,5; Adular 6; Augit 6; Eiſenglanz 6; Iridium 6; Magneteiſenerz 6; Eiſenkies 6,3; Platiniridium 6,5; Achat, Feuerſtein 7; Granat 7; Turmalin 7,3; Andaluſit 7,5; Beryll 7,8.

Für die Geſchichte der Verſuche, durch welche man beſtrebt war, die des einheitlichen Maßes entbehrenden mineralogiſchen Härteſtufen durch ein quantitatives Härtemaß zu erſetzen, verweiſen wir auf [3] und [4] ſowie auf den Art. „Härtebeſtimmung“. Alle diejenigen Methoden, welche, die Härte als „Eindringungs“widerſtand betrachtend, mittels eines ſpitzen Inſtruments, Sklerometer, prüfen, ſowie jene, welche ſich andrer, mit der Härte zuſammenhängender Körpereigenſchaften, wie der Scherfeſtigkeit [5] bedienen, leiden an Willkürlichkeiten. Ausgezeichnet durch die mathematiſch exakte Definition des Begriffs Härte ſowie durch die relative Unabhängigkeit von der Form des Werkzeugs iſt das Verfahren von Hertz und Auerbach [3] und [6].

Hertz beſchränkt den Begriff Härte auf die ſtatiſche Beanſpruchung durch ein Werkzeug mit kugligem Ende, das hierbei am beſten aus demſelben Material wie der zu prüfende Körper beſteht. Nach der Theorie von Hertz iſt der Radius der Druckfläche proportional der Kubikwurzel aus dem Geſamtdruck, ſo daß der Druck pro Flächeneinheit mit der Kubikwurzel aus dem Geſamtdruck proportional wächſt. Dieſer Einheitsdruck nimmt vom Rande der Druckfläche gegen die Mitte zu proportional dem Werte $\sqrt{1-k^2}$, wobei k die Entfernung von der Mitte in Einheit des Radius mißt, ſo daß der Einheitsdruck in der Mitte $^3/_2$ mal gleich dem mittleren Einheitsdruck wird. Der Grenzwert desjenigen in der Mitte der Druckfläche herrſchenden Einheitsdrucks, bei welchem die Elaſtizitätsgrenze erreicht wird, iſt nach Hertz das Maß der Härte. Dieſer Druck iſt $P_1 = 6P : \pi d^2$, wobei P der Geſamtdruck und d der Durchmeſſer der Druckfläche iſt. Der Wert von P_1 iſt nach der Theorie unabhängig vom Krümmungsradius des Werkzeugs.

Auerbach [7] hat die Hertzſche Methode der Härtemeſſung weiter ausgebildet; er unterſcheidet als Elaſtizitätsgrenze bei ſpröden Körpern denjenigen Druck, bei welchem ſich um

die Druckfläche ein Sprung bildet, und als Elaſtizitätsgrenze bei plaſtiſchen Körpern den Druck, der eine gleichförmige Eindringungsgeſchwindigkeit bewirkt. In [13] gibt Auerbach folgende Härtebeſtimmungen im Hertzſchen Maß: Die Eindringungsbeanſpruchung beträgt in Kilogramm pro Quadratmillimeter für Talk 5, Gips 14, Steinſalz 20, Kalkſpat 92, Flußſpat 110, ſchwerſtes Silikatflintglas 170, leichtes Flint 210, Apatit 237, Adular 253, Borſilikatbrownglas 274, Quarz 308, Topas 525, Korund 1150. Der einheitlichen Definition des Begriffs Härte gegenüber erſcheint die Unterſcheidung eines mehrfachen Begriffs nicht ungerechtfertigt. Die „Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction" zu Paris hat eingehende theoretiſche und experimentelle Prüfungen der an den Begriff Härte ſich knüpfenden Fragen veranlaßt. Die Berichte, in denen je nach der Art der Einwirkung auf die Körper verſchiedene Begriffe von Härte unterſchieden werden, liegen vor in [4], [8], [9]. Allgemeinere Unterſuchungen über die Begriffe Feſtigkeit, Härte, Plaſtizität, Sprödigkeit f. bei [10] und [11]. Einen kurzen Auszug aus [4], [8], [9] und [11] f. [12].

Seit dem Jahre 1900 hat ſich eine bei der Pariſer Ausſtellung mit dem grand prix personnel ausgezeichnete neue Behandlungsart der Härteprüfung die Gunſt der metallurgiſchen Technik errungen [15]. J. A. Brinells Härtemaß iſt ebenſo wie dasjenige von Hertz aus dem Widerſtande abgeleitet, dem das Eindringen eines kuglig gerundeten Werkzeugs in den zu prüfenden Körper begegnet. Aber Stoff und Krümmungsradius des Werkzeugs ſind hier vorgeſchrieben, nämlich gehärteter Stahl von 10 mm Kugeldurchmeſſer, ebenſo der Druck, nämlich 3000 kg für Eiſen und Stahl, 500 kg für Metalle und Legierungen geringerer Härte, ſo daß die bei zähen Körpern ohnedies ſchwierige Berückſichtigung der Elaſtizitätsgrenze hier wegfällt.

Das Brinellſche Härtemaß iſt der Quotient aus der Belaſtung in Kilogramm und der Fläche des erhaltenen Eindrucks in Quadratmillimeter, alſo der Druck pro Flächeneinheit der beanſpruchten Kugelſchale des Werkzeugs, und daher gleich zwei Drittel des Hertzſchen Maßes, ſoweit nicht die Ueberſchreitung der Elaſtizitätsgrenze eine weitere Verſchiedenheit bedingt. Durch Multiplikation mit geeigneten Koeffizienten ergeben die Härtezahlen von Eiſen und Stahl zugleich die Werte der Zugfeſtigkeit, alſo eine bequeme mittelbare Beſtimmung dieſer Eigenſchaft. — Nachfolgende Tabelle dient dazu, die umſtändliche Berechnung der Kugelkalotte der Druckfläche zu erſparen, indem ſie, der Belaſtung von 3000 kg entſprechend, zu dem Durchmeſſer der Druckfläche die zugehörige Brinellſche Härtezahl angibt. Die der Belaſtung 500 kg entſprechenden Härtezahlen ſind die ſechſten Teile der angegebenen.

Durchmeſſer mm	Härtezahl	Durchmeſſer mm	Härtezahl	Durchmeſſer mm	Härtezahl	Durchmeſſer mm	Härtezahl	Durchmeſſer mm	Härtezahl	Durchmeſſer mm	Härtezahl	Durchmeſſer mm	Härtezahl	Durchmeſſer mm	Härtezahl
2,00	945	2,50	602	3,00	415	3,50	302	4,00	229	4,50	179	5,00	143	6,00	95
2,05	899	2,55	578	3,05	401	3,55	293	4,05	223	4,55	174	5,10	137	6,10	92
2,10	857	2,60	555	3,10	388	3,60	285	4,10	217	4,60	170	5,20	131	6,20	89
2,15	817	2,65	534	3,15	375	3,65	277	4,15	212	4,65	167	5,30	126	6,30	86
2,20	780	2,70	514	3,20	363	3,70	269	4,20	207	4,70	163	5,40	121	6,40	83
2,25	745	2,75	495	3,25	352	3,75	262	4,25	202	4,75	159	5,50	116	6,50	80
2,30	712	2,80	477	3,30	341	3,80	255	4,30	197	4,80	156	5,60	111	6,60	77
2,35	682	2,85	461	3,35	331	3,85	248	4,35	192	4,85	152	5,70	107	6,70	74
2,40	654	2,90	444	3,40	321	3,90	241	4,40	187	4,90	149	5,80	103	6,80	72
2,45	627	2,95	429	3,45	311	3,95	235	4,45	183	4,95	146	5,90	99	6,90	70

Nach Dillner ermittelt man aus den Härtezahlen von Eiſen und Stahl die Werte der Zugfeſtigkeit durch Multiplikation mit den Faktoren: a) 0,362 bei Härtezahlen unter 175 und bei Proben ſenkrecht gegen die Walzrichtung; b) 0,354 ebenſo bei Proben parallel der Walzrichtung; c) 0,344 bei Härtezahlen über 175 und bei Proben ſenkrecht zur Walzrichtung; d) 0,324 ebenſo bei Proben parallel der Walzrichtung.

Literatur: [1] Auerbach, in Winkelmann, Handbuch der Phyſik, 1, Breslau 1891, S. 316. — [2] Landolt und Börnſtein, phyſik.-chem. Tabellen, 3. Aufl., Berlin 1905, S. 57. — [3] Auerbach, Abſolute Härtemeſſung, Wiedem. Ann., 43, 1891, S. 61. — [4] Osmond, Bericht, betreffend die Verſuche über ſtatiſche Eindringung und Ritzung, Paris 1893. — [5] Kick, S., Was ſind ſpröde Körper, wie kann man die Härte ziffermäßig beſtimmen? Prag 1889. — [6] Hertz, H., Verhandlungen der Berl. phyſ. Geſellſch., 1, 1882, S. 67, und Creiles Journal 92, 1882, S. 152. — [7] Auerbach, Ueber Härtemeſſung, Wiedem. Ann. 45, 1892, S. 262; Ueber die Härte der Metalle, der kriſtalliſierten, der amorphen und der waſſerhaltigen Kieſelſäure, Drudes Annal. d. Phyſ. 1900, Bd. 3, S. 108 u. 116. — [8] Osmond, Bericht über die Härte, ihre Definition und Meſſung, Paris 1893. — [9] Derſ., Sprödigkeit und Plaſtizität, Paris 1893. — [10] Derſ., Plaſtizität und Sprödigkeit, Wiedem. Ann., 45, 1892, S. 277. — [11] Gaudillot, Osmond und Pourcel, Bericht über die techniſche Terminologie, Paris 1893. — [12] Beiblätter zu den Annalen von Wiedemann, 19, 1895, S. 745. — [13] Die Härteſkala in abſolutem Maß, Wiedem. Ann., 58, 1896, S. 357. — [14] Rydberg, J. R., Zeitſchr. f. phyſik. Chemie, 33, 1900, S. 353. — [15] Baumaterialienkunde, Organ des internat. Verbands für die Materialprüfung der Technik 1906, Heft 1 und 8.

Aug. Schmidt.

Härte der Minerale. Für oberflächliche Prüfungen genügen folgende Angaben: Minerale der Härte 1 fühlen ſich fettig an, diejenigen der Härte 2 laſſen ſich mit dem Fingernagel ritzen, nicht aber diejenigen von Härte 3. Mit dem Meſſer laſſen ſich Minerale von Härte 4 leicht, von Härte 5 nur ſchwer ritzen, wohl aber mit einer harten Feile. Härte 5 iſt ungefähr diejenige von gewöhnlichem Fenſterglas, härtere Minerale ritzen alſo dasſelbe. Was Härte 7 (Quarz) und mehr beſitzt, gibt mit dem Stahl Funken. Härter als Quarz ſind nur wenige Minerale. —

A. Roſiwal verſuchte die mittlere Härte der Glieder der Mohsſchen Härteſkala dadurch zu beſtimmen, daß er die Gewichtsverluſte maß, welche die Minerale beim Reiben mit 100 g Schmirgel (oder Diamant) erlitten, und berechnete außerdem die relative Härte. Vgl. a. den Abſchnitt Härte im Art. Geſteine, S. 450.

Literatur: Roſiwal, Neue Beſtimmung der Härte, Anzeiger der k. k. Akademie der Wiſſenſchaften, Wien 1893, XI; Vorträge des Vereins zur Verbreitung naturwiſſenſchaftlicher Kenntniſſe, Wien 1893, S. 605—650. *Leppla.*

Härte des Waſſers, ſ. Waſſer.

Härtebeſtimmung. Unter Härte verſteht man den Widerſtand, den ein Körper dem Eindringen eines andern Körpers in ſeine Oberfläche entgegenſetzt. Dementſprechend bezeichnet die Mineralogie denjenigen von zwei Körpern als den härteren, welcher den andern zu ritzen vermag.

Als allgemeiner Härtemaßſtab dient ihr die ſogenannte Mohsſche Skala, umfaſſend nach ſteigender Härte geordnet: Talk (1), Steinſalz (2), Kalkſpat (3), Flußſpat (4), Apatit (5), Orthoklas (6), Quarz (7), Topas (8), Korund (9) und Diamant (10). Man ermittelt, welches von dieſen Mineralien den zu prüfenden Körper eben noch ritzt und welches er ſelbſt eben noch zu ritzen vermag. Seine Härte liegt dann zwiſchen dieſen beiden oder iſt gleich derjenigen des Minerals, das ihn eben nicht mehr zu ritzen vermag. Sie wird ausgedrückt durch die Zahl, welche das betreffende Mineral in der aufgeführten Nummernfolge hat. Dieſe Art der Härtebeſtimmung iſt demnach eine relative; ſie beruht nur auf einem Vergleich. Ihr unmittelbar nachgebildet ſind die Verfahren von Gollner [1] und von Friedr. Müller [2]. Bei dem erſteren wird mit zylindriſchen, an den Enden kegelförmig zugeſpitzten und mit Schneiden verſehenen Stäben aus verſchiedenen Stoffen geritzt, während Müller dünne Quadratſtäbe aus reinem Zementſtahl mit um je 0,1 % ſteigendem Kohlenſtoffgehalt verwendet, die durch vorſichtiges Ausglühen im Holzkohlenfeuer und langſames Erkalten auf den Zuſtand ihrer Naturhärte gebracht und durch eine ſchräge Fläche wie ein Drehſtahl zugeſpitzt ſind. Man erhält durch Ritzen mit dieſen Stäben die Härte des Probematerials, bezogen auf die Naturhärte von Kohlenſtoffſtahl.

Um die Härtemeſſung auf eine beſtimmte Einheit zurückzuführen, ſind folgende Verfahren in Vorſchlag gebracht:

1. Eindruck- und Einkerbproben bei ſtetig wachſender oder durch Schlag ausgeübter Belaſtung. Hierbei dienen als Werkzeuge in der Regel Stempel aus hartem Material und als Härtemaß entweder die Eindringtiefe oder Kerblänge für eine beſtimmte Belaſtung oder Schlagarbeit oder umgekehrt die Belaſtung bezw. Schlagarbeit, die bei gegebenem Stempel zur Erzielung eines Eindrucks beſtimmter Tiefe oder Kerblänge erforderlich iſt.

Die Einzelheiten der von verſchiedenen Forſchern angewendeten Verfahren ſind aus der nachſtehenden Tabelle S. 740 erſichtlich.

Föppl mißt den Durchmeſſer der Eindruckflächen bei praktiſchen Verſuchen mit dem Zirkel. Damit die Flächen ſich deutlich abgrenzen, wird der eine Zylinder berußt. Er wird hierzu mit Terpentin beſtrichen und dann langſam durch eine Terpentinflamme geführt. Beim Verſuch löſt ſich die Rußſchicht innerhalb der Druckfläche ab und geht auf den urſprünglich unberußten Zylinder über. Die Druckfläche erſcheint daher auf dem berußten Zylinder als helles Feld in dunkelm Grunde und bei dem zweiten Zylinder umgekehrt als dunkles Feld in heller Umgebung. Nach Verſuchen von Schwerd [34] geben Zylinderſegmente gleich große Eindruckflächen, alſo gleiche Härtezahlen wie Vollzylinder. Aus Stücken von weniger als 40 mm Durchmeſſer oder Dicke werden die Proben daher derart hergerichtet, daß zwei Platten des Probematerials auf zwei gegenüberliegende Flächen eines beliebigen Vierkanteiſens aufgelötet und mit demſelben auf 40 mm Durchmeſſer abgedreht werden. Das ſich ergebende Härtemaß H nimmt mit dem Zylinderdurchmeſſer ab, und zwar iſt es umgekehrt proportional der dritten Wurzel aus dem Krümmungshalbmeſſer r, alſo

$$H : H_1 = \frac{1}{\sqrt[3]{r}} : \frac{1}{\sqrt[3]{r_1}} = \sqrt[3]{r_1} : \sqrt[3]{r}.$$

Bei der Kugeldruckprobe von Brinell ([31]—[33]) ſind Dicke d und Kantenlänge a des Probeſtückes von Einfluß auf die Härtezahl, wenn $d < 2{,}5$ mm und $a < 35$ mm iſt. Als normale Abmeſſungen gelten $d = 10$ mm und $a = 35$ mm. Als Grenze für die Eindrucktiefe gilt, daß der Zentriwinkel über dem Eindruck nicht größer als 90° ſein darf; innerhalb dieſer Grenze ergeben alle Eindrucktiefen bei demſelben Material ſtets gleiche Härtezahlen. Als praktiſch haben ſich erwieſen Belaſtungen von 3000 kg für Eiſen und Stahl und von 500 kg für weichere Metalle und Legierungen. Die Härtebeſtimmung nach dem Verfahren von Brinell iſt zurzeit am meiſten im Gebrauch. Hierbei ſcheint die Härtezahl H im beſtimmten Verhältnis zu den Spannungen an der Streckgrenze (σ_S) und beim Bruch (σ_B) ſowie zu der Dehnung (δ) zu ſtehen, ſo daß die letzteren aus der Härtezahl berechnet werden können. So fand Brinell für verſchiedene Kohlenſtoffſtähle mit 0,09—1,05 % C übereinſtimmend die Zugfeſtigkeit $\sigma_B = 0{,}35\,H$ [35].

Dillner fand für ausgeglühte Metalle folgende Verhältniswerte:

a) bei Härtezahlen unter 175:

$\sigma_B = 0{,}362\,H$ für Proben ſenkrecht zur Walzrichtung,

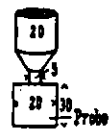
$\sigma_B = 0{,}354\,H$ für Proben parallel zur Walzrichtung.

b) bei Härtezahlen über 175:

$\sigma_B = 0{,}344\,H$ für Proben ſenkrecht zur Walzrichtung,

$\sigma_B = 0{,}324\,H$ für Proben parallel zur Walzrichtung.

Die Laſtdauer iſt von Einfluß auf das Ergebnis. Zur Ausführung der Kugeldruckprobe iſt jede Druckpreſſe mit hinreichend genauer Kraftanzeige geeignet. Sonderapparate haben angegeben

Verfahren von	Form des Werkzeuges	Art der Belaſtung	Maß für die Härte
Calvert und Johnſon [3], [4]		Druck	Die erforderliche Belaſtung, um den Stempel innerhalb einer halben Stunde 3,5 mm tief einzudrücken.
Hugueny [5]	ſpitzer Kegel	Druck	Belaſtung für 0,1 mm Eindrucktiefe.
United States Ordonance Department [4], [6]	Pyramide	Druck	Das bei 10000 Pfund Belaſtung verdrängte Volumen. Die Maßeinheit $= {}^1/_{30}$ Kubikzoll.
Kerpeli [6], [7]	ſpitzer Kegel	Druck	Durchmeſſer des Grundkreiſes des mit beſtimmter Belaſtung eingedrückten Kegels.
Keep [4], [6]	Stempel 0,5 Zoll im Quadrat mit 100 kleinen Pyramiden	Schlag	Erforderliche Anzahl aufzuſetzender Pyramiden, um bei einem Schlag mit 25 Pfund Gewicht aus 1 Zoll Höhe nur ſchwache Eindrücke zu erhalten.
Middelberg [8], [9]		Druck	Länge der linſenförmigen Einkerbung bei 292 kg Belaſtung.
Uchatius [10], [11]	Desgl., aber Schneidenkante abgerundet	Schlag	Desgl. nach einem Schlage mit 2 kg aus 0,25 m Höhe = 0,5 mkg Schlagarbeit
Spangenberg [7]	wie bei Middelberg	Schlag	Länge der Einkerbung.
Muſchenbröck [11]	Meißel	Schlag	Zahl der Schläge von beſtimmter Arbeitsleiſtung, die zum Durchſchneiden eines kleinen Stabes von beſtimmten Abmeſſungen erforderlich iſt.
Hertz [12]	Stempel mit kreisförmiger Druckfläche	Druck	Der Normaldruck auf die Flächeneinheit, welcher im Mittelpunkt der kreisförmigen Druckfläche herrſchen muß, damit in einem Punkte des Körpers die Spannungen eben die Elaſtizitätsgrenze erreichen.
Kirſch [7]		Druck	Belaſtung zur Erzeugung einer bleibenden Eindrückung von 0,01 mm Tiefe.
Föppl [13]	Werkzeug nicht erforderlich	Druck	Zylinder von 40 mm Durchmeſſer, aus dem Probematerial gefertigt, kreuzweiſe übereinander liegend, werden mit 6 verſchiedenen Belaſtungen ſo zuſammengepreßt, daß der größte Eindruck 3—4 mm Durchmeſſer hat. Als Härtemaß gilt das arithmetiſche Mittel der Quotienten aus Belaſtung dividiert durch die Fläche des Eindruckes.
Brinell [31]—[33]	Gehärtete Stahlkugel von 10 mm Durchmeſſer	Druck	Spezifiſcher Flächendruck, bezogen auf die ſphäriſche Oberfläche des Eindruckes.

Martens [36], Aktiebolaget Alpha, Stockholm, und Huber. Die beiden erſtgenannten Apparate haben hydrauliſchen Antrieb, ihre Geſtelle C-Form. Martens hat den hydrauliſchen Zylinder unten angeordnet. Die Probe liegt auf dem Kolben und wird gegen die vom oberen Schenkel des Geſtells getragene Kugel gepreßt. Die Belaſtung wird aus dem am Manometer abzuleſenden Flüſſigkeitsdruck und der Kolbenfläche berechnet, wobei der Reibungswiderſtand der Kolbendichtung zu berückſichtigen iſt. Der Apparat iſt mit einer Zeigervorrichtung ausgeſtattet, welche die Tiefe des Kugeleindruckes unmittelbar anzeigt; gemeſſen wird hierbei von der Oberfläche der Probe aus auf einem zur Kugel konzentriſchen Kreiſe.

Bei dem Apparat der Aktiebolaget Alpha [37] liegt der hydrauliſche Zylinder im oberen Schenkel des C-förmigen Geſtells. Der abwärts wirkende Kolben arbeitet reibungsfrei ohne Dichtung. Er trägt auf einer Erhöhung die Kugel und preßt ſie gegen die Probe. Dieſe ruht auf der Endfläche einer im unteren Schenkel des Geſtells angeordneten Schraube, mit der ſie vor dem Verſuch auf paſſende Höhe einzuſtellen iſt. Neben dem Zylinder befindet ſich im oberen Schenkel eine kleine Handpumpe zur Erzeugung des Druckes, der unmittelbar in Kilogrammen

am Manometer abzuleſen iſt. Eine Kontrollvorrichtung dient dazu, Ueberſchreitung der gewünſchten höchſten Belaſtung zu verhüten. Sie beſteht aus einem mit dem Preßzylinder unmittelbar in Verbindung ſtehenden kleinen Zylinder, in dem ſich ein Kolben ebenfalls reibungsfrei bewegt. Der Kolben wird mit Gewichten belaſtet, die entſprechend dem Verhältnis der beiden Kolbenflächen kleiner ſind als der beabſichtigte Probedruck. Iſt letzterer erreicht, ſo hebt der Kolben die Gewichte, ohne daß weitere Druckſteigerung möglich iſt. Soll ohne Kontrollapparat gearbeitet werden, ſo wird der kleine Zylinder mittels eines Schraubendeckels dicht verſchloſſen.

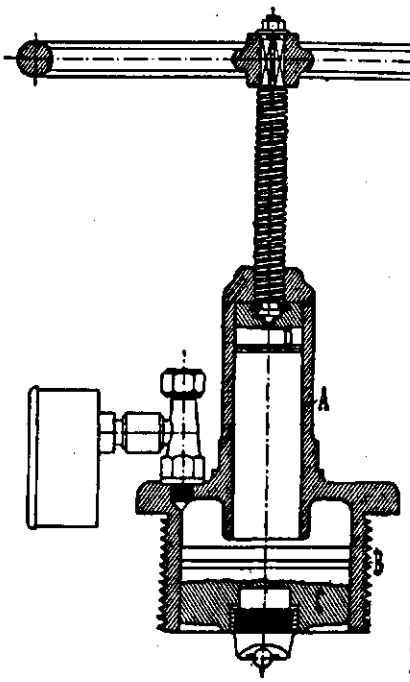


Fig. 1.

Huber gibt dem Geſtell ſeines Härteprüfers entweder ebenfalls die Form eines C oder die einer Kopierpreſſe. Die Probe liegt unten und die Kugel wird von oben her mittels Schraube darauf gedrückt. Zwiſchen Schraube und Kugel iſt ein hydrauliſcher Kraftmeſſer eingeſchaltet (Fig. 1). Er beſteht aus zwei übereinander angeordneten Zylindern *A* und *B*. Der Kolben *D* des oberen, kleineren Zylinders wird durch die Schraube abwärts gedrückt. Der hierdurch unter ihm erzeugte Flüſſigkeitsdruck, der am Manometer abzuleſen iſt, treibt den größeren unteren Kolben *C* mit der Kugel gegen die Probefläche.

2. Ritzverfahren unter Benutzung eines und desſelben Werkzeuges für alle Härtegrade. Das Werkzeug wird unter meßbarem Druck über die ebene Fläche der Probe fortgeführt und dann als Härtemaß beſtimmt: a) nach dem Verfahren von Pfaff [4] der Gewichtsverluſt der Probe für eine beſtimmte Anzahl von Ritzungen unter vorgeſchriebener Belaſtung; b) nach den Verfahren von Seebeck, Franz [14] und von Turner [4] diejenige Belaſtung, welche ausreicht, um auf der Probefläche einen mit bloßem Auge noch eben ſichtbaren Riß zu hinterlaſſen, und c) nach Martens ([11] und [15]—[18]) diejenige Belaſtung, die erforderlich iſt, um einen Riß von 0,01 mm Breite zu erzeugen, der mikroſkopiſch ausgemeſſen wird. Als Werkzeug dient ein Diamant; ſeine ritzende Wirkung hängt nicht nur von ſeiner eignen Härte, ſondern auch von ſeiner Form, Art der Anſtellung und Geſchwindigkeit der Bewegung ab; daher ſind für alle dieſe Umſtände ſtets gleiche Bedingungen innezuhalten.

Turner konſtruierte hierzu einen beſondern Apparat, der ſpäter von Martens verbeſſert wurde. Bei ihm wird der Diamant in ſenkrechter Stellung zur Probefläche von einem Wagebalken getragen, der zur Belaſtung mit einem Reiter- oder Laufgewichte ausgerüſtet iſt. Turner läßt den Balken zum Ritzen um eine ſenkrechte Achſe ſich drehen; Martens verſchiebt die Probe in der Längsrichtung des Balkens unter dem Diamanten.

3. Scherverſuche. Kick behauptet, die Härte iſt der Scherfeſtigkeit proportional, und ſchlägt vor, letztere als Maß der Härte zu beſtimmen, [19]—[22], [11], [16]. Er begründet dieſen Vorſchlag damit, daß erſtens beim Eindringen eines Stempels mit kreisförmiger Endfläche in einen Körper unter dem Stempel ein Kegel ſich bildet, auf deſſen Mantelfläche Schubſpannungen herrſchen, deren Größe einen weſentlichen Teil des Widerſtandes ausmacht, der ſich dem Eindringen des Stempels entgegenſetzt, und zweitens, weil der Widerſtand beim Drehen und Hobeln ſich ſo lange ſteigert, bis die Schubfeſtigkeit zwiſchen dem unmittelbar vor der Druckfläche des Werkzeuges angeſtauchten Span und dem vollen Material überwunden wird. Das Verſuchsſtück muß zur Vermeidung von Biegungsſpannungen durch die Schervorrichtung allſeitig umſchloſſen werden. Es ſoll nach keiner Richtung hin ausweichen können und hierdurch ein reiner Abſcherungsvorgang erreicht ſein, bei dem der Druck wächſt, bis die Elaſtizitätsgrenze auf der ganzen Scherfläche gleichzeitig überſchritten wird.

4. Scher- und Druckverſuche. Haußner ([23], [24]) kommt bei ſeinen Verſuchen über den Kräfteverbrauch beim Hobeln zu dem Schluß, „daß für gleich harte Körper der Widerſtand gegen Druck an der Fließgrenze und die Scherfeſtigkeit gleich ſind“, und will daher die Härte aus den für die beiden genannten Eigenſchaften ermittelbaren Werten beſtimmen.

5. Kirſch unterſcheidet zwiſchen „durchgehender“ oder „Naturhärte“ und „Oberflächenhärte“. Die erſtere definiert er als die Größe des Widerſtandes, mit dem ein Material an ſeiner urſprünglichen Form feſthält, in ihr verharrt, und ſieht demnach die Spannungen an der Elaſtizitätsgrenze als Maß der Naturhärte an. Da dieſe Spannungen bei den verſchiedenen Inanſpruchnahmen verſchieden ſind, ſo unterſcheidet er zwiſchen Zughärte, Druckhärte, Biegungshärte, Scherhärte u. ſ. w. Die Oberflächenhärte beſtimmt er, wie ſchon in der obigen Tabelle geſagt iſt, durch Druckverſuche mittels eines Stempels, [7], [25], [26], [23].

6. v. Waltenhofen beſtimmt als Härtemaß für Stahl deſſen Magnetiſierbarkeit, indem er annimmt, daß die Koerzitivkraft mit der Härte abnimmt, [27], [28].

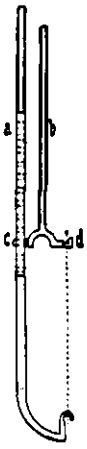
7. Caſperſon ſchmilzt Stäbe von beſtimmtem Durchmeſſer mittels des elektriſchen Stromes und benutzt als Härtemaß die hierzu erforderliche Strommenge im Vergleich mit Schmelzverſuchen an Stäben bekannter Härte, [29], [30].

Der Wert der vorgenannten Methoden zur ziffermäßigen Beſtimmung der Härte iſt viel umſtritten. Den Verfahren, bei denen bleibende Formänderungen, ſei es durch Eindrücken

eines flachen Stempels, einer Spitze oder einer Schneide erzeugt werden, haftet der Mangel an, daß ihr Ergebnis nicht nur von der Härte des Materials, ſondern auch von ſeinem Fließvermögen, ſeiner Bildſamkeit abhängig iſt. Dies bedingt, daß für ſie jedenfalls die Dauer der Einwirkung feſtgeſetzt ſein muß. Ferner kommt bei ihnen die Form des Werkzeuges, deſſen Härte, Abnutzung ſowie mit Rückſicht auf die Wiedererlangung des urſprünglichen Zuſtandes bei wiederholtem Schleifen die Gleichförmigkeit des Materials in Frage. Es wird nicht möglich ſein, dieſe Verſuchsbedingungen an allen Orten durchaus oder nur hinreichend gleich zu geſtalten. Demnach können alſo mit den hier in Frage kommenden Methoden auch immer nur Relativwerte für die durch Härte und Fließvermögen bedingte Widerſtandsfähigkeit gewonnen werden. Auszunehmen iſt unter ihnen vielleicht das Verfahren von Föppl [13], weil bei ihm Druckſtück und Probe beide aus dem zu prüfenden Material gefertigt werden und die Willkür, die in der Wahl des Durchmeſſers beider Stücke liegt, nicht in Betracht kommt, da ſie kein Hindernis für die Schaffung gleicher Verſuchsbedingungen an allen Orten bildet. Auch mit der Kugeldruckprobe von Brinell laſſen ſich leicht vergleichbare Werte erzielen. — Die Druck- und Einkerbproben, bei denen die Inanſpruchnahme nur gerade bis zum Beginn der bleibenden Formänderung geſteigert wird, ſind von dem Fließvermögen des Materials unabhängig; dagegen bleiben alle obenerwähnten, in dem Zuſtande des Werkzeuges gegebenen Einflüſſe auch für ſie beſtehen. Sie können daher ebenfalls nur als relative Härtebeſtimmungen angeſprochen werden. Den Verfahren dieſer Art, welche ohne feine Meßwerkzeuge arbeiten, haftet der Mangel an, daß die Feſtſtellung des Beginns bleibender Formänderungen dem ſubjektiven Urteil des Beobachters anheimgegeben iſt. Schließlich dürften ſie auch alle bei Prüfung von ſehr ſpröden Materialien vollkommen verſagen, weil ſolches Material entweder brechen oder an der Druckſtelle ausſpringen wird, bevor bleibende Formänderungen wahrgenommen wurden. — Die Ritzverſuche haben ebenfalls nur den Wert relativer Härtebeſtimmungen, denn auch ihre Ergebniſſe ſind von dem Zuſtande und der Form des ritzenden Körpers ſowie von der Arbeitsgeſchwindigkeit abhängig. Außerdem fällt für ſie ins Gewicht, daß der fortgeritzte Span bei bildſamen Körpern ſich anſtaucht, während er bei ſpröden Körpern ausſpringt. — Das Verfahren von Kirſch zur Beſtimmung der „Naturhärte" durch Elaſtizitätsmeſſungen beruht auf einer Definition der Härte, die von der allgemein üblichen vollkommen abweicht, und zur Anerkennung der Methoden von v. Waltenhofen und Caſperſon wäre zunächſt der Beweis zu erbringen, daß die Magnetiſierbarkeit und die Schmelzbarkeit des Materials durch den elektriſchen Strom tatſächlich der Härte proportional ſind. — Die Behauptung von Kick, daß die Scherfeſtigkeit ein abſolutes Maß für die Härte gibt, iſt ebenfalls zunächſt noch durch zahlreichere Verſuche zu erweiſen. Ferner birgt die für das Kickſche Verfahren vorgeſchriebene allſeitige und derart feſte Einſchließung der Probe, daß ſie nach keiner Seite ausweichen kann, ſondern die Scherbacken immer vollkommen ausfüllt, die Gefahr in ſich, daß das Material hierdurch eine Veränderung ſeiner Eigenſchaften erleidet, alſo nicht mehr in dem urſprünglichen Zuſtande dem Scherverſuch bezw. der Härtebeſtimmung unterworfen wird. Ganz beſonders gilt dies von den ſtarren Körpern, die durch den allſeitigen Druck zunächſt in den bildſamen Zuſtand übergeführt werden ſollen, um ſie überhaupt für den Verſuch tauglich zu machen. Schließlich vermeint Kick, er meſſe die Schubelaſtizität, weil das Abſcheren plötzlich erfolge, ſobald die Elaſtizitätsgrenze auf der ganzen Scherfläche gleichzeitig überſchritten werde. Der Beweis hierfür fehlt, und es iſt im Gegenteil anzunehmen, daß dem Abſcheren ſtets Verdrückungen voraufgehen, wenn nicht die Scherbacken ſehr breit gewählt werden, ſo daß unter ihnen die Druckelaſtizität des Probematerials früher überſchritten wird als die Scherfeſtigkeit. Mit breiten Scherbacken iſt nun aber wieder die Gefahr verbunden für das Eintreten von Biegungsſpannungen, welche die reine Scherwirkung beeinträchtigen. — Haußner gibt kein beſonderes Verfahren zur Durchführung der von ihm auf Grund von Hobelverſuchen vorgeſchlagenen Prüfung der Härte nach Scher- und Druckfeſtigkeit an. Eine getrennte Feſtſtellung beider Eigenſchaften dürfte das Richtige nicht treffen, da auch beim Hobeln die Scherfeſtigkeit des unter Druck befindlichen und hierdurch wahrſcheinlich veränderten Materials in Frage kommt. Das Verfahren vereint ungewollt beide Inanſpruchnahmen in ſich und iſt vielleicht gerade deshalb im Sinne Haußners das geeignete. Jedenfalls iſt dies aber zunächſt durch eingehende vergleichende Unterſuchungen zu begründen. Hierbei müßte zugleich auch der Einfluß des Verhältniſſes zwiſchen den Größen der Scher- und Druckflächen bei ſprödem und biegſamem Material unterſucht werden.

Literatur: [1] Mehrtens, Eiſen und Eiſenkonſtruktionen, S. 275. — [2] Glaſers Ann. f. Gewerbe- und Bauweſen 1882. — [3] Poggend. Ann., Bd. 108, S. 175. — [4] Proceedings of the Birmingham Philosophical Society, Vol. 5, T. 2. — [5] Recherches expérimentales sur la dureté des corps 1885. — [6] Sitzungsber. d. Ver. f. Gewerbefl. 1888, S. 40. — [7] Mitteil. d. technol. Gewerbemuſeums zu Wien, 1891, S. 79. — [8] Glaſers Ann. f. Gewerbe- und Bauweſen 1885, Bd. 2, S. 107. — [9] Engineering 1886, Bd. 2, S. 481. — [10] Uchatius, Stahlbronze, Vortrag, gehalten 1874 im k. k. Artilleriearſenal (Gerold). — [11] Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890, S. 1. — [12] Verhandl. d. Ver. zur Beförd. d. Gewerbefl. 1882, S. 449. — [13] Zentralbl. d. Bauverwalt. 1896, S. 199. — [14] Poggend. Ann., Bd. 80, S. 37. — [15] Mitteil. a. d. kgl. techn. Verſuchsanſtalten 1890, S. 215. — [16] Desgl. 1890, S. 277. — [17] Dingl. Polyt. Journ. 1892, Bd. 286, S. 271. — [18] Oeſterr. Zeitſchr. f. Berg- u. Hüttenw. 1891, S. 365. — [19] Zentralbl. d. Bauverwalt. 1889, S. 237. — [20] Desgl., S. 313. — [21] Dingl. Polyt. Journ. 1889, Bd. 274, S. 405. — [22] Sitzungsber. d. Ver. z. B. d. Gewerbefl. 1890, S. 11. — [23] Oeſterr. Zeitſchr. f. Berg- u. Hüttenw. 1892, S. 379. — [24] Dingl. Polyt. Journ. 1893, Bd. 288, S. 240. — [25] Desgl. 1891, Bd. 281, S. 292. — [26] Mitteil. d. technol. Gewerbemuſeums zu Wien 1891, S. 267. — [27] Dingl. Polyt. Journ. 1863, Bd. 170, S. 201 u. 346. — [28] Desgl. 1875, Bd. 217, S. 357. — [29] Engineering and Mining Journ. 1891, Bd. 1, S. 170. — [30] Oeſterr. Zeitſchr. f. Berg- u. Hüttenw. 1891, S. 330. — [31] Baumaterialienkunde 1900, S. 276. —

[32] Verhandl. z. Beförderung des Gewerbefleißes 1901, S. 37. — [33] Baumaterialienkunde 1903, S. 7. — [34] Mitteil. a. d. mech.-techn. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule München, Heft XXV. — [35] Dingl. Polyt. Journ. 1905, Bd. 320, S. 280. — [36] Martens-Guth, Das Kgl. Materialprüfungsamt d. Techn. Hochschule Berlin, S. 305. — [37] Baumaterialienkunde 1906, S. 6. *Rudeloff.*



Härtekloben, Werkzeug, das beim Härten von Säge- und Feilenblättern, Uhrenfedern u. dergl. die erhitzten Stücke während des Eintauchens in die Kühlflüssigkeit straff gespannt hält, um ein Werfen und Krummziehen zu verhindern.

Der Teil *a* (s. die Figur) läuft in einem Haken aus, der Teil *b* trägt einen Haken *d* in entgegengesetzter Richtung. In diese Haken wird das glühende Sägeblatt u. s. w. schnell eingehängt und dadurch gespannt gebracht, daß die beiden Griffe zugleich mit der Hand erfaßt und gegeneinander gedrückt werden. Der Teil *b* wird hierbei dadurch in bestimmte Lage gebracht, daß ein Zapfen *c* in einem der reihenförmig angeordneten Löcher eingesteckt wird. *Dalchow.*

Härten, Erhöhen der normalen Härte von Metallen. Ueber das Härten von Gips s. Gipsgüsse, über die Herstellung von Hartglas s. Glas; im folgenden soll vorzugsweise das Härten von Eisen und Stahl erörtert werden.

Härtbarkeit von Eisen und Stahl.

Der Vorgang im allgemeinen. Stahl wird durch Erwärmen auf Kirschröte und mehr oder weniger plötzliches Abkühlen gehärtet. Hierbei ist Regel, daß die Wärme dem zu härtenden Teile gleichmäßig zugeführt und abgeleitet wird. Innerhalb der Grenzen der für den betreffenden Zweck und die verwendete Stahlsorte in Frage kommenden Hitzegrade ist der niedrigere dem höheren vorzuziehen, da ein Nachhärten wohl angängig, ein überhitzter Stahl hingegen zur weiteren Verwendung untauglich ist. Für die verschiedenen Stahlsorten, je nachdem sie mehr oder weniger Kohlenstoffgehalt haben, liegt die anzuwendende Härtetemperatur zwischen 700 und 1200° C., für harten Stahl näher der niederen, für weichen Stahl näher der höheren Grenze. Bei ungleichmäßigem Erhitzen oder Abkühlen entstehen Härterisse, Härtborsten (s. d.); ungleiche Massenverteilung verursacht erhöhte Ungleichmäßigkeit der Wärmeabgabe und verstärkte Gefahr zur Rißbildung, selbst zum vollständigen Bruch. Auch Verziehen und Werfen des zu härtenden Gegenstandes kann die Folge ungleicher Massenverteilung sein und wird besonders bei dünnen blatt- oder scheibenförmigen Gegenständen auftreten. Ungleichmäßig geformte Stücke sind zur Verhütung der genannten Uebelstände mit den stärkeren Teilen zuerst abzulöschen; durch Einspannen des Werkstückes zwischen eisernen Preßplatten, z. B. bei Stahlblättern, sowie das Aufziehen eiserner Ringe, z. B. bei Stahlwalzen, nahe an dem Ende des Walzenbundes kann Verziehen und Werfen ebenfalls verhindert werden.

Bei dem gewöhnlichen Härteverfahren wird der Gegenstand durch plötzliches vollständiges Abkühlen zuerst glashart gemacht und ihm dann von der erlangten Härte durch Nachlassen oder Anlassen (s. d.) so viel genommen, als für die jeweilige Anwendung zweckmäßig erscheint; doch kann man die gewünschte Härte auch dadurch erreichen, daß man den glühenden Stahl in erhitztem Oel, geschmolzenem Blei oder Zinn-Blei-Legierung von solchem Wärmegrade bezw. Schmelzpunkte abkühlt, welcher der Temperatur der gewünschten Anlauffarbe entspricht. Die Menge Oel bezw. Legierung muß hinreichend groß sein, damit die Abkühlung des Stahles ohne wesentliche Temperaturerhöhung des Bades erfolgen kann. Nach Wiebe entspricht eine Legierung von 2 Teilen Blei und 1 Teil Zink einer Schmelztemperatur von 225° C. für Strohgelb, 9 Teilen Blei und 4 Teilen Zinn einer Schmelztemperatur von 240° C. für Dunkelgelb, 3 Teilen Blei und 1 Teil Zinn einer Schmelztemperatur von 250° C. für Purpurrot, 9 Teilen Blei und 2 Teilen Zinn einer Schmelztemperatur von 263° C. für Violett, Blei allein einer Schmelztemperatur von 323° C. für Blau. Abkühlungsflüssigkeiten sind: Wasser von 15—20° C., Wasser mit 2% Kochsalz zur rascheren Wärmeableitung, Fett, Oel, Tran und Fettmischungen; zu besonders schneller Abkühlung behufs Erzielung einer außerordentlichen Härte findet auch Quecksilber Anwendung.

Bei unregelmäßig dicken Formen wird die Gefahr der Rißbildung aus dem Innern heraus infolge ungleichmäßiger Abkühlung vermieden, indem man dem Gegenstande durch Ausbohren möglichst gleiche Wandstärke gibt, oder auch, indem man die Stücke nur an jenen Stellen härtet, die bei dem Gebrauche starker Abnutzung unterworfen sind. Große Gewindebohrer und Reibahlen werden deshalb der Länge nach durchbohrt. Die teilweise Härtung der Werkzeuge wird dadurch erzielt, daß man je nach ihrer Form entweder die Erwärmung des Werkzeuges nur in dem Teile vornimmt, der gehärtet werden soll, während der übrige Teil vor der Wärmezufuhr geschützt wird, oder, wenn die Erwärmung sich wegen der geringen Größe oder der Form des Werkzeuges über den ganzen Umfang erstreckt, die Härtung nur an dem gewünschten Teile vornimmt, oder schließlich, indem man an dem vollständig erwärmten und gehärteten Stück eine Verminderung der Härte an dem nicht beanspruchten Teile desselben durch Wiedererhitzung nach dem Härten bewirkt. So kann man beispielsweise beim Härten von Büchsen, hohlen Reibahlen und andern durchbohrten Gegenständen, deren Bohrungswandung weich gehalten werden soll, dies dadurch erreichen, daß man die Stücke auf eiserne Stangen, welche die Bohrung ausfüllen, aufsteckt oder an beiden Enden zwischen zwei auf einem Bolzen befindliche Scheiben klemmt, wodurch die Wärmezufuhr nach der inneren Bohrung abgeschnitten wird. Es ersetzt dies bei der Massenherstellung in geeigneter Weise ein älteres Verfahren, nach dem man die Bohrung durch Ausfüllen mit Ton abschließt. Soll anderseits

die Bohrungswandung eines länglichen Stückes gehärtet, das Aeußere jedoch weich gelaſſen werden, ſo benutzt man zweckmäßig ein ſtarkes Rohr aus feuerfeſtem Ton, das möglichſt genau das Arbeitsſtück umſchließt. Dadurch wird ein Durchfließen der Kühlflüſſigkeit durch die innere Bohrung zum Härten derſelben ermöglicht, während eine Abkühlung des äußeren Umfanges verhindert iſt. Eine ſchädliche ungleichmäßige Abkühlung des Arbeitsſtückes unmittelbar vor dem Härten kann ſchon durch einen ſcharfen Luftzug hervorgerufen werden; ein ſolcher iſt daher in der Nähe des Härtefeuers nach Möglichkeit zu verhindern. Ebenſo iſt darauf zu achten, daß das erwärmte Arbeitsſtück nach Herausnahme aus dem Härtefeuer möglichſt ohne Verzögerung der beſtimmten Abkühlung unterworfen und ſeine Berührung mit kalten Metallteilen vermieden wird. Deshalb iſt auf ein geeignetes Erfaſſen des Gegenſtandes Wert zu legen. Erfolgt dieſes mittels einer Zange, ſo werden die von der Zange bedeckten Teile des Werkzeuges nicht raſch genug abgekühlt, die Härtung erfolgt ungleichmäßig, und die Entſtehung von Härteriſſen iſt zu befürchten. Deshalb iſt das Maul der Zange vorher zweckmäßig auf dunkle Glut zu erwärmen und ſo auszubilden, daß möglichſt wenig Berührungspunkte mit dem Werkſtücke vorhanden ſind. Durchbohrte Werkzeuge nimmt man mittels Haken auf, die durch die Bohrung geſteckt werden. Faſſonfräſer, die wechſelnden Durchmeſſer beſitzen, ſind an mehreren Stellen des Umfanges mit radialen Einſchnitten zu verſehen, um Spannungen, die zu Sprüngen Veranlaſſung geben können, zwiſchen den verſchieden ſtarken Teilen zu vermeiden. Um die Bildung von Härteriſſen in dünnen Scheiben wie Kreisſägen u. ſ. w. zu verhindern, macht man radiale Einſchnitte vom Umfange nach dem Mittelpunkte zu, die etwas über die Grenze des zu härtenden Randes in die Scheibe hineinreichen. Gegenſtände wie Gewinde- und Schneidbohrer, bei denen es darauf ankommt, daß ſie ihre genauen Schneidkanten behalten, werden zur Erwärmung zweckmäßig mit Lederkohle oder bei höherem Kohlenſtoffgehalt mit Hufmehl oder Hornſpänen in einer Blechkiſte erwärmt, worauf ſie in Oel gehärtet und darauf angelaſſen werden. Bei Herſtellung einzelner dieſer Stücke können dieſe im offenen Schmiedefeuer bis zur Rotglut erwärmt werden, nachdem man ſie mit gelbem Blutlaugenſalz beſtrichen hat. Bohrer, die zum Bohren von Werkzeugſtahl dienen, können dadurch gehärtet werden, daß man ſie nach Erwärmung bis zur hellen Kirſchröte mit der Spitze in das Loch eines Bleiblockes hineinſteckt und darin bis zur Erkaltung beläßt. Dieſes Loch treibt man zweckmäßig vor dem Erwärmen des Bohrers mit dieſem ſelbſt in den Bleiblock hinein.

Von beſonderer Wichtigkeit iſt **die Art der Abkühlung.** Bei der Abkühlung in Waſſer iſt darauf zu achten, daß ſtets eine Berührung des ganzen Umfanges des zu härtenden Teiles mit gleichmäßig temperierten Waſſerteilen erfolgt. Es iſt daher bei ruhendem Waſſer eine gleichmäßige Bewegung des Werkſtückes in demſelben vorzunehmen oder fließendes Waſſer oder ein fallender oder aufſteigender Strahl innerhalb eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes zu verwenden. Hierbei ſind hohle Gegenſtände derart dem Waſſerſtrahle auszuſetzen, daß keine Dampfbildung in den Höhlungen ſtattfinden kann; dieſe würde eine gleichmäßige Abkühlung verhindern. Auch das Bebrauſen mittels feiner Waſſerſtrahlen findet Verwendung, z. B. bei Geſchoſſen in Richtung gegen ihre Spitze; die ſich bildenden Dampfbläschen werden durch die neu auftreffenden Waſſerſtrahlen von der Oberfläche des Arbeitsſtückes fortgeriſſen. In kochendem Waſſer läßt ſich nicht härten, weil es derart leicht in Dampfform übergeht, daß das glühende Stück ſofort von einer Dampfſchicht eingehüllt wird, welche die Wärmeableitung und daher das Härten verhindert. Verſuche von Jarolimek mit heißem Waſſer über 100° C., das aus einem Dampfkeſſel auf ein glühendes Stahlſtück aufgeſpritzt wurde, haben eine gute Härtung ergeben. Dieſes Ergebnis ſteht nur in ſcheinbarem Widerſpruch zu dem Geſagten, da in dieſem Falle die Bildung einer Dampfhülle dadurch verhindert wird, daß ſtets neue heiße Waſſerſtrahlen auf die Oberfläche des Körpers auftreffen und eine raſche Abkühlung bis zur Temperatur des Keſſelwaſſers bewirken. Viele Salze und Säuren erhöhen die Wärmeleitungsfähigkeit des Waſſers, bewirken alſo eine ſchärfere Härtung, während alkaliſche oder mineraliſche Stoffe entgegengeſetzte Wirkung zeigen. Deshalb härtet reines Quell- oder Brunnenwaſſer, das meiſt Säuren oder kohlenſaure Salze gelöſt enthält, in ſtärkerem Maße als Flußwaſſer oder kalkhaltiges Waſſer. Längere Zeit hindurch gebrauchtes Härtewaſſer verliert ſchließlich die Beimengungen und ergibt eine gleichmäßige und milde Härtung. Während Soda, Salmiak oder namentlich Kochſalz und in noch höherem Maße Säuren die Härtewirkung des Waſſers verſchärfen, ſchwächt der Zuſatz von Seife oder Alkohol die Härtung ab, dieſer dadurch, daß er den Siedepunkt des Waſſers erniedrigt und durch Hervorrufen einer beſchleunigten Verdampfung den Härtungsvorgang ſtark verzögert. Bei ſtarkem Zuſatz von Seife oder Alkohol wird die Härtewirkung vollſtändig aufgehoben, was man dazu benutzt, um Teile an gehärteten Gegenſtänden wieder weich zu machen, indem man ſie von neuem erwärmt und in Seifenwaſſer abkühlt, z. B. Angeln an Feilen, Meſſern, Säbeln, Sägen u. ſ. w. Beimengungen organiſcher Natur mildern die Härtewirkung des Waſſers; daraus erklärt ſich die Verwendung von Milch, ſaurem Bier u. ſ. w. in der Praxis. Beimengungen unlöslicher Beſtandteile wie Kalk, in der Form von Kalkmilch, ſeltener Ton oder Lehm, verzögern je nach dem Miſchungsverhältnis mehr oder weniger die Härtewirkung.

Oele und Fette beſitzen geringere Härtefähigkeit als Waſſer, und zwar um ſo mehr, je dickflüſſiger ſie ſind. Um eine mittlere Härtung zu erzielen, bedeckt man die Oberfläche von Waſſer mit einer Fett- oder Oelſchicht, durch die hindurch das zu härtende Stück in das unterhalb befindliche Waſſer getaucht wird. Je ſtärker die Fettſchicht iſt und je langſamer das Werkſtück durch dieſelbe geführt wird, um ſo milder iſt die erzielte Härtung.

Von den Metallen in geſchmolzenem Zuſtand beſitzt Queckſilber infolge ſeiner niedrigen Schmelzungstemperatur und ſeines hohen Wärmeleitungsvermögens die vollkommenſte Härtewirkung und übertrifft auch alle Flüſſigkeiten. Zinn, Zink und Blei und deren Legierungen, deren Schmelzungstemperatur ſo hoch liegt, daß ihre Bäder eine bedeutende Eigenwärme von 200 bis über 300° C. beſitzen, erteilen dem in ihnen abgekühlten Stahl weſentlich geſteigerte

Feſtigkeit, Elaſtizität und große Härte, aber nur geringe Schneidkraft. Sie eignen ſich zum Härten von Federn und von Werkzeugen, die zur Bearbeitung weicher Materialien dienen, und denen man eine zähe Härte und die erforderliche Schneidkraft geben will, ohne das gehärtete Werkzeug noch nachträglich anzulaſſen.

Scheibenförmige Werkſtücke, wie Sägeblätter u. ſ. w., härtet man vielfach zwiſchen Eiſenplatten, die durch einen ununterbrochenen Waſſerſtrahl gekühlt werden. Dadurch, daß das Werkſtück auch während des Härtens zwiſchen den Platten gepreßt wird, wird ein Verziehen desſelben verhindert; man nennt dieſe Art der Härtung auch Preßhärtung.

Feuchter Sand und Lehm ſowie mit Waſſer durchtränkte Holzſtücke finden ebenfalls Anwendung; eine gleichmäßige Härtung iſt bei ihrer Verwendung jedoch ſchwer zu erzielen.

Ein kalter ſcharfer Luftſtrom vermag bei Gegenſtänden von geringem Querſchnitt eine Härtung herbeizuführen; die Anwendung eines ſolchen iſt jedoch ſelten und wenig zuverläſſig.

Eine beſondere Art der Härtung iſt das **Oberflächenhärten, Einſatzhärten**, das man bei wenig härtbarem Stahl oder nicht härtbarem Eiſen anwendet, indem man die Stücke durch Einſetzen (ſ. d.) oder auch durch Einbrennen mit einer harten Oberfläche verſieht. Durch das Einſetzen wird eine tiefer reichende Schicht des Werkſtückes während mehrſtündigen Glühens in kohlehaltigen Einſatzmitteln hart gemacht, durch das Einbrennen erzielt man nur eine ganz oberflächliche Härte. In beiden Fällen wird die härtende Wirkung durch Aufnahme von Kohlenſtoff (Zementation des Eiſens) erzielt. Das Einbrennen erfordert die Verwendung ſolcher Stoffe, die ihren Kohlenſtoffgehalt in höherer Temperatur leicht und ſchnell an das Werkſtück abgeben. Am geeignetſten iſt gelbes Blutlaugenſalz, das in Berührung mit dem rotglühenden Werkſtück flüſſig wird und in dieſem Zuſtande eine ſtark zementierende Wirkung ausübt. Zur Erzielung einer noch ſtärkeren oder tiefer reichenden Härte wird das Einbrennen wiederholt. Eine ähnliche, aber mildere Wirkung erzielt man bei dünnen Werkzeugen ſchon dadurch, daß man dieſelben abwechſelnd bis zur Rotglut erwärmt und in Oel oder Fett taucht und ſchließlich in Waſſer härtet. Zur Verſtärkung der Wirkung mengt man dem Oel oder Fett Ruß oder gepulverte Kohle bei, bis man einen Brei erhält, der eine ſchwerer verbrennliche Schicht bildet, die ihrerſeits bei der folgenden Erwärmung eine kräftige Zementation bewirkt. Durch Vermengung von gelbem Blutlaugenſalz, Hornſpänen oder Klauenmehl, Kaliſalpeter, Mehl, Fett, Wachs und ähnlichen Teilen erhält man eine paſteartige Maſſe, die zu gleichem Zwecke dienen kann (Härtepaſte). Zum Beſtreuen im offenen Feuer erwärmter und zu härtender Werkſtücke ſtellt man Härtepulver zuſammen aus gelbem Blutlaugenſalz, Holzkohle, Kolophonium, geröſtetem Kochſalz, Kaliſalpeter, Klauenmehl, Hornkohle, Glasmehl u. ſ. w., wobei die kohlehaltigen Beſtandteile überwiegen müſſen. Die im Handel vielfach angeprieſenen Härtepulver ſind aus dieſen oder ähnlichen Stoffen zuſammengeſetzt.

Schneidewerkzeuge aus Selbſthärterſtahl (in der Regel fünffach legierte Spezialſtähle, Eiſen, Kohlenſtoff, Wolfram, Chrom und Mangan enthaltend) vermögen ſchon durch einfaches Erkalten an der Luft den erforderlichen Härtegrad anzunehmen. Nach dem Ausſchmieden der Stähle, zu dem dieſelben langſam und vorſichtig zu erwärmen ſind, iſt ihre Schneide zum Zwecke der Härtung auf helle Kirſchrothitze zu erwärmen und dann in kräftigem, kaltem Luftſtrome abzukühlen. Die Härtung beruht wie bei den Kohlenſtoffſtählen auf der Umwandlung der Karbidkohle in Härtungskohle. Die ſelbſthärtende Eigenſchaft iſt durch den Mangangehalt verurſacht.

Die Schnelldrehſtähle, die zu den vierfach legierten Spezialſtählen gehören und neben dem Eiſen und Kohlenſtoff noch bedeutende Mengen von Chrom und Wolfram enthalten, widerſtehen der bei der Arbeit auftretenden Reibungswärme in weſentlich höherem Maße und geſtatten daher eine bedeutend höhere Schnittgeſchwindigkeit. Die Natur dieſer Schnelldrehſtähle läßt eine Härtung zu, die auf vollkommen andern Grundſätzen beruht. Während Kohlenſtoffſtahl beim Härten nicht über die normale Härtungstemperatur von 800—900° C. erhitzt werden darf, bringt bei Schnelldrehſtählen im Gegenteil eine ſelbſt bis zur beginnenden Erweichung des Stahles fortgeſetzte Ueberhitzung die günſtigſten Eigenſchaften hervor, ohne ſein zartes, feinkörniges Gefüge zu zerſtören. Bei dieſer hohen Erwärmung verbinden ſich Teile des Kohlenſtoffes mit Teilen des Chrom und Wolfram zu Karbiden, die (außerordentlich harte Körper) ſich hauptſächlich an der Schneide bilden, wo ſie von dem umliegenden Eiſen feſtgehalten werden. Außerdem muß angenommen werden, daß phyſikaliſche Veränderungen, wie osmotiſcher Druck (ſ. Eiſen und Härte), die infolge der Ueberhitzung eintreten, eine große Rolle ſpielen. Demnach fällt auch das eigentliche Härten und ebenſo das Anlaſſen fort; es genügt ein Abkühlen im Gebläſewind. Steht dieſer nicht zur Verfügung, ſo kann die Abkühlung an der Luft oder in Oel oder Talg erfolgen.

Allgemein iſt hierbei die Härtewirkung um ſo beſſer, je kräftiger die Abkühlung im Windſtrome iſt; die abſolute Härte des Werkzeuges iſt bei Anwendung höchſter Härtetemperaturen etwas geringer, die Widerſtandsfähigkeit gegen die Einwirkung der Erwärmung während der Arbeit aber etwas größer. Der Windſtrom ſoll möglichſt ſenkrecht zu den zu härtenden Flächen auftreffen, wodurch eine höhere Härtewirkung erzielt wird, als wenn der Wind unter einem ſpitzen Winkel oder parallel gerichtet zuſtrömt. Zur Erwärmung werden die Stähle zweckmäßig in Blechkiſtchen mit Holzkohlenklein gut umſtampft, in dem Härteofen langſam zur Gelbhitze erwärmt und hierin $^1/_2$—1 Stunde belaſſen, worauf ſie innerhalb des Ofenraumes ausgepackt, ſchnell auf die Härtevorrichtung gebracht und abgeblaſen werden. Bei Anwendung mehrerer Winddüſen werden dieſe konzentriſch zur Achſe des Stahles angeordnet.

Das **Böhlerſche Härteverfahren** bezieht ſich auf Stahl, der Chrom, Tungſtein und Molybdän enthält. Der Stahl wird bis 950° C. und, wenn eine bedeutende Härte oder eine ſehr hohe Schnittgeſchwindigkeit verlangt wird, bis 1050° oder ſelbſt 1100° erhitzt, worauf er ſchnell bis unter die kritiſche Temperatur, etwa 840° C., gebracht wird, durch ein Bleibad mit einer Temperatur von 650°, in dem er langſam abkühlt.

Beſondere Sorgfalt erfordert die Auswahl der **Feuerungsanlagen zum Zwecke des Härtens von Stahl,** da die Erwärmung desſelben ſtets ſo gleichmäßig erfolgen ſoll, daß er weder im ganzen noch zum Teil höher erhitzt wird, als zum folgenden Vorgange eben nötig iſt, und daß die Erwärmung ſo raſch vorzunehmen iſt, als dies möglich iſt, ohne daß einzelne Teile des Stahles, wie Ecken, Kanten u. ſ. w., früher in eine höhere Hitze gebracht werden als der übrige Körper. Deshalb wird auch der Stahl in Koksfeuer leicht zu raſch und zu hoch erhitzt, um ſo mehr, als er hier einer verſtärkten Einwirkung der Gebläſeluft ausgeſetzt iſt. Auch die Verwendung von Schmiedekohle iſt unratſam, vor allem, weil dieſe oft ſchädliche Beimengungen von Schwefel enthält. Dieſer bildet mit dem Eiſen in höherer Temperatur leicht Schwefelverbindungen, die nicht härtbar ſind und zur Bildung ſogenannter Weichflecken führen. Das geeignetſte Heizmaterial im offenen Schmiedefeuer iſt Holzkohle wegen ihrer großen Reinheit und leichten Brennbarkeit. Dieſe geſtattet die Anwendung der geringſten Menge von Gebläſewind, deſſen Einwirkung auf den Stahl um ſo ſchädlicher iſt, bei je höherer Temperatur ſie erfolgt und je länger ſie andauert.

Um die Nachteile der direkten Berührung des Stahles mit dem Brennſtoffe und der Gebläſeluft zu vermeiden ſowie zur Erzielung einer gleichmäßigeren Temperatur verwendet man Schachtöfen oder auch Flammöfen, in denen der Stahl nur mit den erhitzten Verbrennungsgaſen der Brennſtoffe, nicht aber mit dieſen ſelbſt in Berührung kommt. Zweckmäßig führt man die Schachtöfen mit einem zweiten Gewölbe aus, das über dem erſten liegt und zum Vorwärmen der zu härtenden Gegenſtände Verwendung finden kann.

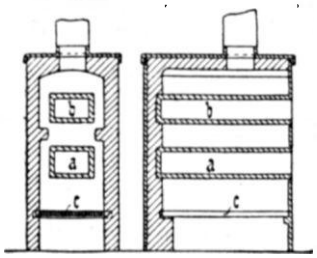


Fig. 1 und 2.

Durch die Anwendung einer Eiſen- oder Tonmuffel oder mehrerer über- oder hintereinander erhält man einen Muffelofen, in dem die Erwärmung des Stahles ausſchließlich durch die von den Wänden der Muffel ausgeſtrahlte Wärme erfolgt. Dieſe Form der Härteöfen hat außerordentliche Verbreitung gefunden. Zu verſchiedenen Zwecken weichen ihre Ausführungen voneinander ab; man findet eine oder mehrere Muffeln angeordnet, Roſt- oder für Gas Düſenfeuerung, oft auch ſelbſttätige Beſchickung. Bei dem in Fig. 1 und 2 ſchematiſch dargeſtellten Muffelofen beſteht der Erwärmungsraum aus einem gußeiſernen Rohre *a* von rechteckigem Querſchnitte, deſſen Enden auf dem Mauerwerke aufliegen, während der mittlere Teil frei über dem Feuerungsraume liegt und ganz von den Feuergaſen umſpült wird. Die obere Muffel *b* dient zum Vorwärmen der Stähle. Die vorderen Enden der Muffel werden mit Feuertüren verſchloſſen. Der Ofen wird mit Steinkohle oder Koks auf einem entſprechenden Roſte *c* geheizt. Die Werkſtücke werden erſt eingelegt, wenn die Muffel rotglühend iſt. Zweckmäßig iſt die Anbringung eines Schiebers für die Zugregelung.

Fig. 3 zeigt einen Gasmuffelofen, deſſen Muffel aus Schamotte in einer feuerfeſten Kammer von entſprechender Form eingeſchloſſen iſt, ſo daß ein gleichmäßiger Zwiſchenraum zwiſchen Muffel und Auskleidung gebildet wird, in dem ſich die Heizgaſe gleichmäßig ausbreiten. Ein Windkeſſel dient zur Unterſtützung der gleichmäßigen Luftzufuhr aus dem Ventilator. Zum Härten von Bandſtahl u. ſ. w. verwendet man Muffelöfen, in deren vordere und hintere Feuertüren Oeffnungen freigelaſſen ſind, durch die der Bandſtahl gleichmäßig fortlaufend zur Erwärmung in Längsrichtung durch die Muffel gezogen wird, um gleich nach dem Austritte ein Kühlbad zu durchlaufen. Zum Betriebe dient meiſt Holzkohle.

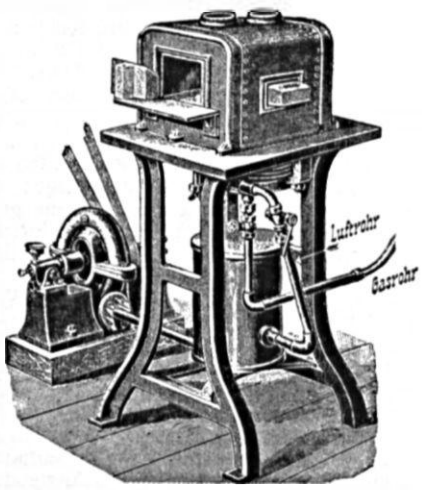


Fig. 3.

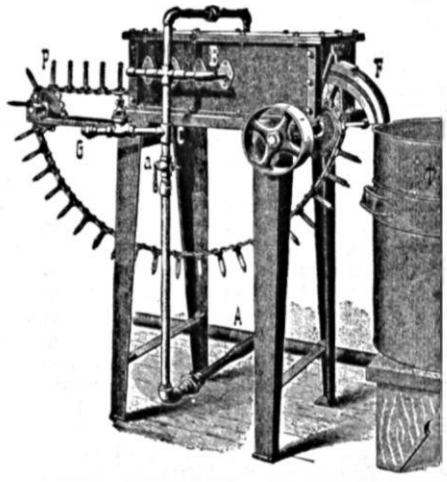


Fig. 4.

Aehnlichen ununterbrochenen Betrieb für die Härtung von Stahlkugeln erhält man durch Anordnung einer zylindriſchen Muffel, in der eine durch Riemen oder Zahnräder langſam angetriebene Förderſchnecke ſtändig umläuft und die Zuführung der Stahlkugeln, ſowie deren Förderung durch die Muffel und Ausführung aus dem Ofen ſelbſttätig bewirkt. Während des

Durchganges durch die rohrförmige Muffel werden die Kugeln erhitzt. Die Roſt- oder Gasfeuerung iſt ſo eingerichtet, daß die Erwärmung der Muffel von der Eintritts- zur Austrittsſtelle bis zur höchſten erforderlichen Temperatur geſteigert iſt. Bei einer andern Ausführung gelangen die Stücke am Ende der Schnecke durch eine Oeffnung im Schneckengehäuſe in eine zweite Schnecke, die das Gehäuſe der erſten umſchließt und die Teile in entgegengeſetzter Richtung, alſo nach dem Zuführungsende zu, zurückfördert, wo ſie durch eine Fallrinne in ein untergeſtelltes Oelbad gelangen.

Zum Härten von Kegeln, Rädchen, Rollen u. ſ. w. findet der in Fig. 4 dargeſtellte ſelbſttätige Härteofen Verwendung, bei dem der Heizraum von einer endloſen Kette durchlaufen wird, deren Glieder die zu härtenden Stücke aufnehmen, um ſie dann unmittelbar nach der Erwärmung in das Kühlbad abzuwerfen. *A* iſt die Luftzuführung, *G* Gaszuführung, *C* Vereinigung beider, *a* Gashahn, *B* Brenner, *F* Fallrinne, *T* Kühlbad. Die endloſe Kette läuft unterhalb des Heizraumes entlang und iſt vor der Hitze geſchützt, wobei nur die oberen Enden der Zapfen *P*, auf welche die Stücke aufgeſteckt werden, in den Heizraum hineinreichen. Die Verwendung von Gas gewährt den Vorteil, daß das Feuer ſchnell und bequem geregelt werden kann.

Bäder in Härteöfen. Wenn auch im Muffelofen die Berührung mit den Brennſtoffen und Feuergaſen ausgeſchloſſen iſt, ſo iſt doch der Zutritt von Außenluft an die zu härtenden Gegenſtände während der Erwärmung kaum zu vermeiden; auch findet eine ungleichmäßige Erwärmung der Werkſtücke dadurch ſtatt, daß dieſe mit den Wandungen der Muffel in Berührung kommen. Zur Vermeidung dieſer Mißſtände verwendet man, beſonders in größeren Betrieben, Metall- oder Salzbäder von beſtimmter Schmelztemperatur, die in geeigneten Oefen geſchmolzen werden. Als metalliſches Bad wird vorzugsweiſe geſchmolzenes Blei in einem Tiegel von zylindriſcher Form verwendet, der ſo eingebaut iſt, daß er ringsum von den Feuergaſen umſpült wird, ohne jedoch an irgendeiner Seite Stichflammen ausgeſetzt zu ſein. Ein lichter Durchmeſſer von 400 mm und eine Tiefe von 700 mm bei einer Wandſtärke von 60 mm reicht für gewöhnliche Verhältniſſe aus. Bei größeren Abmeſſungen macht man die Tiegel aus Schmiedeeiſen, die zwar haltbarer, aber auch teurer als die gegoſſenen ſind. Zur Heizung wird gewöhnlich Koks, ſeltener Steinkohle verwendet. Das Hauptaugenmerk iſt darauf zu richten, daß das Bleibad ſtets auf gleicher Temperatur gehalten wird, ſo lange man härtet. Um das Anhaften des Bleies an den zu härtenden Gegenſtänden zu verhüten, müſſen dieſe vor dem Einlegen mit einem Brei aus Leinöl, Knochenmehl, Kohlenſtaub oder Ruß und Salz beſtrichen und gut getrocknet werden. Beſonders hat man ſich davor zu hüten, daß Stücke eingelegt werden, die vorher nicht vollſtändig trocken ſind, da bei der geringſten anhaftenden Feuchtigkeit gefährliche Exploſionen entſtehen können. Ebenſo kann es vorkommen, daß, wenn der Ofen nach längerem Stillſtande wieder angeheizt wird, der Tiegel infolge der Ausdehnung der unteren zuerſt ſchmelzenden Schicht und des Widerſtandes, der dieſer Ausdehnung von den oberen noch feſten Schichten geboten wird, explodiert. Um dies zu verhüten, bringe man beim Abſtellen des Ofens, kurz vor dem Erſtarren des Bleies, einen koniſchen Eiſenſtab mit der Spitze nach unten in den Tiegel und hebe ihn beim Wiederanheizen allmählich aus dem Blei heraus. Zweckmäßig iſt die Anordnung einer Vorwärmemuffel in Blei- und Salzbadhärteöfen, in der die zu härtenden Teile bis zur Schwarzwärme, etwa 150—200°, vorgewärmt werden, ſo daß einmal ein äußerſt raſch durchgreifendes Erwärmen im Blei- bezw. Salzbade ſtattfindet, ſodann aber auch das exploſionsartige, gefahrvolle Aufſpritzen der glühenden Maſſe bezw. das Verletzen des das Härten beſorgenden Arbeiters vermieden wird. Die Leiſtungsfähigkeit eines ſolchen Ofens wird durch Anordnung einer Vorwärmemuffel bedeutend erhöht.

Das Salzbad beſteht in der Hauptſache aus Kochſalz unter Beimiſchung von Soda, Kaliſalpeter und einem Zuſatz von chromſauerm Kali, Borax oder gelbem Blutlaugenſalz. Eine ſehr gleichmäßige Erwärmung des Salzbades erzielt man mittels elektriſcher Heizung, wobei der elektriſche Strom das Schmelzbad in allen Teilen durchfließt und hierdurch eine vollſtändig gleichmäßige Erhitzung desſelben bewirkt. An zwei einander gegenüberliegenden Innenwänden des Behälters ſind ſchmiedeeiſerne Elektroden angebracht, die einphaſigen Wechſelſtrom in das Schmelzbad leiten. Durch Ab- und Zuſchalten von Windungen im primären Stromkreis eines Transformators wird die Temperatur in einfachſter Weiſe geregelt. Der Regelungstransformator geſtattet die Einſtellung der zur gleichmäßigen Erhaltung der verſchiedenen Temperaturen erforderlichen Spannungen von 5 bis etwa 30 Volt und gibt außerdem die zum Anheizen des Bades vorübergehend erforderliche höhere Spannung von 50—55 Volt, die durch die Regelungsvorrichtung allmählich wieder auf die Arbeitsſpannung heruntergebracht wird. — S. a. Eiſen, Flußeiſen, Roheiſen, Schweißeiſen, Stahl.

Literatur: Von den noch beſtehenden deutſchen Patenten ſind folgende zu nennen: a) Härten: Nr. 86900, 87727, 90040, 94769, 96376, 96413, 97583, 100310, 100324, 110013, 157683, 164153, 165940, 167034; b) Oberflächenhärten: Nr. 134356, 144810, 151715, 152712, 155268, 156232, 160687, 163376, 163377; c) Enthärten: Nr. 157948; d) Härte- und Einſetzöfen: Nr. 94394, 97209, 100813, 101162, 101743, 137281, 150775, 157206, 159054, 161192. Ferner an ſelbſtändigen Werken: [1] Karmarſch-Fiſcher, Mechaniſche Technologie, II, Leipzig 1891. — [2] Kick, Vorleſungen über mechaniſche Technologie, Leipzig und Wien 1898. — [3] Ledebur, Mechaniſch-metallurgiſche Technologie, Braunſchweig. — [4] Thallner, Werkzeugſtahl, Freiberg 1904. — [5] Derſ., Konſtruktionsſtahl, ebend. 1904. — [6] Reiſer, Das Härten des Stahles, Leipzig 1906. An Zeitſchriften: Stahl und Eiſen; Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing.; Zeitſchr. für Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge. An Katalogen: Lorentz jun., Blaſebalg- und Feldſchmiedenfabrik, Berlin; Ludw. Loewe, A.-G., Berlin; Schuchardt & Schütte, Berlin; Maſchinenfabrik Pekrun, Coswig i. S.; R. Weber & Co., Werkzeug- und Maſchinenfabrik, Berlin; American Gas Furnace Co., New York.

Daichow.

Härteofen, ſ. Härten, S. 746.

Härtepulver, f. Härten, S. 745.

Härteſkala, f. Härte, S. 737; Härtebeſtimmung, S. 739.

Härtewaſſer, f. Härten, S. 744.

Häuer, f. Gewinnungsarbeiten, Grubenbetrieb.

Häuergedinge, f. Auffahren.

Häuptel oder Hauptſchlamm nannte man den groben Sand, welcher ſich nach dem Verpochen der ärmeren Erze in den erſten Gerinnen der Mehlführung aus dem Waſſer abſetzte (f. Sortieren der Trübe). *Treptow.*

Häuptig, mit Haupt (f. d.) gemauert; einhäuptig, eine Mauer, welche nur auf einer Seite in Flucht gemauert iſt; zweihäuptig, eine ſolche, welche zwei gute Fluchten oder Häupter hat. *Weinbrenner.*

Hafen, f. Flußhafen, Seehafen.

Hafenbahnen, Anſchlußbahnen zur Verbindung von Hafenanlagen mit dem ſonſtigen Eiſenbahnnetz, insbeſondere mit den benachbarten Hauptbahnhöfen.

Hafenbahnhof, f. Bahnhöfe, Bd. 1, S. 473, und Güterbahnhöfe, S. 668.

Hafendämme, trennen den Fluß von dem Hafenbecken oder die Hafenbecken voneinander (Molo) (f. Flußhafen). Bei Seehäfen haben die Hafendämme die Hafenbecken vor dem Seegange zu ſchützen und werden deshalb Wellenbrecher (Diga) genannt.

Der Hafendamm dient auf der Beckenſeite zum Anlegen der Schiffe, die hier in der Regel ihre Ladung löſchen oder eine neue Ladung einnehmen; der alleinige Zweck des Anlegens kommt meiſt nur bei Schutz- oder Winterhäfen vor. Bindet ein Hafendamm in das Ufer ein, ſo nennt man dieſen Teil die Dammwurzel und das freie Ende den Hafenkopf. Die Hafendammkrone iſt, wenn tunlich, höher als das größte Hochwaſſer anzuordnen. Die Außenböſchung des Dammes erhält zwei- bis dreifache, die innere, dem Hafen zugekehrte Böſchung ein- bis zweifache Anlage. Sollen Krane u. dergl. zum Laden und Löſchen der Güter verwendet werden, ſo muß das Ufer im Bereich des Tiefganges der Schiffe nahezu vertikal ſein. Die Breite der Dammkrone iſt von der Beſtimmung des Dammes und von der Art der Benutzung desſelben abhängig. Soll die Dammkrone als Fahrweg dienen, ſo muß ſie mindeſtens eine Breite von 5 m erhalten; meiſtens ſind aber bei großem Verkehr darauf noch Eiſenbahngleiſe anzulegen und mitunter auch noch Schuppen zur vorübergehenden, geſchützten Ablagerung der Güter zu errichten. Anbindepfähle und Winden (Spills) zum Verholen (Heranziehen) der Schiffe ſind auf jedem benutzten Hafendamm notwendig. Der Hafendammkörper wird ähnlich wie ein Parallelwerk (f. d.) hergeſtellt und erforderlichenfalls an der Außenſeite gegen die Angriffe der Strömung bezw. gegen den Wellenſchlag geſchützt. Hierüber f. a. Seehäfen (Molo).

Literatur: [1] Franzius und Sonne, Der Waſſerbau, Leipzig 1879, S. 514. — [2] Handbuch der Baukunde; Franzius, Der Waſſerbau, Berlin 1890. *Pollak.*

Hafenfeuer, allgemein alle in einem Hafen ſichtbaren, beſonderen Zwecken dienenden Feuer, z. B. Landungsbrückenfeuer, auch Leitfeuer. Strenggenommen bezeichnen die Hafenfeuer aber nur die Einfahrt in einen Innenhafen oder eine Werft, und zwar deutet, wenn ſie nicht beide weiß gehalten ſind, das grüne Hafenfeuer die rechte, das rote die linke Seite der Einfahrt an, wie letzteres auch in Binnengewäſſern zur Bezeichnung der Brückendurchfahrten üblich iſt; vgl. Leuchtfeuer. *von Nieſſen.*

Hafenkrananlagen, Hebemaſchinen in Häfen, in neuerer Zeit häufig hydrauliſch oder elektriſch von einer Zentralſtelle aus betrieben. (S. Krane.)

Hafermalz, f. Malz, Spiritusfabrikation.

Hafnerei, ein beſonders in Süddeutſchland und Oeſterreich gebräuchlicher Ausdruck für Töpferei (f. Tonwaren).

Hafnerwaren, in Süddeutſchland und Oeſterreich gleichbedeutend mit Töpferwaren (f. Tonwaren).

Haftpflicht. I. Allgemeines. Das Wort Haftpflicht wird vielfach in ganz verſchiedenem Sinne angewandt. Irreführend iſt, wenn von einer Haftpflicht des Architekten, des Technikers u. ſ. w. geſprochen wird, z. B. für Konſtruktions- oder Rechenfehler u. ſ. w., die er begeht: für ſolche Fehler haftet er, weil er ſeinen Vertrag richtig und ordnungsmäßig auszuführen verpflichtet iſt und dieſe Verpflichtung vorſätzlich oder fahrläſſig verletzte. Ein andres aber iſt, wenn z. B. ein Architekt für die in ſeiner Abweſenheit von ſeinem Bauführer getroffenen unrichtigen Anordnungen verantwortlich gemacht wird, wenn der Spediteur den Schaden vergüten ſoll, den ſein Fuhrmann beim Ausführen der Waren an die Kunden etwa durch Umfahren einer ſtädtiſchen Straßenlaterne oder ähnliches anrichtet und ähnliche Fälle mehr. Ueber dieſe Haftpflicht im engeren, eigentlichen Sinn ent-

halten Reichs- und Landesgesetze eine große Reihe von Bestimmungen, welche im folgenden aufgezählt und kurz besprochen werden sollen. **Haftpflicht im eigentlichen Sinne liegt vor, wenn jemand, ohne daß ihn an der schadenstiftenden Handlung selbst ein Verschulden trifft, trotzdem verpflichtet ist, den Schaden, welchen seine Leute oder Sachen (Tiere) anrichten, aus eigner Tasche zu vergüten.**

Einen Kardinalunterschied macht das Bürgerliche Gesetzbuch bei Behandlung der Haftpflichtfälle hinsichtlich der Frage, ob der in Anspruch Genommene zum Verletzten in einem Vertragsverhältnis steht (im ersten der obigen Beispiele ist der Architekt aus dem Bauvertrag der „Schuldner" des Bauherrn hinsichtlich der Erstellung des Baus) oder nicht (der Spediteur im zweiten Beispiel). Im ersteren Fall bestimmt der § 278 B.G.B., daß der „Schuldner" ein Verschulden der Personen, deren er sich zur Erfüllung seiner Verbindlichkeit bedient (in obigem Beispiel der Bauführer), in gleichem Umfang zu vertreten habe wie eignes Verschulden, mit andern Worten: der Meister, der Prinzipal hat, wenn sein Angestellter oder Geselle vorsätzlich oder fahrlässig dem Besteller u. s. w. einen Schaden zufügt, unweigerlich für diesen Schaden aufzukommen, ohne daß ihm irgendein Entschuldigungsbeweis gestattet wäre (abgesehen vom eignen Verschulden des Verletzten, worüber unten Näheres). Auch im zweiten Fall, wenn der Prinzipal nicht ein „Schuldner" des Verletzten ist (wie in obigem Beispiel der Spediteur der Stadt gegenüber), ist er gemäß § 831 B.G.B. dennoch zum Ersatz des Schadens verpflichtet, den sein Angestellter in Ausführung der ihm übertragenen Verrichtung einem Dritten widerrechtlich zufügt. Aber in diesem zweiten Fall kann der Prinzipal sich der Ersatzpflicht entschlagen, wenn er den Beweis erbringt, daß er bei der Auswahl des Angestellten die im Verkehr erforderliche Sorgfalt beobachtet habe; die weiteren Bestimmungen des § 831 B.G.B. sind praktisch weniger wichtig. Daraus folgt, daß bei Anstellung von Fuhrleuten und ganz besonders von Chauffeuren, aber auch von Markthelfern, Hausknechten und sonstigen Gehilfen aller Art eine viel größere Vorsicht als seither dringend geboten ist, da die Gerichte diesen sogenannten „Exkulpationsbeweis", daß der Prinzipal bei Anstellung des Gehilfen die erforderliche Sorgfalt habe walten lassen, gar nicht leicht nehmen. Insbesondere macht es die Regelung des Bürgerlichen Gesetzbuchs zu einem sehr gefährlichen Unternehmen, vorbestrafte Leute einzustellen — ein äußerst bedauerlicher Kontrast gegen die von allen Seiten unterstützten Bestrebungen der Vereine zur Fürsorge für entlassene Strafgefangene!

Noch einige andre, speziellere aber praktisch darum doch sehr wichtige und einschneidende Haftpflichtfälle hat das Bürgerliche Gesetzbuch statuiert, so in § 832 dahin, daß, wer kraft Gesetzes oder Vertrags zur Führung der Aufsicht über eine Person verpflichtet ist, die wegen Minderjährigkeit oder wegen ihres geistigen oder körperlichen Zustands der Beaufsichtigung bedarf, zum Ersatz des von der zu beaufsichtigenden Person einem Dritten widerrechtlich zugefügten Schadens — wohlgemerkt: aus eigner Tasche! — verpflichtet sei. Der Vater, Vormund, Lehrmeister, Erzieher, Krankenwärter u. s. w. kann sich aber von seiner Haftpflicht befreien durch den von ihm zu erbringenden Nachweis, daß er seiner Aufsichtspflicht genügt habe oder daß der Schaden trotz genügender Aufsicht eingetreten wäre. Zu beachten ist auch hier die Umkehrung und damit Erschwerung der Beweislast: nicht der den Anspruch Erhebende muß die Verschuldung des in Anspruch Genommenen beweisen, sondern diese Verschuldung wird insolange präsumiert, als nicht der in Anspruch Genommene seine Schuldlosigkeit beweist! Der am allertiefsten einschneidende und am meisten angefochtene Haftpflichtfall des Bürgerlichen Gesetzbuchs ist der sogenannte „Tierschaden" des § 833: Wird durch ein Tier ein Mensch getötet oder der Körper oder die Gesundheit eines Menschen verletzt oder eine Sache beschädigt, so ist derjenige, welcher das Tier hält, verpflichtet, dem Verletzten den daraus entstehenden Schaden zu ersetzen. **Die Schadenersatzpflicht tritt also ohne irgendein, auch das allerleichteste Verschulden;** die Tatsache allein, daß der Bauer eine Kuh, der Fuhrmann ein Pferd, das alte Fräulein eine Katze oder einen Kanarienvogel besitzt, genügt, den Besitzer gegebenenfalls um Hab und Gut zu bringen, wenn das Tier Schaden anrichtet! Wegen dieser fast ungeheuerlichen Folgen schweben denn auch zurzeit Verhandlungen über Einschränkung der Tierschadenhaftpflicht bei den gesetzgebenden Faktoren des Deutschen Reichs. Im übrigen hat die Anwendung und Auslegung dieses verunglückten Paragraphen zu einer so umfangreichen und ins Detail gehenden Literatur und Judikatur geführt, daß, weil einige allgemeine Schlagsätze mehr Schaden als Nutzen stiften, von einem näheren Eingehen besser ganz abgesehen wird und dem Leser nur der dringende Rat gegeben werden kann, gegen Tierschaden jedenfalls Haftpflichtversicherung zu nehmen; die §§ 843—845 und 847 B.G.B. geben ein scharfes Bild von dem Risiko, welchem ein Tierbesitzer gemäß § 833 ausgesetzt ist.

Harmloser für den Techniker ist die Haftpflicht des Jagdberechtigten für Wildschaden, die in § 835 B.G.B. des Näheren geregelt ist; dagegen wieder viel wichtiger die Haftung des gegenwärtigen und des früheren Grundbesitzers im Falle des § 836, wenn nämlich durch den Einsturz eines Gebäudes oder eines andern mit einem Grundstück verbundenen Werks (z. B. einer Mauer, eines Leitungsmastes oder ähnliches) oder durch die Ablösung von Teilen des Gebäudes oder des Werks ein Mensch getötet oder verletzt oder eine Sache beschädigt wird. Auch hier muß der gegenwärtige Besitzer zahlen, wenn der Einsturz u. s. w. die Folge fehlerhafter Errichtung oder mangelhafter Unterhaltung ist, und kann sich der Ersatzpflicht nur durch den von ihm zu erbringenden Nachweis — auch hier die schon oben erwähnte Umkehrung der Beweislast! — entschlagen, daß er zum Zweck der Abwendung der Gefahr die im Verkehr erforderliche Sorgfalt beobachtet hat. Ein früherer Besitzer haftet — eventuell solidarisch neben dem jetzigen Besitzer — für den Schaden, wenn der Einsturz u. s. w. innerhalb eines Jahres

nach der Beendigung seines Besitzes eintritt, und kann sich auch nur in gleicher Weise, wie für den gegenwärtigen Besitzer oben ausgeführt, exkulpieren. Dieselbe Haftung wie aus § 836 den gegenwärtigen und eventuell früheren Besitzer trifft nach § 837 B.G.B. denjenigen, der auf einem fremden Grundstück ein Gebäude oder andres Werk besitzt, und unter Umständen den Nutzungsberechtigten gemäß § 838.

Ein Haftpflichtfall ist auch darin gegeben, daß in einer Reihe von deutschen Bundesstaaten, übrigens in einer unter sich abweichenden Regelung der Detailbestimmungen, an Stelle des seine Amtspflicht verletzenden Beamten dem Geschädigten gegenüber der Staat bezw. die Gemeinde und andre Kommunalverbände die Schadenersatzpflicht übernehmen.

Als allgemein wichtig ist noch besonders hervorzuheben die Vorschrift des § 254 in Verbindung mit § 846 B.G.B., die dahin geht, daß, wenn bei der Entstehung des Schadens ein Verschulden des Beschädigten mitwirkte, die Verpflichtung zum Ersatz überhaupt sowie der Umfang des zu leistenden Ersatzes insbesondere davon abhängt, inwieweit der Schaden von dem einen oder dem andern Teil verursacht worden ist. Wenn also der Haftpflichtige den Nachweis erbringt, daß der Verletzte seinerseits die im Verkehr erforderliche Sorgfalt außer acht gelassen habe, so hat das Gericht die Befugnis, den Schadenersatzanspruch des Verletzten nur zu einem Halben oder einem Drittel — je nach Umfang und Schwere der Fahrlässigkeit des Verletzten — für begründet zu erklären und den Haftpflichtigen demgemäß nur zur Zahlung von einem Halben oder einem Drittel des an sich gegebenen Schadenersatzanspruchs zu verurteilen. Ist die Fahrlässigkeit des Verletzten allein ausschlaggebend gewesen für den eingetretenen Erfolg, so hat das Gericht den Verletzten ganz abzuweisen, auch wenn an und für sich, z. B. in einem Tierschadenfall, eine Ersatzpflicht des Haftpflichtigen vorläge. Anzufügen ist jedoch, daß nach § 828 B.G.B. ein Kind unter 7 Jahren jeglicher Verschuldung unfähig und für einen von ihm gestifteten Schaden nicht verantwortlich ist. Läuft also z. B. ein solches Kind noch so grob fahrlässig in die Fahrtrichtung eines Straßenbahnwagens hinein oder reizt ein solches Kind z. B. einen Hund oder ein Pferd und wird von diesem gebissen oder geschlagen: einerlei, die Straßenbahn, der Tierhalter müssen zahlen — eine wenig befriedigende, aber vom Reichsgericht wiederholt gezogene Konsequenz!

Ganz außer acht gelassen sind in vorstehendem der § 823 B.G.B., welcher von der vorsätzlichen oder fahrlässigen Körperverletzung, Sachbeschädigung u. s. w. handelt, und die damit in Zusammenhang stehenden Bestimmungen.

Literatur: Jahrbuch des deutschen Rechts, herausgegeben von Neumann, Berlin (bisher 4 Bände); vgl. ferner die Literatur auf S. 752. *Sick.*

II. Reichshaftpflichtgesetz (Gesetz, betreffend die Verbindlichkeit zum Schadenersatz für die bei dem Betriebe von Eisenbahnen, Bergwerken u. s. w. herbeigeführten Tötungen und Körperverletzungen) vom 7. Juni 1871, Reichsgesetzblatt, S. 207, abgeändert durch § 13 Abs. 2 Ziff. 3 des Reichsgesetzes, betreffend die Einführung der Zivilprozeßordnung vom 30. Januar 1877, Reichsgesetzblatt, S. 244 (Aufhebung des § 6), und Art. 42 des Einführungsgesetzes zum Bürgerlichen Gesetzbuch vom 18. August 1896, Reichsgesetzblatt, S. 604 (Abänderung der §§ 3, 5, 7 bis 9) [1]: „Wenn bei dem Betrieb einer Eisenbahn ein Mensch getötet oder körperlich verletzt wird, so haftet der Betriebsunternehmer für den dadurch entstandenen Schaden, sofern er nicht beweist, daß der Unfall durch höhere Gewalt oder durch eignes Verschulden des Getöteten oder Verletzten verursacht ist" (§ 1). Der Beschädigte bezw. dessen Rechtsnachfolger braucht also seinerseits nicht etwa nachzuweisen, daß den Betriebsunternehmer ein Verschulden trifft. Die Bestimmungen des Gesetzes finden Anwendung nicht nur auf die Eisenbahnen im engeren Sinne, sondern auf alle Eisenschienenstraßen, sofern sie für den öffentlichen Verkehr bestimmt sind. Gleichgültig ist, wer der Unternehmer ist und mit welcher Betriebskraft die Eisenbahn betrieben wird. Es unterliegen also Staats- wie Privatbahnen, Lokomotiv- (Dampfkraft-) wie elektrische, Drahtseil- oder Pferdebahnen u. s. w. dem Haftpflichtgesetz. Nur muß es sich immer um einen Transport mittels Eisenschienen handeln. Der Transport auf Schienen aus anderm Material als Eisen (z. B. aus Stein oder Holz) oder mit Beförderungsmitteln, die nicht auf Schienen laufen (Automobile, Fahrräder, Straßenlokomobilen u. dergl.), fällt nicht unter den § 1. Eisenbahnen, die nicht dem öffentlichen Verkehr dienen, insbesondere die unterirdischen Eisenbahnen und solche Bahnen, die integrierende Bestandteile gewerblicher Anlagen (Fabriken, Bergwerke, Hütten) bilden, sind von der Anwendung des Gesetzes ausgeschlossen. Den Schutz des Gesetzes genießt jeder Mensch, der Eisenbahnfahrgast wie der Angestellte der Bahn, der Vorübergehende oder Vorüberfahrende wie der sonst mit der Eisenbahn in Berührung Gekommene. Jedoch muß der Unfall in ursächlichem Zusammenhang mit dem Eisenbahnbetrieb und den ihm eigentümlichen Gefahren stehen. — „Wer ein Bergwerk, einen Steinbruch, eine Gräberei (Grube) oder eine Fabrik betreibt, haftet, wenn ein Bevollmächtigter oder ein Repräsentant oder eine zur Leitung oder Beaufsichtigung des Betriebes oder der Arbeiter angenommene Person durch ein Verschulden in Ausführung der Dienstverrichtungen den Tod oder die Körperverletzung eines Menschen herbeigeführt hat, für den dadurch entstandenen Schaden" (§ 2). Bauunternehmungen fallen ebensowenig unter die Bestimmungen des Gesetzes wie Handwerksbetriebe. Zur Begründung des Anspruchs muß der Beschädigte im Gegensatz zu den Fällen des § 1 außer der Tatsache der Beschädigung vor allem das Verschulden einer der in § 2 bezeichneten Personen nachweisen (ein Nachweis, der nicht selten schwer zu erbringen sein wird). In diesem Fall haftet der Betriebsunternehmer auch dann, wenn ihn selbst keine Schuld trifft. Voraussetzung der Haftpflicht ist sodann, daß die Beschädigung mit der eigentümlichen Gefährlichkeit des Betriebs in einem ursächlichen Zusammenhang steht; es genügt also nicht die bloße Beschädigung bei Gelegenheit des Betriebs. Auf eignes Verschulden des Unternehmers einer Fabrik u. s. w. bezieht sich die Bestimmung des § 2 nicht. Ein Schadenersatzanspruch auf Grund des eignen Verschuldens des Unternehmers, also nicht auf Grund desjenigen der

in § 2 bezeichneten Perſonen könnte nicht auf § 2 des Reichshaftpflichtgeſetzes, ſondern nur auf ſonſtige entſprechende Beſtimmungen (Bürgerliches Geſetzbuch, Gewerbeordnung u. ſ. w.) geſtützt werden. — Nach § 9 des Geſetzes bleiben die reichsgeſetzlichen Vorſchriften, nach denen außer den im Reichshaftpflichtgeſetz vorgeſehenen Fällen der Unternehmer einer in den §§ 1 und 2 bezeichneten Anlage oder eine andre Perſon, insbeſondere wegen eines eignen Verſchuldens, für den bei dem Betrieb der Anlage durch Tötung oder Körperverletzung eines Menſchen entſtandenen Schaden haftet, unberührt. — Der Schadenerſatz (§§ 1 und 2) iſt nach näherer Beſtimmung der §§ 3, 3a, 4 und 7 zu gewähren: Im Fall der Körperverletzung iſt Erſatz der Heilungskoſten und des durch die verurſachte Beeinträchtigung der Erwerbsfähigkeit oder Vermehrung der Bedürfniſſe erlittenen Vermögensnachteils zu gewähren; im Fall der Tötung iſt außerdem Erſatz der Beerdigungskoſten und Entſchädigung an die auf Grund geſetzlicher Verpflichtung unterhaltenen Perſonen zu leiſten. — Die Anwendung der Haftpflichtbeſtimmungen kann von den Unternehmern nicht zu ihrem Vorteil durch Verträge (mittels Reglements oder durch beſondere Uebereinkunft) im voraus ausgeſchloſſen oder beſchränkt werden. Entgegenſtehende Vertragsbeſtimmungen haben keine rechtliche Wirkung (§ 5). — Die Forderungen auf Schadenerſatz verjähren in zwei Jahren von dem Unfall an (§ 8). — Die Haftpflicht der Unternehmer gegenüber ihren Arbeitern und Betriebsbeamten, wie ſie nach dem Reichshaftpflichtgeſetz beſtehen würde, iſt durch die Unfallverſicherungsgeſetze ſehr weſentlich eingeſchränkt worden. Näheres ſ. unter V. Nichtsdeſtoweniger iſt, zumal bei der ſtetigen Zunahme des Bahnverkehrs, die Bedeutung des Reichshaftpflichtgeſetzes, das vor allem auf die Betriebsunfälle des reiſenden Publikums und der nicht der Unfallverſicherung unterliegenden, Fabriken oder Bergwerke betretenden Perſonen nach wie vor volle Anwendung findet, auch jetzt noch eine ſehr große.

III. Beſondere landesgeſetzliche Beſtimmungen. Der § 1 des Reichshaftpflichtgeſetzes bezieht ſich nicht auf den Erſatz eines bei dem Eiſenbahnbetrieb entſtandenen Sachſchadens. Auch nach den Beſtimmungen des Bürgerlichen Geſetzbuchs haftet der Eiſenbahnunternehmer für den bei dem Betrieb entſtandenen Sachſchaden abgeſehen von vertragsmäßiger Haftung nur bei nachgewieſenem Verſchulden. Dabei hat er zwar auch für die widerrechtliche Schadenszufügung durch ſeine Angeſtellten einzuſtehen, er kann aber dieſe Haftung durch den Beweis, daß er bei der Auswahl oder Ueberwachung der Angeſtellten die erforderliche Sorgfalt beobachtet habe, abwenden (§§ 823, 831 des Bürgerlichen Geſetzbuchs). Art. 105 des Einführungsgeſetzes zum Bürgerlichen Geſetzbuch läßt nun die landesgeſetzlichen Vorſchriften unberührt, nach welchen der Unternehmer eines Eiſenbahnbetriebs oder eines andern mit gemeiner Gefahr verbundenen Betriebs für den aus dem Betrieb entſtehenden Schaden in weiterem Umfang als nach den Vorſchriften des Bürgerlichen Geſetzbuchs verantwortlich iſt, läßt alſo eine Verſchärfung der reichsgeſetzlichen Haftung durch das Landesrecht zu. Von dieſer Befugnis hat ein großer Teil der deutſchen Staaten, wie Preußen, Bayern, Württemberg, Heſſen, die thüringiſchen Staaten, Lübeck und Braunſchweig, Gebrauch gemacht, davon ausgehend, daß das Bürgerliche Geſetzbuch gegen Sachbeſchädigungen durch den Eiſenbahnbetrieb einen ausreichenden Schutz nicht gewährt, die Zunahme des Eiſenbahn- und Straßenverkehrs aber das Bedürfnis nach einem größeren geſetzlichen Schutz zu einem dringenden macht. Die Mehrzahl der hiernach ergangenen Landesgeſetze ſchließt ſich an das Reichshaftpflichtgeſetz an und macht den Eiſenbahnunternehmer für den bei dem Betrieb der Eiſenbahn entſtehenden Sachſchaden haftbar, ſofern er nicht höhere Gewalt oder eignes Verſchulden des Beſchädigten nachweiſen kann. Im einzelnen zeigen die Landesgeſetze verſchiedene Abweichungen voneinander.

IV. Haftpflicht der Automobilfahrer. Auf Automobile, ſoweit ſie nicht an ein Eiſenbahngleis gebunden ſind, finden, wie oben ausgeführt, die Beſtimmungen des Reichshaftpflichtgeſetzes keine Anwendung. Für ſie gelten — zumal auch landesrechtliche, auf Grund des Art. 105 des Einführungsgeſetzes zum Bürgerlichen Geſetzbuch erlaſſene Beſtimmungen bisher fehlen — die allgemeinen durch das Bürgerliche Geſetzbuch aufgeſtellten Grundſätze. Die bedeutende Zunahme des Automobilverkehrs und die damit Hand in Hand gehende Vermehrung der durch Automobile verurſachten Unfälle laſſen eine beſondere Regelung um ſo mehr als notwendig erſcheinen, als der Nachweis eines Verſchuldens bei den durch Automobile verurſachten Schäden häufig mit beſonderen Schwierigkeiten verbunden iſt (Raſchheit, mit der ſich die Vorgänge abſpielen, Mangel an Zeugen u. ſ. w.) und ſolches in der Regel nur den Lenker des Fahrzeugs trifft, deſſen Haftung für den Verletzten meiſt praktiſch ohne Nutzen iſt. Ein dem Reichstag neuerdings zugegangener Entwurf eines Geſetzes über die Haftpflicht für den bei dem Betriebe von Kraftfahrzeugen entſtehenden Schaden, der die Haftpflicht der Automobil- (Kraftwagen- oder Kraftfahrräder-) Beſitzer im Anſchluß an die Beſtimmungen des Reichshaftpflichtgeſetzes über die Haftung beim Eiſenbahnbetrieb regeln, übrigens auch die Haftung für Sachſchaden umfaſſen will, ſoll hier Wandel ſchaffen.

V. Haftpflicht und Unfallverſicherung [2]. Die Haftpflicht der Unternehmer gegenüber ihren Arbeitern und Betriebsbeamten, wie ſie nach dem Reichshaftpflichtgeſetz oder ſonſtigen geſetzlichen Vorſchriften beſtehen würde, iſt durch die Unfallverſicherungsgeſetzgebung weſentlich eingeſchränkt worden. An die Stelle der Einzelhaftung der Unternehmer iſt die Entſchädigungspflicht der Geſamtheit der in den Berufsgenoſſenſchaften vereinigten Unternehmerſchaft (Berufsgenoſſen) getreten (ſ. Unfallverſicherung, Berufsgenoſſenſchaften). Nur ausnahmsweiſe beſteht noch eine Haftpflicht des einzelnen Unternehmers. Die bezüglichen Beſtimmungen ſind enthalten in den §§ 135 ff. des Gewerbeunfallverſicherungsgeſetzes (Reichsgeſetzblatt 1900, S. 585), §§ 146 ff. des Unfallverſicherungsgeſetzes für Land- und Forſtwirtſchaft (ebendaſelbſt S. 641), § 45 ff. des Bauunfallverſicherungsgeſetzes (ebendaſelbſt S. 698) und §§ 133 ff. des Seeunfallverſicherungsgeſetzes (ebendaſelbſt S. 716) und ſind im weſentlichen übereinſtimmend.

1. Haftung des Unternehmers und seiner Beamten gegenüber dem Unfallverletzten und seinen Hinterbliebenen. Die nach Maßgabe der Unfallversicherungsgesetze versicherten Personen und ihre Hinterbliebenen können, auch wenn sie einen Anspruch auf Rente nicht haben, einen Anspruch auf Ersatz des infolge eines Unfalls erlittenen Schadens gegen den Betriebsunternehmer und seine Beamten nur dann geltend machen, wenn durch strafgerichtliches Urteil festgestellt worden ist, daß der in Anspruch Genommene den Unfall vorsätzlich herbeigeführt hat. In diesem Falle beschränkt sich der Anspruch auf den Betrag, um welchen die den Berechtigten nach anderen gesetzlichen Vorschriften gebührende Entschädigung diejenige übersteigt, auf welche sie nach den Unfallversicherungsgesetzen Anspruch haben. Eine strafgerichtliche Feststellung ist nicht erforderlich, wenn dieselbe wegen des Todes oder der Abwesenheit des Betreffenden oder aus einem andern in seiner Person liegenden Grunde nicht erfolgen kann.

2. Haftung des Unternehmers und seiner Beamten gegenüber den Berufsgenossenschaften, Krankenkassen und sonstigen Unterstützungskassen, Gemeinden, Armenverbänden. Diejenigen Betriebsunternehmer und ihre Beamten, gegen welche durch strafgerichtliches Urteil festgestellt worden ist, daß sie den Unfall vorsätzlich oder durch Fahrlässigkeit mit Außerachtlassung derjenigen Aufmerksamkeit, zu der sie vermöge ihres Amtes, Berufes oder Gewerbes besonders verpflichtet sind, herbeigeführt haben, haften für alle Aufwendungen, welche infolge des Unfalles auf Grund der Unfallversicherungsgesetze oder des Krankenversicherungsgesetzes von den Gemeinden, Armenverbänden, Krankenkassen und sonstigen Unterstützungskassen gemacht worden sind. Als Ersatz für die Rente kann in diesen Fällen deren Kapitalwert gefordert werden. Die Feststellung durch strafgerichtliches Urteil ist nicht erforderlich, wenn die Feststellung wegen des Todes oder der Abwesenheit des Betreffenden oder aus einem andern in seiner Person liegenden Grunde nicht erfolgen kann, und sodann den Berufsgenossenschaften (nicht aber den Gemeinden, Armenverbänden, Kranken- und Unterstützungskassen) gegenüber. Die Genossenschaft ist übrigens befugt, von der Verfolgung ihres Anspruches abzusehen, wenn der Unfall durch Fahrlässigkeit herbeigeführt ist. Die Rückgriffansprüche verjähren in 18 Monaten von dem Tage, an welchem das strafgerichtliche Urteil rechtskräftig geworden ist, im übrigen in zwei Jahren nach dem Unfalle.

3. Haftung Dritter. Die Haftung Dritter, d. h. andrer Personen als der Betriebsunternehmer und ihrer Beamten (z. B. der Mitarbeiter des Verletzten, der Besucher einer Fabrik, der Angehörigen des Unternehmers u. s. w.) bestimmt sich nach den allgemeinen gesetzlichen Vorschriften, und zwar sowohl gegenüber den Unfallverletzten und ihren Hinterbliebenen wie gegenüber den Berufsgenossenschaften. Insoweit aber den nach den Unfallversicherungsgesetzen entschädigungsberechtigten Personen ein gesetzlicher Anspruch auf Ersatz des ihnen durch den Unfall entstandenen Schadens gegen Dritte erwachsen ist, geht dieser Anspruch auf die Berufsgenossenschaft im Umfang ihrer durch die Unfallversicherungsgesetze begründeten Entschädigungspflicht über.

VI. Haftpflichtversicherung der Berufsgenossenschaften. Nach § 23 des Gesetzes betreffend die Abänderung der Unfallversicherungsgesetze vom 30. Juni 1900, Reichsgesetzblatt S. 573, sind die Berufsgenossenschaften berechtigt, mit Genehmigung des Bundesrats Einrichtungen zur Versicherung der Betriebsunternehmer und der ihnen in bezug auf Haftpflicht gleichgestellten Personen gegen Haftpflicht zu treffen. Die Teilnahme an diesen Einrichtungen ist freiwillig. Die Versicherung kann sich nicht nur auf die aus den Unfallversicherungsgesetzen sich ergebende Rückgriffspflicht, sondern auch auf jede andre Art Haftpflicht, die nach Maßgabe der Gesetze in Frage kommt, also z. B. auch die Haftpflicht für Tiere erstrecken. Soweit es sich übrigens um Haftpflichtansprüche aus der reichsgesetzlichen Unfallversicherung handelt, darf bei der Einrichtung nicht mehr als zwei Drittel durch Versicherung gedeckt werden; das letzte Drittel bleibt zu Lasten des Unternehmers. Dieser Bestimmung lag die Erwägung zugrunde, daß dann, wenn eine Deckung des vollen Risikos durch Versicherung bei der Berufsgenossenschaft zugelassen würde, damit ein sehr wesentlicher Antrieb für die Unternehmer, Unfälle zu vermeiden, verloren ginge. Die Statuten für die Haftpflichtversicherungseinrichtung und deren Abänderung bedürfen der Genehmigung des Bundesrats. Die Berufsgenossenschaften unterliegen auch in bezug auf diese Einrichtung der Aufsicht des Reichsversicherungsamts.

Literatur: [1] Eger, Das Reichshaftpflichtgesetz, Kommentar, 6. Auflage, Hannover 1906, mit eingehender weiterer Literaturangabe, auch solcher über das außerdeutsche Haftpflichtrecht (auch bei der vorstehenden Abhandlung wurde, soweit Auslegung des Reichsgesetzes in Betracht kam, sich an Eger angeschlossen); Derf., Das Reichshaftpflichtgesetz, Textausgabe mit Anmerkungen, Berlin 1903; Laß und Maier, Haftpflichtrecht und Reichsversicherungsgesetzgebung, 2. Aufl., München 1902, S. 98 ff. — [2] Dief., a. a. O., S. 137 ff.; Dammer, Handbuch der Arbeiterwohlfahrt, Bd. 2, Stuttgart 1903, S. 226 ff.; Laß und Klehmet, Grundriß der deutschen Arbeiterversicherung (Sonderabdruck aus Dammer), Stuttgart 1903, S. 70 ff.; die Kommentare zu den Unfallversicherungsgesetzen.

Köhler.

Hagel, gefrorene Kondensationsprodukte des in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes in Form von kugel- oder eiförmig oder unregelmäßig gestalteten, stets milchig trüben, nie vollkommen durchsichtigen Eisstücken von verschiedener, zwischen der Abmessung einer Erbse und einer Apfelsine schwankender Größe.

Häufig schließen sie ein Graupelkorn als trüben Kern ein, der von mehr oder weniger konzentrischen, von Luftblasen durchsetzten Eisschichten verschieden starker Durchsichtigkeit eingeschlossen erscheint. Im Gegensatz zu den Graupeln ist der Hagel eine Erscheinung der wärmeren Jahreszeit, wo er besonders häufig in Verbindung mit Gewittern auftritt. Zur Abwehr der Hagelwetter ist in vielen Gegenden das Hagelschießen oder „Wetterschießen"

in Gebrauch, indem man aus beſonders konſtruierten Kanonen mit aufgeſtecktem Trichter gegen die Hagelwolken gerichtete ſtarke Pulverſchüſſe abgibt, die ſchnell dahinſauſende und weithin ſichtbare Wirbelringe hervorrufen und die Wirkung einer Verteilung des Hagelgewölkes haben ſollen. Ein Erfolg dieſes Hagelſchießens muß aber in Abrede geſtellt werden.

Literatur: Vgl. Bericht über die internationale Expertenkonferenz für Wetterſchießen in Graz, in Jahrbuch der k. k. Zentralanſtalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, Jahrg. 1902, Bd. 39, Anhang. *Großmann.*

Hagluvit, ſ. v. w. Magneſit (ſ. d.).

Hahn, ſ. Hähne.

Hahnausreiber, Vorrichtung, um eingeſchwemmte Fremdkörper und eingefreſſene Poren in Hähnen durch Ausſchleifen zu beſeitigen und dadurch das dichte Abſchließen des Hahnes nach längerem Gebrauche von neuem zu bewirken.

An einem Handgriff iſt ein Rohrſtück befeſtigt, deſſen unterer Teil durch Schlitze federnd eingerichtet iſt. Der Ausreiber, der aus Schmirgel oder Sandſtein hergeſtellt iſt, wird in dieſen Teil hineingeſteckt und in ſeiner Lage feſtgeklemmt. *Dalchow.*

Hahnenbalken (Hainbalken, in Oeſterreich Spitz- oder Katzenbalken), dem Firſt zunächſt liegende Balken. Sie kämmen ſich auf den oberſten Stuhlrahmen und verzapfen ſich mit den Sparren; ſ. Dachſtuhl, Bd. 2, S. 514.

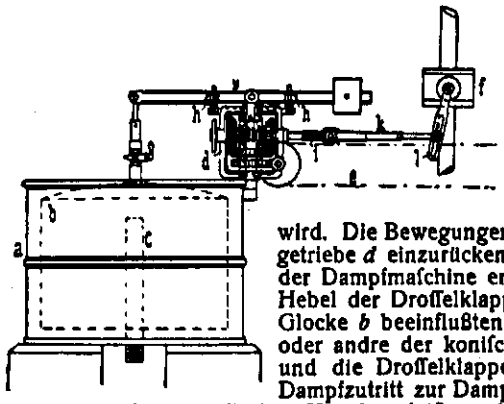
Hahnenkammer (Schieberkammer, Regulierſchacht u. ſ. w.), Ort, von welchem aus die Regulierung des Waſſerzufluſſes für verſchiedene Teile eines zu verſorgenden Objektes erfolgt.

In der Regel ſind es kellerartige Räume (Einſteigeſchachte, ſ. d.) unter den Straßen, in welchen die Stellhahnen (Schieber u. ſ. w.) untergebracht werden, wenn es ſich um die Waſſerregulierung in Rohrnetzen (ſ. d.) handelt; bei Zierbrunnen (ſ. d.) iſt die Anordnung der Hahnenkammer häufig ſeitlich und derart, daß man von derſelben aus die Wirkung der Hahnenſtellung auf die verſchiedenen Strahlen beobachten kann. Jede derartige Kammer muß für ſich entwäſſert werden können, leicht zugänglich und im lichten Raum ſowie in den Zugängen ſo bemeſſen ſein, daß man überall die Einzelteile leicht einbringen und auswechſeln, eventuell reparieren kann.

Hahnepot, ein Spann, aus mehreren Tauenden beſtehend, die nach oben in einen Punkt zuſammenlaufen.

Hahnkappen (Straßenkappen), gußeiſerne Käſtchen in viereckiger, ſechseckiger, runder oder ovaler Form mit Deckel zum Abnehmen oder in Scharnier (ſ. Gartenhydranten, Einbaugarnituren, Hydranten), dienen zur Umhüllung der im Boden ſitzenden Waſſerleitungsausläufe (Hydranten). *Blecken.*

Hahnſcher Regler, dient dazu, die Umdrehungszahl der Betriebsdampfmaſchine des Gasſaugers und damit den Gang des letzteren, der ſtets wechſelnden Menge der Gaserzeugung entſprechend, ſelbſttätig zu regeln, um die Druckſchwankungen im Saugrohr auszugleichen (vgl. Gasſauger).



Der Regler beſteht aus einem gußeiſernen Gefäße *a*, welches mit Waſſer gefüllt iſt, in dem eine Glocke *b* ſchwimmt, unter der ein vom Saugrohr des Gasſaugers abzweigendes Rohr *c* mündet, ſo daß unter der Glocke ſtets derſelbe Druck herrſcht wie im Saugrohr. Die Höhe des in letzterem gewünſchten Druckes wird eingeſtellt durch Verſchiebung des Belaſtungsgewichtes des Hebels *g*, wodurch die Schwimmerglocke mehr oder weniger belaſtet wird. Die Bewegungen der Glocke werden dazu benutzt, ein Wendegetriebe *d* einzurücken, das ſeine Bewegung durch den Riemen *e* von der Dampfmaſchine erhält und welches durch eine Spindel *i* auf den Hebel der Droſſelklappe *f* wirkt. Je nach der durch den Stand der Glocke *b* beeinflußten jeweiligen Lage des Hebels *g* wird das eine oder andre der koniſchen Rädchen des Wendegetriebes eingeſchaltet und die Droſſelklappe mehr geſchloſſen oder geöffnet. Dieſe den Dampfzutritt zur Dampfmaſchine regelnde Droſſelklappe hat die Form einer beiderſeits abgeflachten Kugel und iſt gezahnt, damit bei einer geringen Drehung derſelben der freie Querſchnitt des Dampfzutrittes nur allmählich vergrößert oder verkleinert wird.

Bei der neueren Bauart dieſes Reglers erfolgt die Regulierung durch einen Schwungkugelregulator, deſſen Geſchwindigkeit durch Verſchiebung eines Friktionsrades verändert wird. An Stelle auf ein Wendegetrieb wirkt die vom Druck in der Saugleitung betätigte Schwimmerglocke mittels Hebels auf das Antriebrad und verſchiebt dieſes auf der Friktionsſcheibe, ſo daß ſich die Umdrehungsgeſchwindigkeit der Dampfmaſchine der Gasmenge jederzeit anpaßt.

Literatur: Schilling, E., Supplement zum Handbuch für Steinkohlengasbeleuchtung, München 1892; Journal für Gasbeleuchtung und Waſſerverſorgung, Jahrg. 1876, S. 198, 463, 468, 536, 585; 1878, S. 89; 1887, S. 156; Ueberſicht über neuere Apparate für das Gasfach, herausgegeben von der Berlin-Anhaltiſchen Maſchinenbau-Aktiengeſellſchaft. *Schaar.*

Hahnſteuerung, ſ. Steuerung.

Halderauch, ſ. Höhenrauch.

Haimzeichen (Haimſtock, Sicherheitszeichen), ein natürlicher bezw. künſtlicher Fixpunkt in der Nähe eines Triebwerks oder einer Stauanlage, auf welchen die behördlich erlaubte oder vorgeſchriebene Höhe des geſtauten Waſſerſpiegels bezw. die diesbezügliche Marke (das Eichzeichen) behufs möglicher Kontrolle und richtiger Erhaltung durch Nivellement bezogen wird. Hiermit nicht zu verwechſeln das Staumaß oder der Merkpfahl. Die Art der Herſtellung des Haimſtockes iſt in der Regel behördlich (in Oeſterreich durch die Miniſterialverordnung vom 20. September 1872) vorgeſchrieben.

Hainbalken, ſ. Hahnenbalken.

Hainbuche, ſ. Nutzhölzer.

Haï-Thao, ſ. Appretmittel, Bd. 1, S. 253.

Haken, 1. ſcharf oder rund abgebogenes leichtes Eiſen, das im Bauweſen mannigfache Verwendung findet: als Tür-, Laden- oder Fenſterhaken dient er in Verbindung mit einer Oeſe oder einem Ring zum Anlegen dieſer Teile, um ſie in geöffnetem oder geſchloſſenem Zuſtand gegen willkürliche Bewegungen oder Losreißen durch Wind zu ſchützen; 2. am Dachziegel ſ. v. w. Naſe; 3. oberſter Ziegel bei Hohlziegeldach; vgl. a. Drahtarbeiten. *Weinbrenner.*

Haken zum Anhängen von Laſten als einfache Haken (Fig. 1—3) oder Doppelhaken (Fig. 4) werden aus zähem Eiſen geſchmiedet.

Für den einfachen Haken, der für Laſten bis 25 t benutzt wird, ſeien hier folgende Formeln vorgeſchlagen. Der Durchmeſſer der Hakenweite wird $D\,\text{cm} = 0{,}5\sqrt[3]{Q\,\text{kg}}$. In der wagerechten Mittellinie erhält der Hakenquerſchnitt das Maß $h\,\text{cm} = \sqrt{0{,}025\,Q}$ kg und $\frac{1}{4}h$. Die

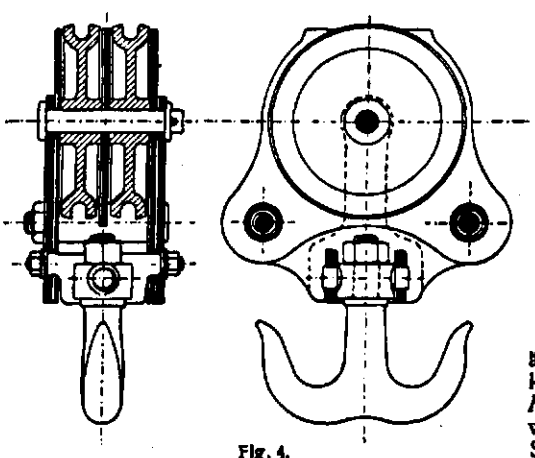


Fig. 4.

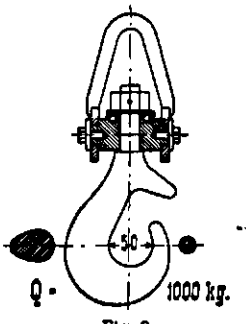


Fig. 2.

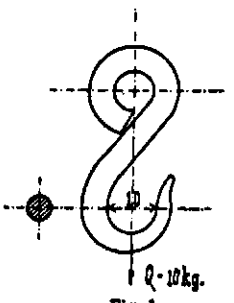


Fig. 1.

äußere Umgrenzung nach unten iſt ein Halbkreis; die obere Form wird für die Höhe $H = D + h$ ſo ausgebildet, daß die Maulweite $0{,}75\,D$ zwiſchen Schaft und Hakenſpitze frei bleibt. Die größte Breite des wagerechten Querſchnittes ſei $b_1 = 0{,}6\,D$. Die Breite am äußeren Rande $b_2 = 0{,}33 \cdot b_1$. Haken für kleine Kräfte erhalten runden Querſchnitt (Fig. 1); ſtarke Haken trapezförmigen, jedoch abgerundeten oder auch eiförmigen Querſchnitt. Den Schraubendurchmeſſer d_{cm} berechne man im Kernquerſchnitt $\frac{1}{4}d^2$ mit $s = 400$—800 kg/qcm Zugſpannung (und zwar $s = 30\sqrt{Q}$) aus $\frac{1}{4}d^2 s = Q$; die Schaftſtärke d_0 wird um einige Millimeter größer als d.

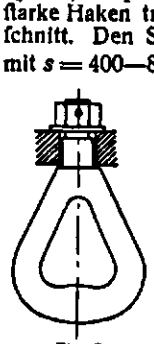


Fig. 5.

Der Haken erhält in ſeiner Aufhängung Spielraum, auch zwiſchen dem Bund und der Unterlagſcheibe, ſo daß er leicht gedreht werden kann, während die Mutter mittels eines quer durchgehenden Splintes geſichert iſt. Zur Erleichterung der Drehbarkeit wendet man Stahlkugeln unter der Mutter oder der Unterlagplatte in ringförmiger Rille an (Fig. 2). Um Biegungsbeanſpruchungen des Hakenſchaftes und des Schraubenkernes fernzuhalten, wenn ſich die Traverſe ſchief zur Hakenrichtung zieht, außerdem auch in Rückſicht auf die Bauhöhe, hat man die Hakenhöhe H möglichſt kurz zu halten. Die Unterlagſcheibe wird öfter flachkugelförmig in die Traverſe eingelegt, oder die Oberſeite und Unterſeite der Unterlagſcheibe flach zylindriſch nach zwei zueinander ſenkrechten Richtungen abgeflacht;

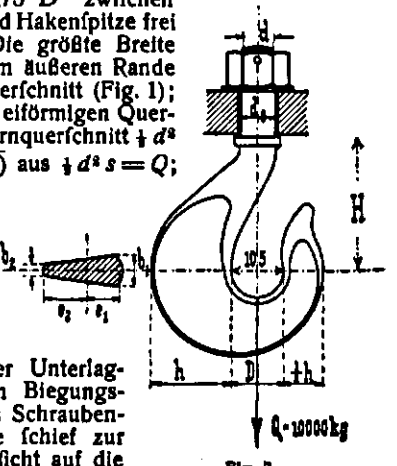


Fig. 3.

immer mit genügendem Spielraum des Hakenſchaftes. Fig. 2 zeigt einen Abweiſer, der verhütet, daß ſich der Haken beim Aufgehen an Eiſengerüſten, Schiffsluken, Mauergeſimſen u. dergl. verfängt.

Für die Berechnung der Spannungen in dem exzentriſch belaſteten Hauptquerſchnitt f des Hakens hat man angenommen, daß ſich die Zugſpannung Q/f mit den Biegungsſpannungen innen addiert, außen ſubtrahiert, und der Berechnung der Trapezform die Bedingung zugrunde gelegt, daß die beiden äußerſten Spannungen für Zug und Druck einander gleich werden ſollten, was übrigens nicht gerade nötig iſt. Eine genauere Berechnung hat v. Bach angegeben, indem er die Krümmung der Mittellinie des Hakens und die damit verbundene Ungleichmäßigkeit der Längenſtreckung der inneren und äußeren Faſern berückſichtigt. Danach erhält man die Zugſpannung der inneren Faſern größer, die Druckſpannung kleiner als nach der einfacheren Berechnungsweiſe, und zwar:

$$s = Q/f + M\,[1 + \eta/(r+\eta)\,\varkappa]/f\,r.$$

Hierin iſt das Biegungsmoment $M = -Q\,(\frac{1}{2}D + e_1)$; ferner iſt r der Krümmungsradius der Schwerpunktlinie des Hakens. Setzt man, der Hakenform nahe entſprechend, den Krümmungsradius gleich dem Hebelarm des Biegungsmomentes, alſo $M = -Q\,r$, ſo vereinfacht ſich die Formel zu

$$s = -Q\,\eta/(r+\eta)\,f\,\varkappa.$$

Weiter gilt $\eta = -e_1$ für die innere Faſer und $\eta = e_2$ für die äußere Faſer. Den Wert von $\varkappa$ hat v. Bach durch Integration für den kreisförmigen und zugleich für den elliptiſchen Querſchnitt, mit $e = \frac{1}{2}h$, angegeben zu:

$$\varkappa = \frac{1}{4}\left(\frac{e}{r}\right)^2 + \frac{1}{8}\left(\frac{e}{r}\right)^4 + \frac{5}{64}\left(\frac{e}{r}\right)^6 + \ldots;$$

für den Trapezquerſchnitt von der Höhe h und den Seiten b_1 und b_2 zu:

$$\varkappa = -1 + \frac{2r}{(b_1+b_2)\,h}\left\{\left[b_2 + \frac{b_1-b_2}{h}\,(r+e_2)\right]\ln\frac{r+e_2}{r-e_1} - (b_1-b_2)\right\}.$$

Für ein Trapez von dem Verhältnis $b_1 : b_2 = 3:1$ berechnet ſich hieraus

für $\frac{r}{h}$ =	9/12	10/12	11/12	12/12	13/12	15/12	20/12	24/12
$\varkappa$ =	0,167	0,115	0,095	0,080	0,063	0,045	0,027	0,015.

In ſolchem Trapez iſt (nach der Lehre vom Schwerpunkt) $e_1 = 5\,h/12$ und $e_2 = 7\,h/12$, außerdem $f = \frac{1}{2}\,b_1\,h$ und darum die Zugſpannung s_1 der inneren Faſer und die Druckſpannung s_2 der äußeren Faſer: $s_1 = 5\,Q/4\,\varkappa\,b_1\,D$; $s_2 = 7\,Q/4\,\varkappa\,b_1\,(D+2\,h)$.

Immerhin herrſcht noch einige Willkür in der Vertauſchung der rechnungsmäßigen Trapezform und der rundlichen Querſchnittsform. Als Zugſpannung ſind Werte von 600—1000 und bei ſtoßfreier, ruhiger Belaſtung bis 1200 kg/qcm zuläſſig.

Statt des einfachen Hakens benutzt man für große Laſten, ſofern die Anhängungsweiſe eine Teilung zuläßt, geſchloſſene Schlaufen (Fig. 5) oder den Doppelhaken oder Widderkopf (Fig. 4). Die Weite D ſei gleich oder etwas kleiner als bei dem einfachen Haken, der Schaft an der Gabelung $d = D$, am oberen Ende etwa $0{,}7\,D$ bei 250 kg/qcm Zugſpannung. Sehr empfehlenswert iſt zur Vermeidung von Biegungsſpannungen die Aufhängung des Hakens in Zapfen, quer zur Richtung des Rollenzapfens (Fig. 4). *Lindner.*

Hakenblatt, eine Verbindung, welche bei Verlängerung von Kanthölzern zur Sicherung gegen Auseinanderziehen dient. Die Anordnung der beiden Hauptformen (des geraden und des ſchrägen Hakenblattes) ergibt ſich aus Fig. 1 und 2. Zur Sicherung der Verbindung werden manchmal Holznägel oder Dübel angewendet; ſ. a. Aufblattung. — Literatur ſ. unter Holzverband. *Weinbrenner.*

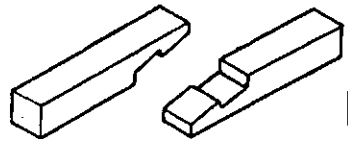


Fig. 2.

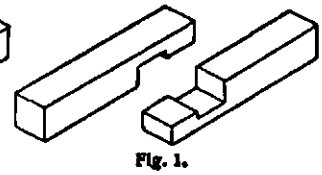


Fig. 1.

Hakenblock, ſ. Takelage.

Hakenbohrer, ſ. v. w. Hakenſtähle (ſ. d.).

Hakenkamm, Holzverbindung bei zwei nicht in einer Ebene liegenden Hölzern, bei denen das Uebergreifen im Gegenſatz zu dem ſchwalbenſchwanzförmigen Kamm in Hakenform geſchieht. Man unterſcheidet einfache und doppelte ſowie gerade und ſchräge Hakenkämme (vgl. die nebenſtehenden Fig. 1 und 2). *Weinbrenner.*

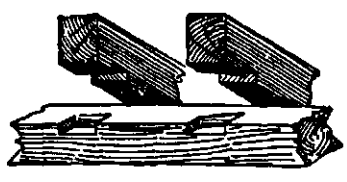


Fig. 1. Einfacher Hakenkamm.

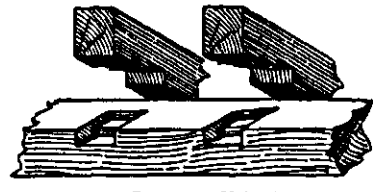


Fig. 2. Doppelter Hakenkamm.

Hakenlaſch, Laſch zur Verbindung der hölzernen Kielſtücke, ſ. Schiffbau, (Holzſchiffbau).

Hakenleitern, ſ. Feuerſchutz, Bd. 3, S. 785.

Hakennadel, f. Nähmaschinen.

Hakennägel, -platten, -schrauben, zur Schienenbefestigung, f. Oberbau.

Hakenschlüssel, f. Schraubenschlüssel.

Hakenstähle, werden zum Ausdrehen innerer erweiterter Flächen hohler Arbeitsstücke verwendet; f. Werkzeugstähle.

Hakensteine, Steine mit gebrochenen Lagerflächen.

Sie finden bisweilen bei Mauern mit ungleich hohen Schichten (Fig. 1), häufiger für die Abdeckung geböschter Mauern (Fig. 2) und bei Hausteinbögen (Fig. 3) Verwendung, um einen Ausgleich der verschiedenen Höhen der Schichten bezw. den Anschluß der Abdeck- und Wölbsteine an die wagerechten Schichten des Mauerwerks zu ermöglichen.

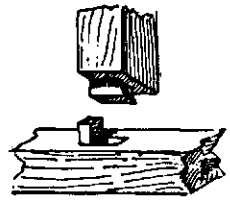
Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Bei belasteten Mauerbogen sind solche Hakensteine vom Standpunkte eines guten Steinschnitts zu verwerfen, weil nicht allein die Herstellung mehr Material erfordert, sondern bei geringfügiger Ungenauigkeit der Lagerflächen leicht durch die Belastung ein Abbrechen der Haken nach einer in Fig. 3 mit *a b* bezeichneten Linie hervorgerufen wird. *L. v. Willmann.*

Hakenzapfen, schwalbenschwanzförmiger Zapfen zur Verbindung zweier senkrecht zueinander stehenden Hölzer (f. die Figur).



Halbellipsenträger, f. Ellipsenträger, Bd. 3, S. 436.

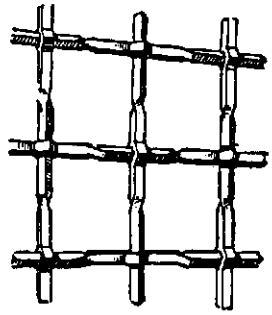
Halbenholz (Seitenholz), beim Oberharzer Bergbau ein zum Grubenausbau dienendes Holz, welches am Ende nicht rechtwinklig sondern schräg zur Längsrichtung geschnitten ist (vgl. a. im Art. Grubenzimmerung die Erklärung der Ausdrücke „langes Holz" und „Ueberschnittenes"). *Treptow.*

Halbgeschoß (Zwischengeschoß, Beigeschoß), niederes Geschoß zu untergeordneten Räumen, wird meist in hohen Stockwerken neben großen Sälen zur Ausgleichung angeordnet. *Weinbrenner.*

Halbgiebel, einseitiger Giebel eines Pult- oder Halbwalmdaches.

Halbhochmüllerei, ein Mittelding zwischen Flach- und Hochmüllerei, in den meisten deutschen Mühlen geübt. Vgl. Mehlfabrikation.

Halbholländer, jene bei der Papierfabrikation (f. d.) zur vorbereitenden Zerfaserung der Hadern verwendete Vorrichtung, die das sogenannte Halbzeug liefert. *Kraft.*



Halbholz, 1. Bauholz, das aus einmal getrenntem Stamm gewonnen ist, dient besonders zu Riegelholz u. dergl.; 2. f. v. w. Halbbrett.

Halbiertes Gitter, eisernes Stabgitter, bei welchem die senkrechten und die wagerechten Stäbe abwechselnd durchlocht sind, so daß sie nicht herausgenommen werden können (f. die Figur); vgl. a. Durchschieben. *Weinbrenner.*

Halbierungszirkel, f. Reißzeug.

Halbkammgarne (Sagetten- oder Sayett-, Strick-, Stick- oder Tapisserie- und Strumpfwirkgarne, fil cardé-peigné, knitting yarn, stocking yarn, hosiery yarn, mock-worsted) werden aus mittellangen Wollen meist ähnlich wie Kammgarn, mit Hinweglassung der das Spinnen sehr verteuernden Kämmaschine, oder ähnlich wie Streichgarn, jedoch mit Hinweglassung des gekreuzten Auflegens, erzeugt. Dadurch, daß die in der Wolle enthaltenen kurzhaarigen Teile mit verarbeitet werden, erhält der alsdann gesponnene Faden eine weniger glatte und weniger feste Beschaffenheit als eigentliches Kammgarn, ist jedoch glatter und glänzender als eigentliches Streichgarn [2]—[4].

Man lockert die gewaschene Wolle im Wolf auf, fettet sie wie Streichwolle ein und kratzt sie zwei- (auch drei-)mal auf Krempeln. Das Band von der Krempel kommt zunächst auf ein Streckwerk, das aus zwei Paar Streckwalzen und einer Stachelwalze oder einem Felde gerader Nadelkämme mit Schraubenführung zusammengesetzt ist, und wird hier mehrfach gedoppelt. Dann wird das neue Band auf die Krempelbandstrecke (sliver-box) gebracht, durchläuft ferner entweder die ganze Reihe der in dem englischen Vorspinnverfahren (f. Kammgarnspinnerei) angegebenen Vorrichtungen oder doch eine ähnliche Folge von Maschinen und wird endlich auf der Water-Spinnmaschine gesponnen. Alle diese Maschinen sind für den gegenwärtigen

Zweck die nämlichen wie für gekämmte Wolle, nur die Sliver-box erhält wohl als Zugabe einen Dämpfkaſten. Der Dampf ſoll den Glanz der Wolle erhöhen und ſie ſo erweichen, daß durch das ſogleich folgende Strecken ihre natürliche (geringe) Kräuſelung ſich verliert. Bei den nach Art der Streichgarne erzeugten Halbkammgarnen (kammgarnartigen Streichgarnen), wo man alſo zwiſchen den beiden Krempeln nicht kreuzt (Zweikrempelſyſtem), ſpeiſt man entweder die zweite Krempel mit einzelnen, in der Breite der Krempel nebeneinander laufenden Bändern oder man bringt beſondere Vorrichtungen an, die durch Querlegen von Bändern eine größere Dopplung und Ausgleichung ermöglichen und trotzdem die Faſern in der Arbeitsrichtung der Krempel laufend erhalten [1]. Halbwollene Strick- und Strumpfwirkgarne, die unter dem Namen Merinogarn vorkommen, werden aus einem Gemenge von Wolle und Baumwolle (zuſammengekrempelt und wie reine Wolle verarbeitet) erzeugt. Die Wolle pflegt darin den geringeren Anteil auszumachen. Das Zwirnen der Strickgarne wird wie das der eigentlichen Kammgarne verrichtet. Vom Fette werden dieſelben durch Waſchen in heißem Seifenwaſſer befreit.

Literatur: [1] Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1891, S. 1379; 1892, S. 672; 1894, S. 328, 389. — — [2] Leipz. Monatsſchr. für Textilinduſtr. 1892, S. 206; 1894, S. 147, 240. — [3] Dingl. Polyt. Journ. 1894, Bd. 291, S. 33. — [4] Müller, Handb. der Spinnerei, Leipzig 1892, S. 428. *E. Müller-Dresden.*

Halbkreuzriemen, ſ. Riementrieb.

Halbkuppel, ein Gewölbe, aus der Hälfte einer Kuppel (ſ. d.) gebildet; namentlich zur Niſchenbildung geeignet (vgl. Apſis).

Halbmetalle, nicht mehr gebräuchliche Bezeichnung für die Metalloide.

Halbparabelträger heißen Fachwerke mit einer paraboliſchen Gurtung, wenn die Trägerhöhe nicht, wie bei den Parabelträgern (ſ. d.), nach den Auflagern hin bis auf Null herabgeht (Fig. 1—6). Die zweite Gurtung iſt meiſt gerade (Fig. 1, 2, 4—6), mitunter bezüglich einer Horizontalen ſymmetriſch zur

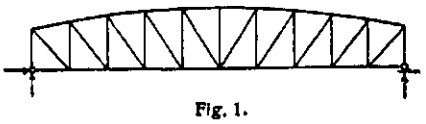


Fig. 1.

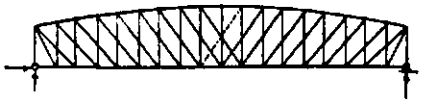


Fig. 2.

erſten (Fig. 3). Derartige Formen wurden für Brücken beſonders gewählt, um im Gegenſatze zu Segmentträgern und Linſenträgern (ſ. Bd. 3, S. 537) eine obere Querverbindung bis zu den Enden zu ermöglichen, dabei aber ein beſſeres Ausſehen und größere Steifigkeit zu erreichen als durch Parallelträger (ſ. d.) von

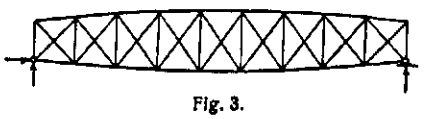


Fig. 3.

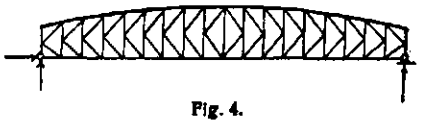


Fig. 4.

gleicher Höhe. Im Vergleiche zu erſteren kann noch eine zweckmäßigere Anordnung der Endknotenpunkte und die Vermeidung von Gegendiagonalen (ſ. d.), abgeſehen von einigen Feldern um die Trägermitte, im Vergleiche zu letzteren ein etwas geringerer Materialverbrauch in Betracht kommen. Der äſthetiſche

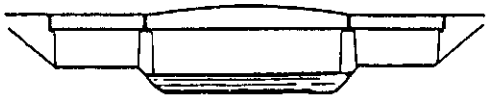


Fig. 5.

Fig. 6.

Geſichtspunkt macht ſich z. B. geltend, wenn bei einer Brücke Träger verſchiedener Spannweiten und Höhen aufeinander folgen (Fig. 5). Vgl. Ellipſenträger.

Die erſten Halbparabelträger wurden 1852 von Brunnel bei der Eiſenbahnbrücke über den Wye bei Chepstow angewandt [1] (Spannweite 92,96 m, Obergurt ſchwach gekrümmt), die größte Spannweite von Halbparabelträgern, 154,40 m, beſitzt die Eiſenbahnbrücke über den Leck bei Kullenburg [2], [3], bei der 1905 dem Verkehr übergebenen Havelbrücke bei Brandenburg [9] kam erſtmals das in Fig. 4 angedeutete Fachwerkſyſtem für Hauptträger zur Verwendung. Wird der Halbparabelträger als Ständerfachwerk (Fachwerk mit Vertikalen, vgl. Bd. 3, S. 534) angeordnet, und bezeichnen n, h, h_0 die gewünſchte Felderzahl, Trägerhöhe und Endhöhe, ſo hat man die Länge einer beliebigen Vertikale m (Fig. 6):

$$h_m = h_0 + m\,(n-m)\,\frac{4f}{n^2},$$

worin bei geradem n $f = h - h_0$, bei ungeradem n $f = (h - h_0)\,\frac{n^2}{n^2-1}$. Nachdem die Form feſtgeſtellt iſt, können die Beanſpruchungen nach den für Fachwerke mit beliebigen Gurtungen gültigen Beziehungen berechnet werden (ſ. Balkenfachwerke, Fachwerke mehrfachen Syſtems,

Fachwerke, ſtatiſch beſtimmte). Beiſpiele der Berechnung für gleichmäßig verteilte bewegte Laſt und bewegte Radlaſtzüge bei einfachem Syſtem mit und ohne Gegendiagonalen [7], B. 68, 69, bei doppeltem Syſtem mit gekreuzten Diagonalen [7], B. 109, 110.

Literatur: [1] Culmann, Der Bau eiſerner Brücken in England und Amerika, Allg. Bauztg. 1852, S. 167, 185. — [2] Quant, De Sporwegbrug te Kuilenburg, Amſterdam 1867. — [3] Rziha, Eiſenbahnunter- und -oberbau, II, Wien 1877, S. 5, 211, 376, 408. — [4] Winkler, Theorie der Brücken, II. Theorie der gegliederten Balkenträger, Wien 1881, S. 159. — [5] Rada, Der Bau des Triſanaviadukts (der Arlbergbahn, Spannweite 119,96 m), Zentralbl. d. Bauverwalt. 1884, S. 93. — [6] Weyrauch, Theorie der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887, S. 65, 131, 265, 334. — [7] Derſ., Beiſpiele und Aufgaben zur Berechnung der ſtatiſch beſtimmten Träger u. ſ. w., Leipzig 1888, S. 290, 294, 395, 481, 483 u. ſ. w. — [8] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, I, Leipzig 1901, S. 309. — [9] Bernhard, Die Eiſenbahnbrücke über die Havel bei Brandenburg, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1905, S. 1657. — Weitere Literatur ſ. unter den obenerwähnten Stichworten. *Weyrauch.*

Halbparabelträger, ein Balkenträger mit einem geraden und einem nach einer Parabel gekrümmten oder polygonalen Gurte, wobei aber zum Unterſchiede vom Parabel- oder Bogenſehnenträger die beiden Gurtungen an den Trägerenden nicht zuſammengeführt ſind, ſondern an Endſtänder anſchließen. Dieſe Trägerform findet dort, wo es ſich um die Ueberbrückung von Einzelöffnungen von mittleren und großen Spannweiten mit Balkenfachwerksträgern handelt, ſehr häufig Anwendung. Gegenüber dem Parallelträger iſt durch den Halbparabelträger ſowie überhaupt durch jeden Träger mit gegen die Enden zu verminderter und gegen die Mitte vergrößerter Höhe eine Gewichtserſparnis zu erzielen (ſ. Brücken, eiſerne). *Melan.*

Halbparabelträger, graphiſche Berechnung.

Die Drehpunkte (ſ. d.) der Gurtungsſtäbe liegen beim Halbparabelträger ſämtlich innerhalb der Auflager; die Gurtungskräfte werden daher am größten, wenn der Träger vollſtändig belaſtet, am kleinſten, wenn er unbelaſtet iſt (vgl. Bd. 3, S. 540). Die Drehpunkte der Streben liegen ſämtlich außerhalb der Spannweite; die Strebenkräfte erreichen ſomit ihre Grenzwerte (ſ. d.) bei einſeitiger Belaſtung. In den mittleren Feldern haben die Grenzwerte der Strebenkräfte entgegengeſetztes Zeichen; in dieſen Feldern ordnete man früher meiſtens Gegenſtreben an.

a) Straßenbrücken. Eigengewicht und zufällige Laſt ſeien gleichförmig verteilt. Man zeichnet zunächſt (Fig. 1, rechts) einen Cremonaſchen Kräfteplan (ſ. d.) für die Eigengewichtslaſten; man beginnt den Plan am linken Auflager und ſetzt ihn, die Streben alle als fallend annehmend, nach rechts fort bis dahin, wo die Gegenſtreben aufhören (in unſerm Beiſpiele alſo bis zur Strebe 10 11). Dabei können der Einfachheit wegen bloß die unteren Knotenpunkte als belaſtet angenommen werden. Dieſer Plan liefert zunächſt die kleinſten und größten Gurtungskräfte. Greift man die Gurtungskräfte im Maßſtabe der Eigengewichtslaſten (1 mm = 2 *t*) ab, ſo erhält man ihre Minimalwerte; vergrößert man den Maßſtab im Verhältnis des Eigengewichts zur vollen Laſt $g:(g+p)$, ſo bekommt man die Maximalwerte der Gurtungskräfte (1 mm = 3 *t*).

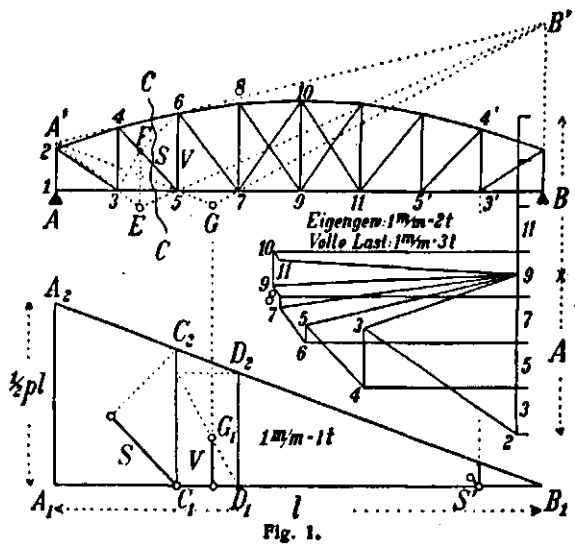


Fig. 1.

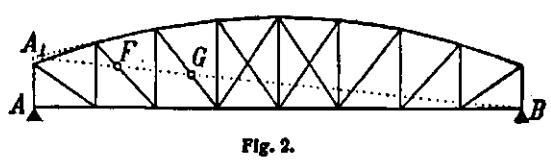


Fig. 2.

Um die größten und kleinſten Strebenkräfte zu finden, trennt man den Einfluß des Eigengewichts von dem der zufälligen Laſt. Der erſtere wird durch den bereits gezeichneten Cremonaſchen Plan gegeben, den letzteren beſtimmt man am ſchnellſten mittels des Herzogſchen Verfahrens (ſ. d.).

Zur Ermittlung der größten in der Strebe 4 5 wirkenden Kraft beſtimmt man zunächſt deren Belaſtungsgrenze (ſ. d.). Zu dieſem Zwecke denkt man ſich durch das Fachwerk einen Schnitt *C C* gelegt, verlängert den vom Schnitte getroffenen oberen Gurtſtab nach links und rechts bis zu den Auflagerlinien, verbindet *A'* mit 3 und *B'* mit 5, ſo gibt der Schnittpunkt *B* die Grenze der ungünſtigſten Belaſtung an. Man lotet *E* hinauf nach *F* und verbindet *F* mit 6. Sodann zeichnet man (Fig. 1, unten) ein Dreieck $A_1 A_2 B_1$ mit der Grundlinie *l* und der Höhe $\frac{1}{2} p\,l$ und zerlegt die lotrecht unter 5 befindliche Kraft $C_1 C_2$ parallel zu *F* 5 und zu *F* 6,

ſo ſtellt die erſtere Komponente die geſuchte Strebenkraft S dar. Dieſe Arbeit wird für ſämtliche fünf nach rechts fallenden Streben durchgeführt. Hierauf werden die gefundenen Kräfte (am beſten rechneriſch) zu den entſprechenden Eigengewichtskräften des Cremonaſchen Planes hinzugefügt.

Um die kleinſte Kraft in der Strebe 4 5 zu erhalten, verbindet man F mit 3 und zerlegt die lotrecht unter 3′ gelegene Kraft parallel zu $F4$ und $F3$ (Kraft S'). Dieſe Arbeit wird bloß für die Felder ohne Gegendiagonalen durchgeführt. Hierauf fügt man die gefundenen Kräfte unter Berückſichtigung des Vorzeichens zu den Eigengewichtskräften. In den Feldern mit Gegendiagonalen ſind die Minimalkräfte gleich Null.

In ähnlicher Weiſe gelangt man zu den Pfoſtenkräften V. Für den dritten Pfoſten z. B. wird zunächſt die Belaſtungsgrenze G beſtimmt (Fig. 1).

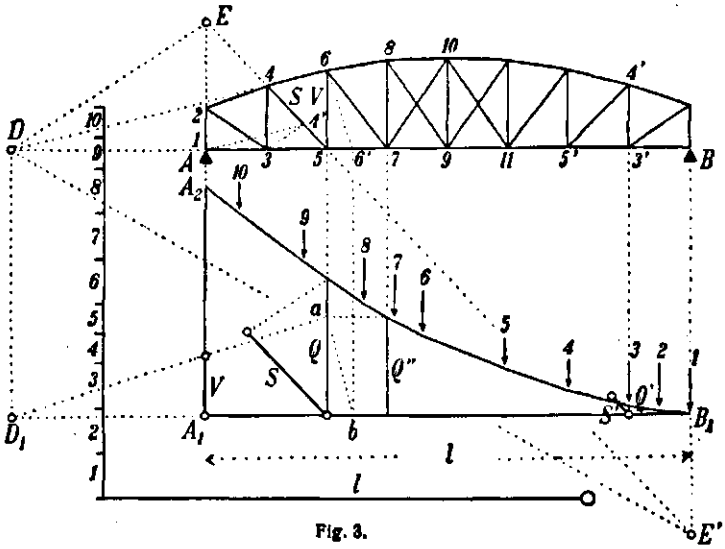


Fig. 3.

Dann verſchiebt man die lotrecht unter 7 gelegene Kraft $D_1 D_2$ um ein Feld nach links, verbindet ihren oberen Endpunkt mit D_1 und lotet G herunter nach G_1, ſo iſt die Ordinate von G_1 die geſuchte größte Pfoſtenkraft. Dieſe Arbeit wird vom erſten bis zum Mittelpfoſten durchgeführt. Dann addiert man die gefundenen Kräfte zu den Eigengewichtskräften des Cremonaſchen Planes. Die kleinſten Pfoſtenkräfte werden gewöhnlich nicht aufgeſucht, da ihre Ermittlung ziemlich umſtändlich iſt. Die Grenzpunkte der ungünſtigſten Belaſtungen können auch etwas raſcher, nach dem durch die Fig. 2 dargeſtellten Verfahren gefunden werden (vgl. Bd. 3, S. 233).

b) Bahnbrücken. Beſteht die zufällige Belaſtung aus Einzellaſten, ſo ſchlägt man in der Regel zur Berechnung der Gurtungskräfte den nämlichen Weg wie bei gleichförmig verteilter Belaſtung ein (ſ. oben); nur muß man für p denjenigen Wert einſetzen, der dem größten Biegungsmomente der zufälligen Laſten entſpricht (Belaſtungsgleichwert, Laſtäquivalent, ſ. d.). Will man darauf Rückſicht nehmen, daß p nicht für alle Punkte des Trägers gleich groß iſt, ſo ermittelt man für jeden Knotenpunkt des Fachwerks das größte Biegungsmoment (vgl. Bd. 1, S. 525) und dividiert es durch den Hebelarm des betreffenden Stabes.

Den Einfluß, den die zufällige Laſt auf die Streben ausübt, beſtimmt man nach dem Culmannſchen Verfahren (ſ. d.) mit Zuhilfenahme der Kurve der Maximalkräfte bei fortſchreitender Laſtenreihe (vgl. Bd. 1, S. 524). Man kehrt die gegebene Laſtenreihe um, ſtellt die erſte Laſt über das Auflager B und zeichnet dazu (Fig. 3) ein Seilpolygon $A_2 B_1$. Die Polweite des Kräftepolygons wählt man gleich l. Die Strebe 4 5 wird nun am ſtärkſten beanſprucht, wenn die erſte Laſt beim Knotenpunkte 5 ſteht. Alsdann wirkt links vom Schnitt nur der Auflagerwiderſtand $A = Q$, der die verlängerte Strebe in E ſchneidet. Verbindet man den Schnittpunkt E mit dem Drehpunkte D und zerlegt die Kraft Q parallel zur Strebenrichtung und zu DE, ſo ſtellt die erſtere Komponente die geſuchte Strebenkraft S dar. Sie wird zu der Eigengewichtskraft, die der Cremonaſche Plan ergibt, hinzugefügt. Fällt der Punkt D über den Blattrand hinaus, ſo zieht man $A4'$ parallel zu 4 6; dann iſt $34'$ parallel zu DE. Denn von den beiden vollſtändigen Vierecken $ADE4$ und $A34'4$ laufen fünf Paar Seiten parallel; folglich laufen auch die ſechſten Seiten DE und $34'$ parallel. Um die kleinſte Strebenkraft in 4 5 zu finden, läßt man die Laſtenreihe von links her vorſchreiten, bis die erſte Laſt bei 3 ſteht, und verfährt in gleicher Weiſe. Die außerhalb des Schnittes angreifende Kraft iſt jetzt gleich Q' (lotrecht unter 3′) und liegt in der Auflagerlinie B. Man zerlegt ſie parallel zu 4 5 und zu DE'.

Die Pfoſtenkräfte werden am einfachſten nach dem Momentenverfahren (ſ. d.) beſtimmt. Um beiſpielsweiſe die größte Druckkraft V im dritten Pfoſten zu erhalten, läßt man die Laſtenreihe bis zum Punkte 7 vorſchreiten; dann iſt Q'' die außerhalb des Schnittes wirkende Kraft. Sie liegt in der Auflagerlinie A. Folglich verhält ſich V zu Q'' wie $D1$ zu $D5$. Man verſchiebt daher Q'' um eine Feldlänge nach links und verbindet ihren Endpunkt mit D_1, ſo iſt der Abſchnitt über A_1 gleich der geſuchten Kraft V. Die gefundenen Kräfte fügt man ſchließlich zu den durch den Cremonaſchen Plan beſtimmten Eigengewichtskräften hinzu. Sollte D zu weit abſeits liegen, ſo zieht man ab ſenkrecht zu 4 6, lotet b hinauf nach 6′ und zieht $D_1 a$ ſenkrecht zu $66'$.

Wenn es ſich bei Straßenbrücken um die Berückſichtigung von Laſtwagen in Verbindung mit Menſchengedränge handelt, erſcheint es zweckmäßig, die ſtatiſche Berechnung des Halbparabelträgers mittels Einflußlinien durchzuführen. Vgl. hierüber den Art. Einflußlinien.

Literatur: Culmann, Graph. Statik, Zürich 1866; Ritter, A., Elementare Theorie und Berechnung eiſerner Dach- und Brückenkonſtruktionen, Hannover 1873; Tetmajer, Aeußere und

innere Kräfte, Zürich 1875; Stelzel, Theorie einfacher, ſtatiſch beſtimmter Balkenträger, Wien 1880; Winkler, Theorie der Brücken, Heft 2, Wien 1881; Müller-Breslau, Die graph. Statik der Baukonſtruktionen, Bd. 1, Stuttgart 1905; Schäffer und Sonne, Handbuch des Brückenbaus, Bd. 2, Leipzig 1905; Ritter, W., Anwendungen der graph. Statik, 2. Teil, Zürich 1890; Keck, Graph. Statik, Hannover 1894; Mehrtens, Vorleſungen über Statik der Baukonſtruktionen, Leipzig 1903. *Mörſch.*

Halbpfeiler, Wandpfeiler, deſſen Vorſprung gleich der halben Breite iſt.

Halbporzellan, eine Tonware, die in ihrer Zuſammenſetzung der Maſſe und Glaſur etwa zwiſchen dem eigentlichen Hartporzellan und dem feinen Steingut ſteht; ſ. Tonwaren. *Dämmler.*

Halbrahmenlafette, ſ. Lafettierung.

Halbrollen, ſ. v. w. Flachrollen (Pendel, Stelzen); ſ. Auflager, Bd. 1, S. 354, 360.

Halbſäulen ſind Säulen, die nur zur Hälfte aus der Wand hervortreten.

Sie wurden im römiſchen Stile ziemlich häufig, im griechiſchen nur ausnahmsweiſe angewendet. In der Renaiſſance und der modernen Bauweiſe ſind ſie unentbehrlich geworden und dienen namentlich zur plaſtiſchen Dekorierung von Faſſaden und Innenräumen. *Weinbrenner.*

Halbſchattenapparat, ſ. Zirkularpolariſation.

Halbſchnitt, bei Kreuzſcheiben oder Winkeltrommeln (ſ. Winkelinſtrumente) die Viſierſpalten, welche zwiſchen den Hauptſpalten, die rechte Winkel einſchließen, liegen und halbe (zuweilen auch drittel und viertel) rechte Winkel bieten.

Damit kann die Kreuzſcheibe in einfacher Weiſe durch Verwendung des gleichſchenkligen rechtwinkligen Dreiecks zur Beſtimmung unzugänglicher Entfernungen oder zur Kontrolle von Ordinaten bei der Stückvermeſſung durch Meſſung einer Kathete dienen. *Reinhertz.*

Halbfeidenfärberei. Die Unterſcheidung zwiſchen halbſeidenen Geweben aus Seide und Baumwolle und ſolchen aus Seide und Wolle involviert eine abweichende Behandlung der beiden Gewebsarten beim Färben.

I. Färberei von Geweben aus Seide und Baumwolle. Während man infolge des verſchiedenen Verhaltens der meiſten Farbſtoffe zu Seide und Baumwolle früher genötigt war, die Faſern vor dem Verweben jede für ſich im Strang zu färben, iſt man jetzt in der Lage, der rohen gewebten Ware eine gleichmäßige Färbung zu erteilen. Das durch Sengen, Spülen, Entbaſten in Seifenlöſung, Spülen und Säuern vorbereitete Gewebe wird mit den auch auf Seide ziehenden direkten Baumwollfarbſtoffen nach dem Einbadverfahren gefärbt. Das Färben vollzieht ſich meiſt auf der Haſpelkufe, bei dunkeln Nuancen auch auf dem Jigger. Dem Färbebad werden auf 10 l Flotte für helle Töne 2 g calcinierte Soda und 20 g Seife, für mittlere und dunkle Töne 2 g calcinierte Soda, 12—20 g Seife und 40—50 g Kochſalz hinzugeſetzt. Da die meiſten direkten Baumwollfarbſtoffe unterhalb des Kochpunktes aufziehen, ſo genügt es in den meiſten Fällen, während einer halben Stunde bei 80—90° C. zu färben und nach Abſperrung des Dampfes die Ware im erkaltenden Bade noch eine weitere halbe Stunde umzuziehen. Dem Färben mit dieſen Farbſtoffen folgt in der Regel die Operation des Ueberſetzens der Färbung mit baſiſchen und ſauern Farbſtoffen. Die baſiſchen Farbſtoffe färben ſowohl Seide als Baumwolle, die ſauern meiſt nur die Seide. Das Ueberſetzen wird zweckmäßig in einem mit 5% Eſſigſäure beſchickten Bade bei 40° C ausgeführt. Einige direkte Baumwollfarbſtoffe laſſen ſich auf der Faſer diazotieren und zu neuen Farben entwickeln. Dieſes Verfahren, das genau wie auf Baumwolle gehandhabt wird (vgl. Entwicklungsfarben), iſt auch in der Halbſeidenfärberei einer allgemeineren Anwendung fähig. Indem man die Tatſache berückſichtigt, daß einige direkte Baumwollfarbſtoffe nur die Baumwolle färben und die Seide faſt farblos laſſen, kann man zweifarbige Färbungen, ſogenannte Changeanteffekte auf Halbſeide in der Weiſe erzielen, daß man dieſelbe erſt mit dem betreffenden Azofarbſtoffe färbt und dann mit Säurefarbſtoffen unter Zuſatz von 3% Schwefelſäure oder 5% Eſſigſäure nachfärbt. Bedient man ſich nicht der direkten Baumwollfarbſtoffe, ſo ſtehen für Seide ſaure und baſiſche Farbſtoffe, für Baumwolle vorwiegend nur letztere zu Gebote. Das Färben wird daher im allgemeinen in zwei Bädern vorgenommen. Im erſten Bade wird die Seide etwas tiefer angefärbt, als die gewünſchte Nuance erheiſcht, während die Baumwolle nur ſchwach angefärbt erſcheint. Nach dem Färben der Seide wird die Baumwolle durch mehrſtündiges Einlegen der Ware in ein kaltes Bad von 10% Tannin mit Gerbſäure gebeizt und letztere nach dem Trocknen und Paſſieren der Stücke durch Waſſer durch halbſtündiges Verweilen in einem kalten Brechweinſteinbade fixiert. Die gebeizte Baumwolle färbt ſich nun in einem kalten, mit der Löſung eines baſiſchen Farbſtoffes verſetzten Bade an. Auch nach dieſem Verfahren laſſen ſich zweitönige Färbungen erreichen.

II. Färberei von Geweben aus Seide und Wolle. Man wählt zum Färben dieſer Warengattung für einfarbige Töne ſolche Farbſtoffe, die für die Wolle am geeignetſten ſind, weil ſich für Seide ſo ziemlich alle Farbſtoffe verwenden laſſen. Die Bäder werden gewöhnlich leicht mit Schwefelſäure angeſäuert, das Färben wird bei 90—100° C. vorgenommen. Einige direkte Baumwollfarbſtoffe, wie Thioflavin *S*, Diaminorange *B*, Diaminſcharlach, Diamingrün, Halbwollſchwarz, die ſich für dieſen Artikel geeignet erwieſen haben, werden unter Zuſatz von Glauberſalz während einer halben Stunde bei Siedetemperatur aufgefärbt, worauf man die Stücke im erkaltenden Bade ſo lange laufen läßt, bis die Seide genügend gedeckt iſt. Zur Erzielung tiefer Farbentöne iſt auf kurze Flotte zu halten. Bezüglich der Einzelheiten ſ. Literatur.

Literatur: [1] Steinbeck, Bleichen und Färben der Seide und Halbſeide, Berlin 1895. — [2] Ganswindt, Theorie und Praxis der modernen Färberei, Leipzig 1903. *R. Möhlau.*

Halbſohlleder, lohgares Leder, welches zur Herſtellung von Brandſohlen und ſchwächeren Sohlen für feinere Herrenſchuhe, für Damen- und Kinderſchuhe verwendet wird. Bei der Herſtellung desſelben werden die Häute im Kalkäſcher für den Enthaarungsprozeß vorbereitet. *Päßler.*

Halbſparren (Schiftſparren), ſ. Dachſtuhl, Bd. 2, S. 513.

Halbtonätzung, für die Buchdruckpreſſe ſ. Autotypie, für die Kupferdruckpreſſe ſ. Heliogravüre.

Halbtrockenpreſſen, Ziegelmaſchinen, die ſo arbeiten, daß der vorzerkleinerte Ton zunächſt durch einen Tonſchneider gemiſcht, in Formen hineingedrückt und ſodann daſelbſt durch Stempel weiter zuſammengepreßt wird. Die Rohmaſſe muß, um auf dieſen Preſſen gute Reſultate zu geben, noch ſchwach plaſtiſch ſein, ohne jedoch zu ſchmieren.

Am beſten laſſen ſich die Schiefertone auf den Halbtrockenpreſſen zu Ziegelſteinen umformen, weniger gut fette Tone, da dieſelben, um plaſtiſch zu werden, zu viel Feuchtigkeit erfordern. Die Bewegung der Stempel, durch welche die Preſſung des in die Formen eingefüllten Materials erfolgt, geſchieht teils durch Kniehebelübertragung, wie bei den Preſſen von Bradley & Craven in Wakefield, England, teils durch ſchiefe Ebenen, auf denen der Unterſtempel gehoben wird, wie bei den Preſſen von H. Brewer & Co. in Tecumſeh, Mich., teils durch freien Fall des Oberſtempels auf das eingeſchüttete Material, wie bei den Preſſen der Dorſtener Eiſengießerei und Maſchinenfabrik, Dorſten i. W.; ſ. Ziegelmaſchinen. *Dümmler.*

Halbtuch, ein aus baumwollener Kette und ſtreichwollenem Schuß erzeugtes verfilztes, daher tuchartiges Gewebe, das ſowohl mit Tuch- als auch mit Köperbindung gewebt iſt; ſ. Tuchſorten. *Kraft.*

Halbturm, ſ. Geſchützarmierung der Kriegsſchiffe.

Halbwalm (Krüppelwalm), ein im oberen Teil abgewalmter Giebel, kommt an landwirtſchaftlichen Gebäuden vor und bildet die charakteriſtiſche Dachform der alten Holzhäuſer des Schwarzwaldes und der nördlichen Schweiz (ſ. Dach, Bd. 2, S. 489, Fig. 6). *Weinbrenner.*

Halbwaſſergas, ſ. v. w. Downſongas (ſ. Kraftgas).

Halbwollfärberei, die Färberei von Geweben aus Wolle und Baumwolle.

Um ein aus Wolle und Baumwolle beſtehendes Gewebe gefärbt erſcheinen zu laſſen, kann man ſich verſchiedener Methoden bedienen. Man kann die Baumwolle als Garn färben, ſie mit der Wolle verweben und nun die Wolle im Stück färben; man kann die Baumwolle mit Gerbſäure beizen, ſie mit Wolle verweben und beide Faſern im Stück färben; man kann im Stück zuerſt die Wolle, dann die Baumwolle oder umgekehrt erſt die Baumwolle und dann die Wolle färben; man kann endlich beide Faſern im Stück zugleich färben.

Die dritte Methode findet ſich vielfach in Anwendung. Zuerſt wird die Wolle nach üblichem Verfahren gefärbt und das Gewebe gewaſchen. Die Baumwolle erſcheint nach dieſer Behandlung nur wenig getönt. Nun wird die Baumwolle in kalten Bädern mit Gerbſäure gebeizt und letztere durch ein Antimonſalz, Zinnchlorid oder Eiſenvitriol in beſonderem Bade befeſtigt. Das Ausfärben der Baumwolle in der Löſung eines baſiſchen Farbſtoffes geſchieht zur Schonung der Wolle gleichfalls bei gewöhnlicher Temperatur. Indeſſen beobachtet man, daß letztere noch etwas Farbſtoff anzieht. Dieſen Umſtand berückſichtigt man in der Weiſe, daß man die Wolle in einem etwas helleren Tone färbt, als der gewünſchten Nuance entſpricht. Da die Wolle zur Gerbſäure nur geringe Affinität beſitzt, ſo kann man im Gewebe auch zuerſt die Baumwolle mit Tannin beizen, letzteres fixieren und dann Baumwolle und Wolle zuſammen in der Löſung eines baſiſchen Farbſtoffes färben. Erſt bei gewöhnlicher Temperatur, dann durch gelinde Erwärmung des Bades erfolgt zunächſt die Färbung der Baumwolle, durch Steigerung der Temperatur bis zur Kochhitze dann diejenige der Wolle. Man vermeidet auf dieſe Weiſe, daß der Ton der Wollfärbung durch das nachträgliche Beizen und Färben der Baumwolle verändert wird. Immerhin iſt zu berückſichtigen, daß die Zahl der für dieſes Verfahren ſich eignenden baſiſchen Farbſtoffe eine relativ geringe iſt.

Eine große Vereinfachung in der Färberei der Halbwolle iſt durch die Einführung ſolcher direkter Baumwollfarbſtoffe erfolgt, die zugleich vorzügliche Wollfarbſtoffe ſind und die die Halbwolle in den gebräuchlichſten Nuancen in einem Bade zu färben erlauben.

Die Färbung vollzieht ſich am beſten im neutralen Bade, dem man für das Liter Flotte 20 g Glauberſalz zuſetzt. Die Menge der Farbflotte ſoll nicht mehr als 20 l Flotte für das Kilogramm Halbwolle betragen; je konzentrierter die Flotte iſt, um ſo intenſiver fallen die Färbungen aus. Da in kochendem Bade die Wolle, bei niedrigerer Temperatur jedoch die Baumwolle ſich intenſiver anfärbt, ſo verfährt man zweckmäßig in der Weiſe, daß man das Färbebad innerhalb einer halben Stunde zum Sieden treibt, eine kurze Zeit kochen läßt und muſtert. Erſcheint die Wolle genügend angefärbt, aber nicht genau nuanciert, ſo gibt man dem Bade die für die Wolle ſich eignenden Nuancierungsprodukte (im neutralen Bade aufziehende Säurefarbſtoffe) hinzu und läßt das Gewebe noch eine halbe Stunde auf dem Haſpel laufen. Iſt die Wolle genügend gefärbt, hat aber die Baumwolle noch nicht den Ton erreicht, ſo läßt man bei abgeſperrtem Dampf die Ware noch ſo lange nachziehen, bis die Baumwolle gleichfalls die richtige Nuance zeigt. Hierzu iſt unter Umſtänden ein weiterer Farbſtoffzuſatz erforderlich. Nach dem Färben

wird, wenn die Ware weich ſein ſoll, gut gewaſchen. Wird ein harter Griff gewünſcht, ſo iſt eine leichte Wäſche vorzuziehen.

Literatur: [1] Herzfeld, Die Praxis der Färberei, Berlin 1893. — [2] Kertesz, Die Diaminfarben der Farbenfabrik L. Caſſella & Co., Frankfurt a. M. 1895/96. — [3] Ganswindt, Theorie und Praxis der modernen Färberei, Leipzig 1903. *R. Möhlau.*

Halbzeug, ſ. Halbholländer und Papierfabrikation.

Halbzeugbleiche wird zum Entfärben der Papierfaſern mit dem noch nicht ganz zerfaſerten Halbzeug wegen des leichteren Eindringens der bleichenden Mittel zwiſchen die Faſern vorgenommen; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Halbzeughollänger, ſ. Halbholländer und Papierfabrikation.

Halbzeugpreſſe, auch Zeugpreſſe genannt, diejenige Maſchine, durch die das zu bleichende Halbzeug ſo weit entwäſſert wird, um dem Chlorgaſe leichteren Zutritt zu den einzelnen Faſern zu ermöglichen; wird als hydrauliſche und auch als Walzenpreſſe ausgeführt; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Halbzimmer, Zimmer in einem Halbgeſchoß.

Halde oder Berghalde, im Bergbau eine Anhäufung tauben Geſteins — der Berge — in der Nähe eines Schachtes oder Stollens. Zuweilen kommen auch die Ausdrücke Erzhalde und Kohlenhalde vor, d. ſ. große Haufen von Erzen oder Kohlen, welche als Vorrat aufgeſtürzt werden. *Treptow.*

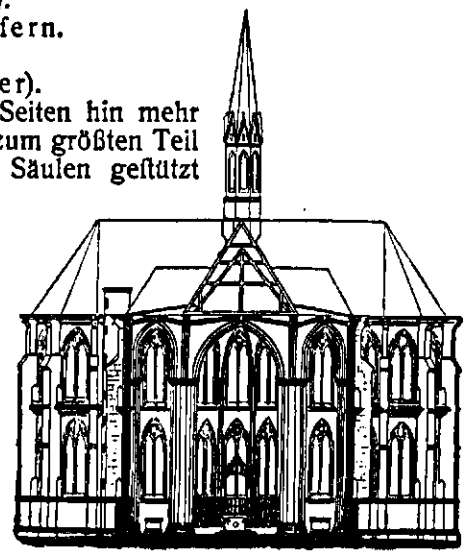
Haldenberge, ſ. Berg (im Bergbau).

Halfa (Eſpartofaſer), ſ. Spinnfaſern.

Halit, ſ. Salz.

Hallanker, ſ. Anker (Schiffsanker).

Halle, 1. Gebäude, das nach allen Seiten hin mehr oder weniger offen iſt und deſſen Wände zum größten Teil durch Pfeiler oder ſteinerne oder eiſerne Säulen geſtützt erſcheinen, z. B. Markthallen, Kaufhallen, Eiſenbahnhallen u. ſ. w.; 2. Vorbau an Gebäuden, als Unterfahrt oder Zugang, auch als Aufenthaltsraum in friſcher Luft, in letzterem Falle nur nach einer Seite offen; 3. großer Raum oder Saal, der ſich im Erdgeſchoß befindet und den Zugang zur Treppe oder zu andern Räumen bildet. Derartige Hallen waren namentlich in den engliſchen Schlöſſern gebräuchlich und gaben denſelben ihren Namen, z. B. Beddington-Hall in Surey, Moreton-Hall in Cheſhire u. ſ. w. S. a. Bahnhofshallen. *Weinbrenner.*



Querſchnitt der Eliſabethkirche zu Marburg.

Hallendächer, ſ. Dach, Bd. 2, S. 491.

Hallenkirche, eine Kirche, deren Schiffe alle gleiche Höhe haben, ſo daß dieſelben mit einem einzigen Dache überdeckt werden.

Derartige Anlagen wurden namentlich in Deutſchland im gotiſchen Bauſtile durchgeführt; Beiſpiele dieſer Art ſind die Eliſabethkirche in Marburg (ſ. die Figur), Heilige Kreuzkirche zu Schwäbiſch-Gmünd, Lorenzerkirche in Nürnberg, St. Stephansdom in Wien u. a. *Weinbrenner.*

Hallina, dem Kirſey ähnliche grobe Tücher, die in der Zurichtung gewaſchen, gewalkt, geſchoren und gepreßt werden; ſ. Weberei.

Halliſche Erde, weißer Ton aus der Gegend von Salzmunde und Morl bei Halle a. S., findet wie andre Kaoline als Füllmaterial für Papier, in der keramiſchen Induſtrie, ſelten als Farbe Verwendung. *Andés.*

Halliſche Kurbeln, ſ. Achſen, Bd. 1, S. 69, und Lokomotiven.

Halliſches Phänomen. Zu den experimentell feſtgeſtellten Tatſachen, welche die Wechſelbeziehungen von Magnetfeldern und elektriſchen Strömen erweiſen, gehört auch der von E. Hall zuerſt 1879 [1] beſchriebene Verſuch über den Einfluß eines Magnetfeldes auf die Richtung der Stromlinien bezw. der zu dieſen ſenkrechten Potentiallinien in einer ſtromdurchfloſſenen Metallplatte.

In den Mitten zweier gegenüber liegender Seiten einer ſehr dünnen Platte tritt ein Strom ein und aus. Die Mitten der beiden andern Gegenſeiten ſind dann Punkte gleichen Potentials. Mit einem Galvanometer verbunden, liefern ſie in dieſem keinen Strom. Sobald nun aber die Platte von den Kraftlinien eines Magnetfeldes durchſetzt wird, ſei es in zur Platte ſenkrechter

Richtung oder in der zum Strom ſenkrechten Richtung parallel der Platte, ſo entſteht im Galvanometer ein Ausſchlag; die äquipotentiale Linie der Platte, welche zwei Seitenmitten verband, hat eine Drehung erlitten. Je nach der Subſtanz der Platte iſt beim zur Platte ſenkrechten Verlauf der Kraftlinien die Drehung größer oder kleiner, poſitiv (d. h. in Richtung der Elementarſtröme des Magnets) oder negativ. Die elektromotoriſche Kraft des Halleffekts iſt am größten und poſitiv beim Tellur, am größten negativ, aber etwa ſechzigmal ſchwächer beim Wismut, ſchwach poſitiv ferner bei Antimon, Eiſen, Kobalt, Zink, Blei, ſchwach negativ bei Nickel, Aluminium, Magneſium, Gold, Silber, Kupfer, Zinn nach dem Geſetze $e = RiM : d$, worin e die elektromotoriſche Kraft des Galvanometerſtroms, i die Stärke des primären Stroms, M die magnetiſche Feldſtärke, d die Plattendicke und R den von der Subſtanz abhängigen „Rotationskoeffizient" bezeichnet, der auch mit der Temperatur veränderlich iſt. Ettinghauſen und Nernſt [2] fanden einen Halleffekt auch, wenn man den galvaniſchen Strom der Platte durch einen Wärmeſtrom erſetzt. Ueber Weiteres ſei verwieſen auf [3].

Literatur: [1] Amer. Journ. of Mathem., 1879, 2, S. 287. — [2] Wied. Ann., 1887, 31, S. 783. — [3] Auerbach, in Winkelmann, Handb. der Phyſik, III, Breslau 1893, S. 322. *Aug. Schmidt.*

Hallſtädter Kalk, in den Oſtalpen (Salzkammergut) ein dichter, dickbankiger und deutlich geſchichteter, ſelten dünnplattiger Kalkſtein, der rotgelbe oder grünliche Färbungen in marmorartiger Verteilung und Flammung zeigt, ſehr wetterfeſt iſt und als ſogenannter Hallſtädter Marmor zu Ornamenten und als Zierſtein (Stufen, Platten, Kamine u. ſ. w.) im Hochbau Verwendung findet, zumeiſt aber zu Nippſachen und kleineren Kunſtgegenſtänden (Vaſen) verarbeitet wird. Die Schichten gehören der Keuperformation an. *Leppla.*

Halogenazot, ſ. v. w. Chlorſtickſtoff (ſ. d.).

Halogene (Salzbildner), die Elemente der Chlorgruppe: Chlor, Fluor, Brom, Jod, die ſich mit den Metallen direkt zu Salzen vereinigen können.

Haloide, Haloidſalze, -verbindungen, eine Gruppe von Mineralen, die zumeiſt einfache Verbindungen von Chlor, Brom, Jod und Fluor mit ein- und zweiwertigen Metallen und Alkalien darſtellen.

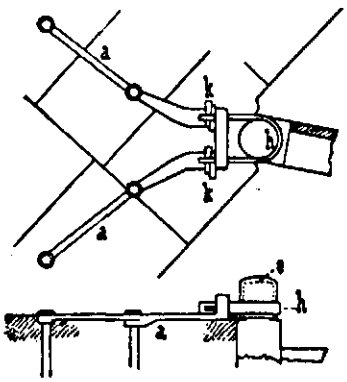
Sie ſind nicht metalliſch, von geringer Härte, meiſt löslich in Waſſer, durchſichtig bis durchſcheinend und ſelten gefärbt. Ihr hervorragendſter Vertreter iſt das Steinſalz. *Leppla.*

Haloklaſtit (Petroklaſtit), Sprengpulver aus 74 % Salpeter, 10 % Schwefel, 15 % Steinkohlenpech und 1 % Kaliumbichromat.

Halpace (Hochbank, Hochſitz), Fenſterſitz in der Laibung ſtarker Mauern.

Hals, dünner Teil eines prismatiſchen oder walzenförmigen Körpers, z. B. einer Welle, Säule u. dergl.: 1. oberer Teil einer Wandſäule an Scheunen- oder Schleuſentoren; derſelbe wird von einem eiſernen Ringe, dem Halsband, umfaßt, welches, in der Mauer befeſtigt, die Drehung des Tores ſichert. 2. Vereinigungsſtelle eines Gelenks oder Scharniers. 3. Oberteil eines Säulenſchaftes der doriſchen oder toskaniſchen Säule. *Weinbrenner.*

Hals eines Segels, die vordere untere Nock eines Schratſegels; bei Raaſegel liegen die unteren Nocken je nach dem Braſſen der Raa abwechſelnd vorne oder hinten; die vordere Nock heißt dann jedesmal Hals, die hintere Schote. Nach der Stellung der Halſen wird die Segelſtellung eines beim Wind ſegelnden Fahrzeuges bezeichnet; ein über Backbordhalſen liegendes Fahrzeug hat die Halſen an Backbord und die Schoten an Steuerbord angeholt, hat alſo den Wind von Backbord ein. *T. Schwarz.*



Halsband, ſ. Hals.

Halsband bei Schleuſentoren, auch Halseiſen genannt, ein ganzer oder halber Ring als Bügel, welcher das hervortretende, zylindriſch bearbeitete obere Ende, den Hals, der Wendeſäule (ſ. Schleuſentor) oder einen daſelbſt angebrachten eiſernen Zapfen, den Halszapfen, umfaßt und in das Mauerwerk gehörig verankert iſt. Durch dasſelbe wird die vertikale Stellung der Tordrehachſe, die unten mit einem Spurlager aufſteht, geſichert. Seltener wird der Hals etwas tiefer, unterhalb des Oberrahms, angeordnet.

Eine gute Konſtruktion muß entweder das Halsband leicht von der Verankerung löſen oder den Halszapfen herausnehmen laſſen, um bei Reparaturen das Tor einfach herausheben zu können; ferner muß ſie eine Korrektionsvorrichtung beſitzen, die bequem ein Zentrieren (das

Vertikalſtellen) der Drehachſe ermöglicht. Dieſe beiden Anforderungen werden z. B. in vorſtehender Figur vermittelſt der Doppelkeile *kk* erfüllt; das Herausnehmen derſelben gibt das Halsband *h* ganz frei, während deren Ineinander- oder Zurückſchlagen eine Verlängerung bezw. Verkürzung der Verankerungsverbindung bewirkt. Die zwei oder drei Ankerzugſtangen *a*, welche an vertikale Ankerſchließen oder auf der Mauerrückſeite an Ankerplatten angreifen, ſollen bei ſchweren Toren womöglich durch die ganze Mauerdicke gehen. Der hölzerne Hals erhält zweckmäßig eine eiſerne Kappe *e* zum Schutze gegen ſonſtige raſche Zerſtörung.

Denkt man ſich den Schleuſentorflügel vom Gewicht *G* frei hängend, *l* ſei die horizontale Länge bezw. Breite desſelben, *H* die hierbei ſowohl am Halszapfen als auch unten am Spurzapfen auftretende Horizontalkraft und *h* die vertikale Entfernung der Angriffspunkte der beiden genannten Zapfen, dann iſt im Maximum, wenn das Tor im Trockenen, $H = \frac{Gl}{2h}$, welche Kraft den Zapfen auf Biegung, das Halsband auf Zug und durch ihre der jeweiligen Torſtellung entſprechenden Komponenten auch die Verankerungsſtangen beanſprucht.

Literatur und ausführliche Berechnung: Landsberg, Die eiſernen Stemmtore der Schiffsſchleuſen, Leipzig 1894.

Halseiſen, ſ. Bänder, Bd. 1, S. 454.

Halſen, Segelmanöver, um ein beim Wind ſegelndes Fahrzeug vor dem Winde auf den andern Bug zu bringen, d. h. zum Beiſpiel von Backbordhalſen auf Steuerbordhalſen zu gehen, im Gegenſatz zum Ueberſtaggehen gegen den Wind. *T. Schwarz.*

Halslager, 1. im Gegenſatz zu Stirnlagern die Unterſtützung einer freitragenden Achſe innerhalb des Achſenkopfes; 2. im Gegenſatz zu Fußlagern an ſtehenden Wellen die obere Führung, z. B. an Turbinenwellen das Lager unterhalb des Zahnrades oder an Kranſäulen das oberſte Lager. Die Konſtruktion unterſcheidet ſich im letzteren Falle von einem gewöhnlichen Traglager nur durch die Anordnung der Oelſchmierung. *Lindner.*

Halsriß, ſ. Böttcherei und Faßfabrikation.

Halszapfen, die in Halslagern laufenden Zapfen (ſ. d.).

Haltepfahl (Haftpflock, Haftſtock, Poller) iſt ein feſt in den Boden verſetzter ſtarker, am Kopf abgerundeter Pflock aus Holz oder Eiſen. Die Haltepfähle dienen zum Anbinden bezw. Feſthalten von ſchwimmenden Objekten an Flußufern, Hafenkais und Landeplätzen.

Sind die Haltepfähle eventuell der Zugleine (ſ. Leinenzug) im Wege, ſo ſind behufs Darübergleitens der Leine ſchräge ſogenannte Streichhölzer anzubringen, die vom Boden zum Haltepfahlkopf gleichſam eine ſchiefe Ebene bilden. An feſtigen Ufern oder an Mauern dienen ſtatt der Haltepfähle eiſerne Ringe, Schiffsringe oder, beſonders an Kaimauern, auch eiſerne einfache Bügel und Kreuzbügel (Fangkreuz). Im Waſſer ſtufierte Haltepfähle beſtehen behufs Erhöhung ihrer Standſicherheit aus zu einem Bündel vereinigten Pfählen und werden dann Duc d'Alben (Dalben), Bd. 3, S. 149, genannt.

Literatur: Strukel, M., Der Waſſerbau, Leipzig 1904. *v. Schneller.*

Halteſtelle, ſ. Bahnhöfe, Bd. 1, S. 475.

Haltetaue, jene Taue (Hanf- oder Drahtſeile), die zum Feſthalten (Verheften) eines ſchwimmenden Objekts am Land oder vor Anker dienen; ſ. Verankerung.

Haltſignal, ſ. Bahnzuſtandsſignale.

Haltung iſt die entweder ganz oder meiſt nahezu horizontale Strecke, die Stufenlänge, eines Kanals (dann auch Kanalhaltung genannt) oder kanaliſierten Fluſſes, die ſich zwiſchen zwei benachbarten Kanalſtufen bezw. Stauanlagen (ſ. d.) befindet.

Die Haltungen ſollen möglichſt lang hergeſtellt werden, um ſo bei Ueberwindung der gegebenen Geſamthöhe nur möglichſt wenige, für den Verkehr zeitraubende und denſelben erſchwerende Stufen zu benötigen, die durch Kammerſchleuſen (ſ. d.) bezw. bei Kanälen auch durch Schiffshebewerke (ſ. d.), geneigte Ebenen oder Schiffseiſenbahnen (ſ. d.) gebildet werden. Um die Wartezeit der Schiffe an den Stufen möglichſt zu verringern, wäre als geringſte Haltungslänge diejenige anzuſtreben, welche in jener Zeit durchfahren werden kann, die eine Schiffskreuzung an der Stufe erfordert. Bei Schleuſen mit großem Waſſerbedarfe und bei kurzen Haltungen iſt zur Vermeidung unzuläſſiger Waſſerſpiegelſchwankungen während der Schleuſenfüllung bezw. -entleerung eine Vergrößerung des Kanalprofils nächſt der Schleuſe (Vorhäfen) anzuordnen. Die in einer Haltung durchgeleitete Waſſermenge, ſei es zum Zwecke der Waſſerverſorgung des Kanals ſelbſt, ſei es für die Hochwaſſerableitung der in den Kanal eingeführten Waſſerläufe oder endlich behufs Ausnutzung einer verfügbaren Waſſerkraft, ſoll nur ſo groß ſein, daß hierdurch der Schiffsverkehr keine unzuläſſige Erſchwerung erfährt. In Ausnahmsfällen erhielten längere Kanalhaltungen ein kleines Sohlengefälle, z. B. am Eriekanal 0,08‰.

Literatur: Faber, E., Donau-Main-Waſſerſtraße, Nürnberg 1903; Schiffbarkeit der bayriſchen Donau, München 1905. *Pechnik.*

Hamburgerblau, ſ. Mineralblau.

Hamburger Deckgrün, f. Schweinfurtergrün.

Hamburger Normen, f. Dampfkeffelfabrikation, Bd. 2, S. 583, Keffelbaumaterial.

Hamburgerweiß, f. Bleiweiß.

Hamiltonfches Prinzip oder Prinzip der ftationären Wirkung; f. Prinzip.

Hammer, das bekannte Werkzeug, das dadurch wirkt, daß es, nachdem feine entfprechend große Maffe in Bewegung verfetzt ift, feine lebendige Kraft ftoßweife auf einen andern Körper überträgt. Die Bewegung kann die ftoßende Maffe entweder durch die Arbeiterhand oder eine elementare Kraft erhalten. Im erften Falle bedarf die Maffe zum bequemen Halten mit der Hand einer Handhabe, die gewöhnlich aus einem Stiel, felten aus einem ringartigen Griffe befteht. Diefe Verbindung bildet das Werkzeug, das kurzweg Hammer genannt wird.

Der Hammer ift gewöhnlich ein Eifen- oder Stahlftück (der Hammerkopf), das zwei ftählerne, genügend harte Auffatzflächen befitzt und mit einem, gehörig mit Keilen befeftigten, durch den Schwerpunkt gehenden Stiel verfehen ift. Die Auffatzfläche nennt man die Bahn, wenn ihre Größe beträchtlich und ihre Geftalt daher ganz oder beinahe quadratifch oder kreisförmig ift; fie heißt dagegen Finne (Pinne), wenn fie im Verhältnis zur Länge fchmal ift. Gewöhnlich befitzt der Hammer eine Bahn und eine Finne. Die Bahn ift meift etwas konvex, felten ganz eben oder konkav; in einzelnen Fällen ift fie zylindrifch oder kugelförmig. Die Finne ift in der Regel ein Zylinderabfchnitt, der fenkrecht zum Stiele ftehf. Hämmer, bei denen die Finne parallel zum Stiele ftehf, unterfcheidet man durch den Namen Kreuzfchlag (Kreuzhammer). Die Größe der durch Menfchenhand getriebenen Hämmer liegt dem Gewichte nach zwifchen 0,1 und 10 kg. Beim Schmieden unterfcheidet man der Größe nach Schmiedehämmer (Hand-, Bankhämmer), 1—2,5 kg fchwer, die mit einer Hand regiert werden, und Zufchlag- oder Vorfchlaghämmer (3—10 kg fchwer), zur Führung mit beiden Händen.

Handhämmer von fehr verfchiedener Geftalt werden namentlich zur Bearbeitung des Bleches (f. Blechbearbeitung) benutzt. Die Bearbeitung des Bleches gefchieht hierbei meift im kalten Zuftande, und nur, wenn durch fortgefetztes Hämmern das Metall hart und fpröde wird, muß man es durch Ausglühen weich machen, infofern es Anwendung von Glühhitze geftattet (was z. B. bei Weißblech des Zinnüberzugs wegen nicht der Fall ift). Die gewöhnlichften Hämmer zum Biegen, Treiben und Glätten find hierbei folgende: Polier-, Glanzhammer, mit einer einzigen kreisrunden, ein wenig konvexen, fein polierten Bahn; Spann-, Gleichziehhammer, mit zwei nach Art von Zylinderabfchnitten gerundeten langen und fchmalen Bahnen, gleichfam breiten Finnen, die quer gegen den Stiel geftellt find; Schweif-, Aufziehhammer, mit zwei nach Art von Zylinderabfchnitten gerundeten langen und fchmalen Bahnen, gleichfam breiten Finnen, die quer gegen den Stiel geftellt find; Teller-, Fuß-, Krug-, Breithammer, vom vorigen durch größere Breite der Bahnen verfchieden; Finn-, Aufziehhammer, mit einer kreisrunden, etwas konvexen Bahn und einer abgerundeten quergeftellten Finne; Treib-, Tief-, Knopfhammer, mit zwei halbkugelig konvexen Bahnen oder einer folchen und einer größeren, viel weniger konvexen Bahn; Tiefhammer, mit einer kreisrunden, etwas konvexen und einer länglichen abgerundeten (der des Tellerhammers ähnlichen) Bahn; Flächenhammer, mit zwei ganz flachen kreisförmigen oder quadratifchen Bahnen; Schärfenhammer, mit zwei geraden, quer gegen den Stiel ftehenden Finnen (die eine flach, die andre faft fchneidig); Schlicht-, Ausfchlichthammer, dem Polierhammer ähnlich, aber kleiner und auf der Bahn ftärker gewölbt; Abfchlicht-, Planierhammer, mit zwei Bahnen, die beinahe völlig flach oder von denen die eine flach und die andre wenig konvex ift (Bahnen beide kreisrund oder eine kreisrund, die andre quadratifch oder länglich viereckig); Siekenhammer, mit zwei abgerundeten, quer gegen den Stiel ftehenden Finnen; Abbind-, Abpinnhammer, ein kleiner Siekenhammer mit fchärferen (fchmäleren) Finnen; Büchfenfiekenhammer, mit zwei flachen fchmalen Bahnen, auf deren jeder eine (quer gegen die Richtung des Hammerftiels ftehende) halbzylindrifche Rinne fich befindet. Mitunter gebraucht auch der Metallarbeiter Hämmer aus weicherem Material, um bei deren Anwendung entweder bereits vorhandene Ausarbeitungen möglichft zu fchonen (Montierhammer) oder um z. B. bei dünnen weichen Metallen (Blechen) die fonft durch das Schlagen entftehende Härte (Hartfchlagen) zu vermeiden (Kalthämmern). Dann werden die Hämmer (Schlägel) aus hartem Holz (Buchsbaum, Pockholz, Weißbuchen, Kornelkirfche) oder Horn, gepreßten Lederftücken, Elfenbein oder endlich aus weichen Legierungen (weicher Bronze, Meffing, Zinn und Blei u. f. w.) hergeftellt. — Die mit den Händen zu bedienenden Hämmer wiegen felten bis 12 kg; fchwerere Hämmer können nicht mehr mittels der Hand gefchwungen werden. Zuweilen fucht man dem Arbeiter das Aufheben des Hammers zu fparen. Alsdann wird letzterer an eine Feder gehängt, die ftark genug ift, um den Hammer zu heben. Der Arbeiter hat fodann den Hammer (meiftens mittels des Fußes) niederzuwerfen und gleichzeitig die Spannung der Feder zu überwinden. Man nennt die Einrichtung Wipphammer [1]. Schwere Hämmer werden wohl durch windenartige Vorrichtungen mittels der Hand oder, was meift der Fall ift, durch Mafchinenkraft gehoben.

Mechanifche Hämmer [2]. Alter Gewohnheit gemäß hat man zunächft den Stiel- oder Helmhammer hierfür tauglich gemacht, indem man den Helm oder Stiel mit einer Hülfe (Hammerhülfe) und zwei feitlich vorftehenden Zapfen verfah und entweder auf das über die Zapfen hervorragende Stück des Helmes (Schwanzhammer) oder den zwifchen den Zapfen und dem eigentlichen Hammer befindlichen Helmteil (Aufwerf-, Bruftbammer) oder endlich den über den Hammer vorfpringenden Teil des Helmes (Stirnhammer) die Daumen einer Welle einwirken ließ; f. a. Aufwerfhämmer. Diefe Hammerarten (Hebel-, Winkelhämmer) find zurückgedrängt,

teils weil die lebendige Kraft des Helmes nicht geradewegs durch das Werkſtück aufgenommen wird, wodurch erhebliche Erſchütterungen des Helmes entſtehen, teils weil die Zugänglichkeit der Arbeitsſtelle bei dieſem Hämmern eine unbequeme Beſchränkung erleidet, teils, weil die Hammerbahn je nach der Dicke des Arbeitsſtückes eine verſchiedene Neigung zur Amboßbahn einnimmt. An ihrer Stelle ſind die Gleishämmer (Prismen-, Rahmen-, Parallelhämmer) herrſchend geworden, d. h. ſolche Hämmer, die längs gerader, meiſtens ſenkrechter Gleiſe geführt werden. Man hebt den Hammer (hier Bär genannt) an einem biegſamen Bande [3] oder einer ſteifen Stange [4] empor und läßt ihn aus einer gewiſſen Höhe auf das Werkſtück niederfallen. Dieſe Maſchinenhämmer haben eine ausgedehnte Anwendung namentlich durch die Erfindung Nasmyths erfahren, nach welcher der Bär unmittelbar an die Stange eines Dampfkolbens gehängt wird (ſ. Dampfhämmer). Statt des Dampfes kann auch Preßluft [5] oder die Exploſionskraft des Pulvers oder des Leuchtgaſes (Gashämmer) [6] benutzt werden. Man hat auch den Wipphammer als Vorbild zur Anordnung andrer Maſchinenhämmer benutzt, indem der Bär durch die Elaſtizität des Dampfes oder durch Federn, nachdem er raſch niedergeworfen, raſch wieder emporgehoben wird. Endlich finden ſich zahlreiche Anordnungen von Maſchinenhämmern, bei denen durch Metall- oder Luftfedern eine große Geſchwindigkeit bezw. Schlagzahl ermöglicht wird [7]; ſ. a. Druckluftwerkzeuge.

Literatur: Karmarſch-Fiſcher, Mech. Techn., Leipzig 1888, Bd. 1, S. 552; Bd. 2, S. 271; Hoyer, E. v., Mech. Techn., Wiesbaden 1888, Bd. 1, S. 139. — [1] Prakt. Maſchinenkonſtr. 1887, S. 222. — [2] Hauer, E. v., Hüttenweſenmaſchinen, Wien 1867, S. 153; Weisbach, Lehrb. der Ingenieur- und Maſchinenmechanik, Braunſchweig 1889, Teil 3, S. 1227; Fiſcher, Herm., Die Werkzeugmaſchinen, 2. Aufl. 1905, Bd. 1, S. 592. — [3] Dinglers Polyt. Journ. 1843, Bd. 90, S. 8; 1858, Bd. 147, S. 255; 1861, Bd. 160, S. 5; 1878, Bd. 227, S. 526; 1881, Bd. 239, S. 83, Bd. 240, S. 8; 1882, Bd. 244, S. 190, Bd. 245, S. 493; 1883, Bd. 248, S. 489; 1884, Bd. 251, S. 468, Bd. 252, S. 272; 1885, Bd. 256, S. 110; 1893, Bd. 290, S. 276; Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1895, S. 22. — [4] Dinglers Polyt. Journ. 1874, Bd. 213, S. 458; 1879, Bd. 234, S. 364; 1882, Bd. 245, S. 493; 1883, Bd. 247, S. 15; 1885, Bd. 253, S. 16; 1893, Bd. 290, S. 277. — [5] Ebend. 1866, Bd. 179, S. 7; 1879, Bd. 231, S. 306; 1880, Bd. 236, S. 198; 1883, Bd. 249, S. 106; 1895, Bd. 297, S. 299. — [6] Ebend. 1887, Bd. 264, S. 591; 1888, Bd. 267, S. 12; 1895, Bd. 297, S. 299. — [7] Ebend. 1891, Bd. 281, S. 277; 1893, Bd. 289, S. 294; 1895, Bd. 297, S. 249; 1897, Bd. 303, S. 11, 33, 135; Zeitſchr. für Werkz. 1901, S. 105, 357, 566; 1902, S. 145; 1903, S. 19; 1905, S. 303; Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ing. 1887, S. 490; 1898, S. 183; 1900, S. 281, 1787; 1902, S. 925; Karmarſch-Fiſcher, Handb. der mech. Technologie, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 554; Hoyer, E. v., Mech. Technologie, Wiesbaden 1906, Bd. 1, S. 152.

E. Müller-Dresden.

Hammer (Wagnerſcher), die 1839 erfundene erſte Form des Unterbrechers (Interruptors) für elektriſche Ströme, die bei den Induktionsapparaten durch Stöhrers oder durch Foucaults Interruptor erſetzt wurde (ſ. Induktion), bei den elektriſchen Läutewerken dagegen noch allgemein in Anwendung iſt.

Der elektriſche Strom paſſiert nacheinander den Kontakt eines Platinaſcheibchens mit einer Spitze und die Spule eines Elektromagnets. Durch den erregten Magnetismus wird der an einem federnden Hebel befeſtigte Anker angezogen, dadurch das am Hebel befeſtigte Platinablättchen außer Kontakt mit der Spitze gebracht, der Strom unterbrochen, der Anker mit der Feder geht zurück, der Strom wird wieder geſchloſſen, um ſich aufs neue ſelbſt zu öffnen u. ſ. w. Weiteres ſ. [1] und [2].

Literatur: [1] Dvorak, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde, XI, 1891, S. 423. — [2] Frick, Phyſikal. Technik, 6. Aufl., von O. Lehmann, Braunſchweig 1895, S. 250.

Aug. Schmidt.

Hammeramboß, ſ. Schlagſtock.

Hammerapparate, ſ. Mörtelprüfung.

Hammerbär, ſ. Dampfhammer.

Hammereiſen, Zwittereiſen, nach älterer Bezeichnung ein Produkt aus dem Stahlfriſchprozeß.

Schon während des Zängens der Luppe läßt ſich erkennen, daß dieſe aus zwei verſchiedenen Arten zuſammengeſetzt iſt. Die ſtrenge Scheidung wird erſt nach erfolgtem Ausſtrecken durch Auffchlagen des plötzlich abgekühlten Stabes auf einen Amboß vorgenommen. Das Material, das am ſchwerſten abſpringt, iſt Hammereiſen, das ungefähr den 10. Teil des Rohſtahleiſens ausmacht. Neuerdings bezeichnet man mit Hammereiſen eine beſonders gute Qualität von Schweißeiſen, das wegen ſeiner hohen Zähigkeit zu Zapfen, Bolzen u. ſ. w. verwendet wird.

Dalchow.

Hammergar, ſ. Kupfer.

Hammergeſchirr, auch Stampfgeſchirr, Stampfwerk, deutſches Geſchirr genannt, iſt die zum Zerfaſern der Hadern einſt allgemein angewendete Vorrichtung, deren wirkſame Werkzeuge entweder aus ſchwanzhammerähnlichen, um einen Punkt ſchwingenden oder vertikal geführten fallenden Stampfern beſtanden; ſ. Papierfabrikation.

Kraft.

Hammerhelm, -hülſe, ſ. Hammer.

Hammerkeſſel (Dupuis-Keſſel), ſ. Dampfkeſſel, Bd. 2, S. 566.

Hammerkolben, übliche Form des Lötkolbens (ſ. Löten).

Hammermaſchine, ſtehende Schiffsmaſchine (ſ. d.) nach Art des Dampfhammers.

Hammermikrophon, ſ. Telephonie.

Hammerrad, ſ. Waſſermotoren.

Hammerſchlag, die beim Schmieden, Walzen und ſonſtiger Bearbeitung von Metallen in Glühhitze an deren Oberfläche durch Oxydation ſich bildende, meiſt leicht abblätternde, ſpröde Kruſte. Der rote Kupferhammerſchlag beſteht vorwiegend aus Kupferoxydul, der ſchwarze aus Kupferoxydul und -oxyd. Der Eiſenhammerſchlag oder Glühſpan iſt Eiſenoxyduloxyd von wechſelnder Zuſammenſetzung; ſ. a. Zunder. *Beckert.*

Hammerwalke, die beim Verfilzen der Gewebe verwendete Vorrichtung, die dadurch charakteriſiert iſt, daß der den hierbei zur Anwendung kommenden Stoß erzeugende Mechanismus aus ſchwanzhammerähnlichen, durch eine Daumenwelle beweglichen fallenden Holzklötzen beſteht; ſ. Tuchfabrikation. *Kraft.*

Hammerwerk, vielfach übliche Bezeichnung für denjenigen Teil eines techniſchen Betriebs (insbeſondere der Eiſenhütten), in dem die Bearbeitung der betreffenden Rohſtoffe mit dem Hammer vorgenommen wird. *E. Müller-Dresden.*

Hanarteſcher Kompreſſor, ſ. Luftkompreſſor.

Handaufzüge, von Hand betriebene Aufzüge, finden außer zur Beförderung von Speiſen, Akten u. ſ. w. auch zur Beförderung von Laſten bis etwa 500 kg ſelbſt mit großen Hubhöhen vielfach Verwendung in Fabriken und Geſchäftshäuſern; für Perſonenbeförderung ſind ſie nicht zuläſſig.

Bei den **Akten- und Speiſeaufzügen** ſowie andern kleinen Aufzügen wird die Einrichtung gewöhnlich in der Weiſe getroffen, daß der aus einem Holzkaſten beſtehende, ſenkrecht geführte Fahrkorb in ein endloſes Seil eingeſchaltet wird, das über paſſend im oberen und unteren Teile des Aufzugſchachtes gelagerte Leitrollen gelegt iſt. Durch unmittelbares Ziehen am Seil oder Fahrkorb wird dieſer bewegt.

Fig. 1.

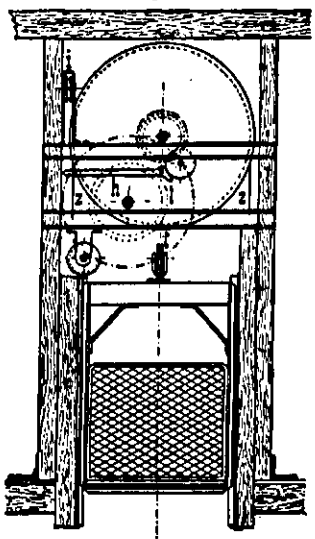


Fig. 2.

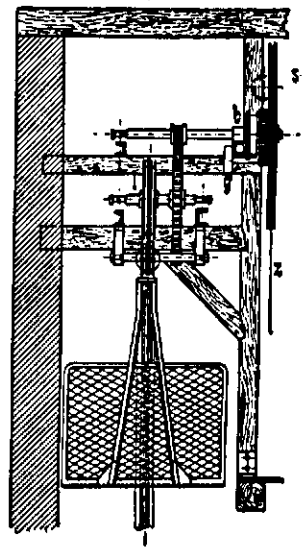
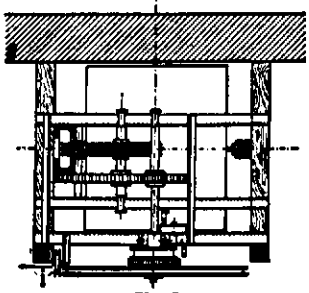


Fig. 3.



Der Fahrkorb von **Handaufzügen für größere Laſten** dagegen wird mit Hilfe eines Windewerkes bewegt, das entweder durch Handkurbeln oder durch ein endloſes Zugſeil betätigt wird. Die Kurbelwinde wird entweder über dem Fahrſchacht oder in einem Zwiſchenſtockwerk aufgeſtellt und iſt dann das Laſtſeil, das ſich auf der Windetrommel aufwickelt, über Leitrollen nach dem Fahrſchacht geführt. Die Winde ſelbſt wird mit Bremſe und Sperrzeug verſehen und findet häufig die von Brigleb, Hanſen & Co. in Gotha (vgl. den Katalog der Firma) gebaute Sicherheitswinde nach dem Syſtem Stauffer und Megy Verwendung. Bei dieſer erfolgt das Aufwinden der Laſt mit Hilfe einer durch die Kurbel betätigten Bremskupplung, während der Niedergang der Laſt mit Hilfe einer Zentrifugalbremſe ohne Zuhilfenahme der Kurbel geſchieht. Letztere dient hierbei im weſentlichen zur Einleitung der Niedergangsbewegung durch Löſen der Bremskupplung bezw. zum Stillſetzen der Laſt.

Bei Anwendung einer Kurbelwinde kann der Aufzug natürlich nur von demjenigen Stockwerke aus bedient werden, in dem die Winde ſteht; dieſe Anordnung iſt daher für Fabriken und Speicher geeignet, während für Geſchäftshäuſer großer Städte, in deren verſchiedenen Stockwerken verſchiedene voneinander unabhängige Betriebe auf Benutzung des Aufzuges angewieſen ſind, der Antrieb des Windewerks durch ein endloſes Zugſeil notwendig iſt, weil dann der Aufzug von jedem Stockwerke aus in Tätigkeit geſetzt werden kann. Ein derartig betätigtes Windewerk von C. Flohr in Berlin iſt in den Fig. 1—3 dargeſtellt. Das außerhalb des Fahrſchachts durch alle Stockwerke geführte endloſe Zugſeil *z* iſt über die obere, etwa 1,4 m große Seilſcheibe *s* gelegt, von deren Achſe mittels einfacher Stirnradüberſetzung die mit zwei Seilſcheiben *l* verſehene Laſtwelle angetrieben wird. Ueber dieſe beiden

mit V-förmig ausgedrehten Nuten verſehenen Scheiben ſind die beiden Trume des den Fahrkorb tragenden Laſtſeiles *t* aufgelegt, deſſen andre Enden an das Gegengewicht angeſchloſſen ſind. Dieſes gleitet in dem gleichzeitig zur Befeſtigung der linksſeitigen Fahrkorbführungsſchienen dienenden Holzkaſten *k*; es iſt zur Ueberwindung der Seilſteifigkeit etwas ſchwerer genommen als der leere Fahrkorb. Das Windewerk iſt, wie aus Fig. 2 und 3 erſichtlich, mit der in Fig. 4—6 beſonders dargeſtellten Löſungsbremſe *b* verſehen, deren Bremsband für gewöhnlich durch den belaſteten Hebel *h* angezogen iſt, durch ein über die Rolle *i* gelegtes, durch den ganzen Schacht geführtes endloſes Seil aber gelöſt werden kann. Die am inneren Umfange mit Sperrzähnen verſehene Bremstrommel *b* ſitzt loſe auf einer Verlängerung des Lagers der Zugſeilſcheibenwelle, verurſacht alſo während des Aufwindens der Laſt keinerlei Reibung. Feſt aufgekeilt auf die Zugſeilſcheibenwelle iſt der Arm *a* (Fig. 5) mit dem Sperrkegel *c*, der mit einer Feder verbunden iſt, die ihn beim Aufwinden der Laſt, d. h. Drehung in der Pfeilrichtung, aus den Sperrzähnen

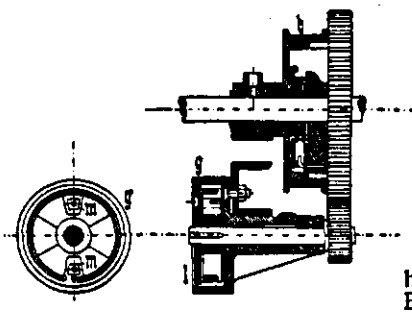


Fig. 6. Fig. 4.

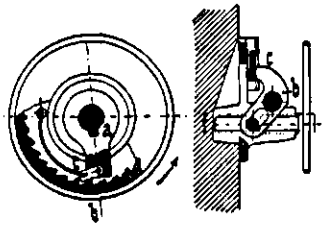


Fig. 5. Fig. 7.

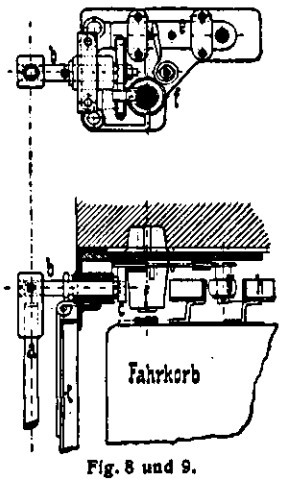


Fig. 8 und 9.

hebt, die Bremſe „ſtumm“ macht. Beim Niedergange der Laſt kuppelt der Sperrkegel die Seilſcheibenwelle mit der Bremsſcheibe. — Damit bei unvorſichtiger Handhabung oder beim etwaigen Verſagen der Bremſe der Fahrkorb nicht gefährlich ſchnell abwärts gehen kann, iſt noch, wie aus Fig. 2—5 erſichtlich, eine durch Rädervorgelege betätigte Geſchwindigkeitsbremſe *g* (Fig. 6) angebracht. Dieſelbe trägt in dem feſtſtehenden Gehäuſe *g* die rotierende Scheibe *l*, deren Mitnehmerſtifte *m* zwiſchen die frei beweglichen Segmentſtücke treten. Dieſe werden von einer am äußeren Umfange mit Leder bezogenen Kreisfeder umſpannt, die, falls die Niedergangsgeſchwindigkeit des Fahrkorbes eine beſtimmte Grenze überſchreitet, durch die der Einwirkung der Zentrifugalkraft unterliegenden Segmente gegen den inneren Umfang der Trommel *g* gepreßt wird, ſo daß eine die Niedergangsgeſchwindigkeit verringernde Reibung entſteht.

Bei Handaufzügen mit mehreren Ladeſtellen und Benutzung von verſchiedenen Stockwerken aus muß eine Abhängigkeit zwiſchen Fahrkorb und Schachttüre in der Weiſe beſtehen, daß immer nur diejenige Tür geöffnet werden kann, hinter welcher der Fahrkorb ſtillſteht. Eine derartige Einrichtung iſt in Fig. 7—9 dargeſtellt. Vor der geſchloſſenen Schachttür *t* befindet ſich in horizontaler Lage der Schlagbaum *a*, der feſt mit einer in geeigneter Weiſe gelagerten Welle *b* verbunden iſt, deren gleichfalls aufgekeilter Doppelhebel *c* bei geſchloſſener Tür ſich mit ſeinem oberen hakenförmigen Arm (wie gezeichnet) gegen den paſſend geführten, durch eine ſtarke Feder ſtets nach der Tür hin gedrückten Riegel *e* legt; der Schlagbaum kann alſo nicht angehoben werden. Kommt der Fahrkorb in Stockwerkshöhe an, ſo erfaßt ſeine (in der Zeichnung nur angedeutete) Kuliſſe *h* die am Riegel *e* ſitzende Rolle *g* und ſchiebt dieſen zurück; erſt dann kann der Schlagbaum angehoben und die Tür geöffnet werden. Gleichzeitig verſchiebt hierbei der untere Teil des Hebels *c* einen ſtarken Bolzen *f* derart, daß dieſer in einen paſſenden Schlitz der Fahrkorbwand eintritt und ſo eine Weiterbewegung des Fahrkorbes durchaus verhindert. Der Fahrkorb ſelbſt wird mit Fangvorrichtung von ſchon beſchriebener oder ähnlicher Bauart verſehen. — Vgl. Aufzüge.

Literatur: [1] Ernſt, Die Hebezeuge, 3. Aufl., Berlin 1899. — [2] Specht, Die gebräuchlichſten Bauten der Perſonen- und Laſtenaufzüge, Berlin 1891. *K. Specht.*

Handbalgen, ſ. Blaſebälge.

Handbohrer, ſ. Bohrgerät, Bohr- und Sprengarbeit.

Handbremſen, ſ. Bremſen, Bd. 2, S. 264.

Handdruck, das örtliche Aufbringen von paſſend verdickten Farben oder Beizen auf Faſermaterial aller Art mit Hilfe von Druckmodeln, war früher, bevor man die verſchiedenen Syſteme von Druckmaſchinen kannte, allgemein üblich und wird heute noch in vielen Gegenden ausgeübt. Es laſſen ſich mittels desſelben alle Genres des Druckes ſowie Reſerve- und Aetzartikel herſtellen. Für gewiſſe Artikel konnte der Handdruck überhaupt noch nicht erſetzt werden, z. B. für vielfarbig bedruckte Schafwolltücher, für Seidendruck u. ſ. w. Mitunter wird auch Maſchinendruck und Handdruck kombiniert.

Der Vorgang bei Handdruck iſt ſehr einfach, erfordert aber viel Uebung. Man verſtreicht mittels einer feinen Haarbürſte die Druckfarbe möglichſt gleichmäßig im Farbtroge, welcher

einen elaſtiſchen, aufnahmefähigen Boden beſitzt, ſetzt dann den Druckmodel auf, der in ſeinen erhaben geſchnittenen Zeichnungen die Farbe aufnimmt. Man überträgt den Model auf die zu bedruckende Ware, indem man ihn mit leichtem Drucke der Hand auf das Gewebe preßt, wobei ſich die farbige Zeichnung des Models auf der Ware abdruckt. Iſt der Model ſehr groß, ſo verwendet man beim Abdrucken einen leichten Hammer mit kurzem Stiel, indem man mit demſelben mehrere leichte Schläge an verſchiedenen Stellen des Models ausübt. Am Model ſelbſt ſind gewöhnlich vier Rapportſtifte angebracht, welche mitdrucken und welche es ermöglichen, daß der Drucker beim nächſten Abdrucken das ſchon abgedruckte Muſter nicht überdruckt oder einen ungedruckten Zwiſchenraum läßt. Zwiſchen jedem Abdrucke des Models wird derſelbe mit friſcher Farbe beladen.

Bei mehrfarbigem Druck wird zuerſt das Grundmuſter gedruckt, getrocknet, und dann erſt werden die verſchiedenen Begleitfarben nacheinander eingepaßt, wobei man nach jeder Farbe die Ware erſt trocknen läßt, damit ſich die Farben nicht verſchmieren oder auf dem noch feuchten Gewebe ausfließen. Alle übrigen Arbeiten, z. B. Fixieren der Farben durch Dämpfen, Waſchen u. ſ. w., werden in ähnlicher Weiſe ausgeführt wie beim Maſchinendruck. — Die Herſtellung der Druckmodel heißt Model- oder Formſtecherei und iſt ein Zweig der Holzſchneidekunſt. Gewöhnlich werden drei zuſammen 7—8 cm dicke Holztafeln miteinander verleimt, von denen die oberſte Tafel, in welche die Zeichnung ausgeſchnitten wird, aus Birnbaumholz beſteht. Die beiden andern Tafeln (mit ſich kreuzendem Faſerverlauf aufeinander gelegt) werden gewöhnlich aus Tannen- oder Lindenholz hergeſtellt. Feine Linien, kleine Punkte u. dergl., welche im Holze ſehr wenig haltbar oder zu mühſam auszuführen ſein würden, werden vom Formſtecher durch Einſchlagen von geraden oder gebogenen Meſſingblechſtreifchen oder Stiftchen aus Meſſingdraht gebildet; letzterer iſt zu dieſem Zweck nicht nur von rundem, ſondern je nach Bedürfnis von halbmond-, ſternförmigem u. ſ. w. Querſchnitt. *A. Singer.*

Handdurchſchlag, ein Durchſchlag (ſ. d.), der unmittelbar mit der Hand angefaßt und aufgeſetzt wird; ſolche Durchſchläge dagegen, die man mit einem Hammer an einem wagerechten hölzernen Stiele hält, werden Stieldurchſchläge genannt. Da der hölzerne Stiel die Erſchütterungen des Durchſchlags in ziemlichem Maße in die Hand des Arbeiters leitet, wird der Holzſtiel bei Benutzung eines Maſchinenhammers durch einen ſolchen aus Draht erſetzt. *E. Müller-Dresden.*

Handelshafen, ſ. Flußhafen, Seehäfen.

Handelsmühle, kauft Getreide für eigne Rechnung und verkauft die fertigen Mahlprodukte. Die Kunden- oder Lohnmühlen dagegen (meiſt kleinere Werke oder beſondere Abteilungen größerer) vermahlen das einem andern gehörige Getreide, deſſen Produkte alſo Eigentum des Auftraggebers bleiben, während die Mühle ein gewiſſes Entgelt (Mahllohn) für die geleiſtete Arbeit erhält (früher in Korn, jetzt faſt ausſchließlich in Geld). *Arndt.*

Handfackel, ſ. Feuerſchutz, Bd. 3, S. 788.

Handfeger, ſ. Zeichnen, techniſches.

Handfeuerlöſcher, ſ. Feuerſchutz, Bd. 3, S. 771.

Handfeuerwaffen, ſ. Gewehr, Jagdgewehr, Selbſtlader.

Handgebläſe, gemeinſame Bezeichnung für alle von Hand bewegte Gebläſe wie Blaſebälge (ſ. d.), Zylinderbälge u. ſ. w. (vgl. Gebläſe).

Handgriff, 1. Handhabe eines Werkzeuges; 2. ſ. v. w. Handleiſte, Geländergriff, der obere breitgerundete Abſchluß eines Geländers aus Holz oder Eiſen. Bei Brücken und Balkonen wagerecht, ſteigt er bei Treppen den Stufen entſprechend an. Die gewöhnliche Höhe über Boden oder Trittvorderkante beträgt 0,80 m (ſ. a. Griff). *Weinbrenner.*

Handkämmerei, ſ. Kammgarnſpinnerei.

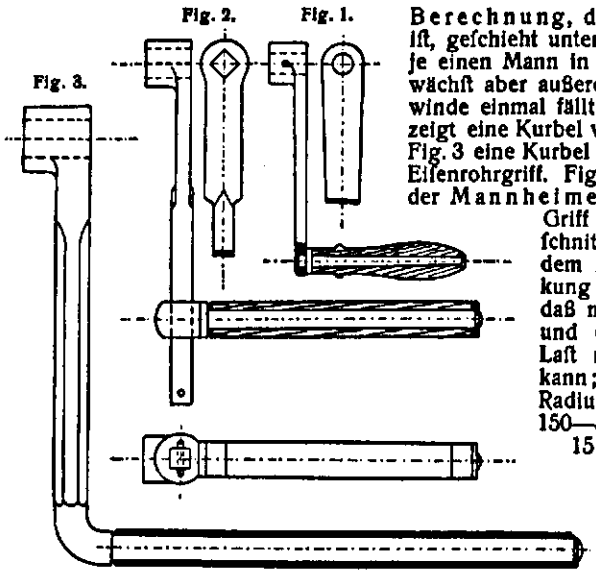
Handkippkarren, mit einem Kaſten verſehene zweirädrige Wagen, die für Erdbeförderung zur Bewegung durch zwei bis drei Arbeiter eingerichtet ſind.

Gewöhnlich ſind die Räder 1,1 m hoch. Der Kaſten iſt in der einen Schwerebene unmittelbar durch die Radachſe unterſtützt und enthält einen Laderaum für etwa 0,5 cbm loſen Boden. Die Länge des Kaſtens beſtimmt ſich in der Weiſe aus der Radhöhe, daß die aufgekippte Karre mit der Wagerechten einen Winkel von 45° bilden muß. Die Hinterwand iſt nach Löſung zweier Haken entfernbar und geſchieht das Auskippen durch Anheben der Deichſel, wobei ſich der Kaſten um die Radachſe dreht; ſ. a. Bodenbeförderung. *L. v. Willmann.*

Handkullerſtuhl, ſ. Wirkerei.

Handkurbeln mit Griff für einen oder zwei Mann.

Sie erhalten als einmänniſche bezw. zweimänniſche Kurbel eine Grifffſtärke von 35—50 mm und 300 bezw. 500 mm Länge. Der Griff ſitzt drehbar auf einem Dorne von 20—25 bezw. 25—30 mm Stärke. Der Radius der Kurbel oder die Armlänge beträgt 300—400 bezw. bis 450 mm. Der Kurbelarm erhält an der Nabe den rechteckigen Querſchnitt 40 · 15 bis 60 · 20 oder quadratiſchen von 30 · 30 bis 45 · 45 mm. Die Befeſtigung erfolgt entweder mit Keil auf dem zylindriſchen Wellenende oder mit vorgeſchraubter Mutter auf ſchlankkoniſchem Wellenende oder mit Vierkant. Die Wellenſtärke beträgt je nach der Lagerentfernung 30—40 bezw. 40—50 mm. Die



Berechnung, die nach Annahme der Maße vorzunehmen iſt, geſchieht unter Vorausſetzung einer Kraft von 20 kg für je einen Mann in der Mitte des Griffes. Die Beanſpruchung wächſt aber außerordentlich, wenn die Laſt an einer Handwinde einmal fällt und die Kurbel herumſchleudert. Fig. 1 zeigt eine Kurbel von 200 mm Armlänge für nur eine Hand, Fig. 3 eine Kurbel von 400 mm Radius für zwei Mann, mit Eiſenrohrgriff. Fig. 2 veranſchaulicht die Triumphkurbel der Mannheimer Maſchinenfabrik, bei welcher der Griff an dem Arme von quadratiſchem Querſchnitt leicht verſchoben werden kann, unter dem Betriebsdruck aber ſowie unter der Wirkung des Eigengewichtes ſich feſtklemmt, ſo daß man bei leichter Laſt mit kurzer Armlänge und erhöhter Umdrehungzahl, bei ſchwerer Laſt mit der äußerſten Griffſtellung kurbeln kann; ſie koſtet je nach der Stärke für einen Radius von

150—300	155—350	175—400	180—420 mm
15	16—17	22—28	29—35 ℳ

Die Aufſtellung erfolgt ſo, daß die Welle möglichſt 1 m über Fußboden liegt. Zwei Kurbeln auf einer Welle verſetzt man gern um 120 oder 135° ſtatt 180°. Der tangentiale Betriebsdruck eines Arbeiters wird zu 10 bis 15 kg, vorübergehend zu 20 kg, angenommen, beim Zuſammenarbeiten mehrerer Arbeiter etwas kleiner. Die Griffgeſchwindigkeit beträgt etwa 0,8 m/sec. An Milchzentrifugen wird die richtige Geſchwindigkeit am beſten eingehalten, wenn die Handkurbel gerade 40 Umdrehungen in 1 Minute macht. *Lindner.*

Handlaternen für Signalzwecke werden im Eiſenbahnbetriebe ſowohl zur Abgabe von Bahnzuſtandsſignalen (ſ. d.) als auch von Rangierſignalen (ſ. d.) verwendet. *Köchy.*

Handleiſte, der in der Regel aus Holz oder Eiſen hergeſtellte Holm eines Geländers, oben abgerundet und zum Greifen mit der Hand beſtimmt. Im Handel beſtehen unter dem Namen „Handleiſteneiſen" beſondere Walzeiſen für derartige Holme, die in Längen von 4—12 m geliefert werden und beſtimmte normale Abmeſſungen beſitzen (ſ. Handgriff und Normalprofile). *Weinbrenner.*

Handmilchſchleuder, ſ. Molkerei.

Handnaht, ſ. Nähmaſchinen.

Handpapier, auch Büttenpapier, geſchöpftes Papier, iſt das durch Handarbeit, und zwar durch das Schöpfen aus der Bütte erzeugte Papier, das ſich gewöhnlich durch höhere Feſtigkeit aus- und durch unregelmäßige, nicht geradlinige Ränder kennzeichnet. Jetzt wird ein ähnliches Papier durch die ſogenannte Rahmenformmaſchine hergeſtellt. Das Handpapier wird ſtets in der Größe eines Bogens verſchiedener Dimenſionen erzeugt; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Handpreſſen, in den keramiſchen Induſtrien von Hand betätigte Maſchinen, durch welche die Tonmaſſe oder roh geformte Waren, z. B. Tonblätter, in die gewünſchte Geſtalt umgeformt werden. Dieſe Preſſen werden hauptſächlich zum Nachpreſſen von feuerfeſten Steinen, Verblendziegeln und zum Formen von Dachziegeln (Falzziegeln) und Drainröhren benutzt; ſ. Ziegelmaſchinen. *Dümmler.*

Handpreſſen, jene Druckmaſchinen, bei denen jeder vorzunehmende Abdruck von ſeiten der bedienenden Perſon eine Reihe von Manipulationen erfordert, wie z. B. das Einfärben der Form, das Ein- und Ausfahren der Formenplatte, das Auflegen der Zwiſchenlage u. ſ. w.

Es wird alſo auch ſelbſt dann von Handpreſſen geſprochen, wenn derartige Apparate motoriſch, z. B. bei der Banknotenherſtellung, betrieben werden. Ueber die einzelnen Konſtruktionen ſ. Buchdruck-, Kupferdruck-, Lichtdruck- und Steindruckmaſchinen. *A. W. Unger.*

Handprobe, ſ. Proben, technologiſche; Handprobe im Bergbau, eine Art der Prüfung eines Förderſeiles (ſ. d.) auf Drahtbrüche.

Handpumpe auf Schiffen, ſ. Drainageeinrichtung und Schiffspumpen.

Handräder für kurze Verdrehungen von Steuerwellen, Ventilſpindeln u. dergl.

Sie ſind bequemer zu faſſen als Kurbeln, erhalten aber noch einen kurzen Kurbelgriff, wenn öfter viele Umdrehungen zu machen ſind; ſ. Bd. 1, S. 407, Fig. 2. *Lindner.*

Handriegel, Verſchlußvorrichtungen, zum Feſtſtellen einzelner Tür- und Fenſterflügel, und zwar iſt bei den Türen zu berückſichtigen, daß dieſelben hauptſächlich einen ſicheren, bei den Fenſtern überdies einen dichten Verſchluß bewirken ſollen [1]. Da hier die Unterlage gewöhnlich Holz iſt, ſo erfolgt die Befeſtigung durchſchnittlich mittels Holzſchrauben oder durch Aufnageln, und zwar werden die Riegel entweder nur aufgeſetzt oder bündig in das Holz eingelaſſen [2].

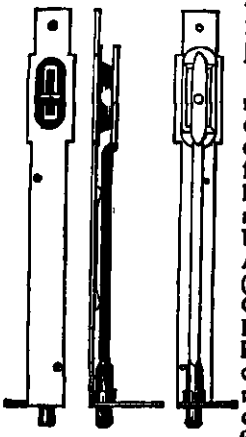


Fig. 2.

Fig. 1.

Der einfache Schub- oder Schiebriegel, je nach der Ausmeſſung als Kurz- oder Langriegel unterſchieden, endigt einerſeits mit einem Griff (Knopf), anderſeits in einem Schließkloben, bewegt ſich auf dem Schließblech, zeigt häufig zur Begrenzung der Bewegung Naſen und wird vielfach gekröpft ausgeführt. Bei Riegel in lotrechter Lage wird zwiſchen Riegel und Unterlage eine Blatt- oder Schleppfeder angebracht, um ein ſelbſttätiges Ausrücken zu verhindern. Der ſogenannte amerikaniſche Schubriegel (Fig. 1) mit runder Stange gibt eine gute Sicherung als Nachtriegel. Als Ober- und Unterriegel angewendet, wird durch Einklinkungen in der Feſtſtellungslage des Rumpfes dafür geſorgt, daß der Riegel nicht durch Rütteln unbeabſichtigt herabfallen kann [3]. Werden die Riegel nicht auf die breite Seite des Rahmenholzes, ſondern an die Kante geſetzt, ſo nennt man dieſelben Kantenriegel, welche meiſtens eingelaſſen werden, ſo daß von außen nur die Riegelplatte, der Riegelgriff und der Riegelkopf ſichtbar iſt (Fig. 2). Beim Schließen greift der Riegelkopf in ein entſprechendes Schließblech ein und eine Blattfeder hält den Riegel in ſeiner Lage. Der Spenglerſche Exaktſicherheitskantenriegel (Spengler, Berlin S., Alte Jakobſtraße) iſt dahin abgeändert, daß der Riegelgriff in die Platte zurückgeklappt werden kann, wodurch verhindert wird, ein Schließen des gangbaren Türflügels früher zu bewirken, bevor der Kantenriegel geſchloſſen iſt. Gewöhnlich werden zwei Riegel angewendet, wenn nicht, wie bei manchen Möbeln, ein Drehſtangen- oder Eſpagnolettenverſchluß (ſ. d.) gebraucht wird.

Literatur: [1] Lüdicke, Praktiſches Handbuch für Kunſt-, Bau- und Maſchinenſchloſſer, 2. Aufl., Weimar 1892. — [2] Krauth u. Meyer, Das Schloſſerbuch, Leipzig 1891. — [3] Baukunde des Architekten, Bd. 1, 2. Teil, Berlin 1891. — Hoch, Technologie der Schloſſerei, 1. Teil, Leipzig 1899; Derſ., Der praktiſche Schloſſer, Leipzig 1905/06. *J. Hoch.*

Handriß, die bei Vermeſſungen (beſonders bei Stückvermeſſungen) geführten Handzeichnungen über die Aufnahme.

Grundbedingung für die Führung der Handriſſe iſt, daß dieſelben ſo deutlich, überſichtlich und korrekt in bezug auf Zeichnung, Zahlen und Schrift ſind, daß jeder Sachverſtändige dieſelben ſicher und unzweideutig leſen kann. Bei amtlichen Vermeſſungen ſind für die Führung der Handriſſe, die Art der Ausführung, Signaturen, Aufſchriften, Papier, Format u. ſ. w. ſeitens der Behörden beſtimmte Vorſchriften erlaſſen, welche in den betreffenden amtlichen Vermeſſungsanweiſungen enthalten ſind. Für die preußiſchen Vermeſſungen iſt maßgebend: „Beſtimmungen über die Anwendung gleichmäßiger Signaturen für topographiſche und geometriſche Karten, Pläne und Riſſe“ (Berlin). Da die Handriſſe die wichtigſten Vermeſſungsakten ſind, werden dieſelben häufig des vielfachen Gebrauches wegen, ſowie um ſie vor Verbrauch und Verluſt zu ſchützen, durch Druck vervielfältigt; vgl. a. Stückvermeſſung. *Reinhertz.*

Handſachſe, ſ. Herdarbeit.

Handſcheidung, ſ. Aufbereitung (trockene).

Handſchrauben ſind zum Drehen von Hand mit Griffen verſehen.

Zum Beiſpiel an hölzernen Schraubzwingen mit rundem oder achtkantigem Griff, an eiſernen Schrauben mit flachem Griff, ähnlich den Flügelmuttern, oder mit Knebel (Querſtab) oder Griffrad; ſ. Bd. 1, S. 401, Fig. 2. *Lindner.*

Handſchütze, ſ. Weberei.

Handſeparator, ſ. Molkerei.

Handſignale, Eiſenbahnſignale, welche bei Nacht mit Handlaternen, bei Tage mit beliebigen andern Gegenſtänden von Hand gegeben werden; ſ. Bahnzuſtandsſignale, Rangierſignale, Zugſignale. *Köchy.*

Handſpake, langes, vierkantiges Holz mit eiſernem Schuh zur Kraftübertragung durch Hebelwirkung.

Handſpitzen, ſ. Spitzen.

Handſpritze, ſ. Feuerſchutz, Bd. 3, S. 771.

Handſteuerung, Vorrichtung zum Legen des Schiffsruders mit der Hand, im Gegenſatz zur Dampfſteuerung, ſ. Ruder und Dampfſteuerapparate.

Handſtrich, in der Ziegelfabrikation (ſ. d.) die Herſtellung von Ziegelſteinen mit der Hand in ſogenannten Streichformen.

Dieſe letzteren ſind meiſtens einzeln, ſeltener zu zwei oder mehr in einem Rahmen vereinigt. In die Streichform wirft der Ziegelſtreicher einen für die Ausfüllung der Form ausreichenden Tonballen kräftig hinein und ſtreicht mit einem Streicheiſen das überſchüſſige Material ab. Beim Streichen der Ziegel werden die Formen zwecks leichten Ablöſens der Ziegel aus denſelben vor jedesmaligem Gebrauch bewäſſert oder beſandet. Das Streichen geſchieht auf einem Tiſche (Streichtiſch), auf dem ſich außer der zu füllenden Form und der zur Füllung dienenden Rohmaſſe ein Trog mit Waſſer oder Sand zur Bewäſſerung bezw. Beſandung der Formen befindet. *Dümmler.*

Handſtrumpfſtuhl, ſ. Wirkerei.

Handſtuhl, ſ. Weberei.

Handvergoldung, ſ. Goldpreſſung; vgl. Buchbinderei.

Handverſchlüſſe haben die Aufgabe, Türen und Fenſter entweder allein oder in Verbindung mit den Schlöſſern in einer beſtimmten Lage feſtzuhalten; ſie müſſen eine leichte Handhabung zulaſſen, einfach und ſicher gebaut ſein und Widerſtandsfähigkeit gegen „Werfen“ des Holzes beſitzen [1].

Bei dem Fenſterverſchluß genügt es nicht, wenn derſelbe einfach die Fenſterflügel zuhält, ſondern er muß auf die Fenſterrahmen winkelrecht zu der Glasfläche einen Druck ausüben, welcher das feſte Zuklemmen der Fenſterflügel herbeizuführen vermag [2]. Als Fenſterverſchlüſſe werden verwendet:

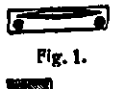


Fig. 1.

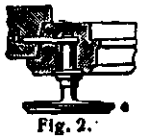


Fig. 2.

Fig. 3.

1. Der Haken, nur bei untergeordneten Fenſtern noch im Gebrauch, oder als Sturmſtange zum Feſthalten des Fenſters in geöffnetem Zuſtande;

2. Handriegel (ſ. d.);

3. Vor- und Einreiber ſowie Ruderverſchluß, welche ein- oder zweiarmige Hebel ſind und nicht bei hohen Fenſtern verwendet werden ſollen, wie auch dann nicht, wenn die Länge der Rahmenhölzer ein Verziehen und Undichtwerden befürchten laſſen [3]. — Um bei den einfachen und doppelten Vorreibern einen beſſeren „Anzug“ zu erzielen, wird die Gleitfläche mit Reibblechen (Fig. 1) beſchlagen, während zum Aufziehen Knöpfe dienen [4]. Der Einreiber (Fig. 2) iſt ein Zungenverſchluß, bei welchem nur der Griff, meiſtens als Olive ausgebildet, ſichtbar iſt, an deren Stelle bei ſelten zu öffnendem Fenſter auch ein Ein- oder Aufſteckſchlüſſel mit verſenktem Dorn treten kann. Der franzöſiſche Ruderverſchluß, richtiger Ueberwurf genannt (Fig. 3), iſt ein einarmiger Hebel mit dem Drehpunkt *D* und dem Knopf *A* zum Anfaſſen, während durch den an den Pfoſten angeſchraubten Schließhaken *B* der Verſchluß bewirkt wird.

4. Stangenverſchluß (ſ. Espagnolettenverſchluß, Bd. 3, S. 511), welcher bei Flügeln mit größeren Ausmeſſungen zur Anwendung kommt, und zwar in verſchiedener Ausführung, je nachdem ein feſter Mittelpfoſten vorhanden iſt oder nicht. Hierher gehören auch die Triebſtangenverſchlüſſe, welche eigentlich nichts andres ſind als Riegel, deren Bewegung durch einen Schwengel mit Zähnen oder einen Drehgriff oder auf ſonſt irgendeine beſondere Art bewirkt wird. — Als Türverſchlüſſe könnten auch dieſelben Verſchlüſſe wie bei den Fenſtern Verwendung finden, doch müſſen wegen der notwendigen Sicherheit faſt immer Schlöſſer hinzutreten, weshalb dieſe Verſchlußvorrichtungen nur bei der Feſtſtellung des erſten Flügels einer Doppeltür verwendet werden. Bei den Türen ſind die Haken unter dem Namen Schließſtangen in Gebrauch, welche nicht nur zur Befeſtigung, ſondern häufig auch zur Entlaſtung der Riegel dienen.

Literatur: [1] Lüdicke, Handbuch für Kunſt-, Bau- und Maſchinenſchloſſer, 2. Aufl., Weimar 1892. — [2] Jeep, Die Bauſchloſſerei, 1.—3. Heft, Leipzig 1876. — [3] Fink, F., Der Bauſchloſſer, 3. Aufl., Berlin 1880. — [4] Baukunde des Architekten, Bd. 1, 2. Teil, Berlin 1891; Hoch, Technologie d. Schloſſerei, 1. Teil, Leipzig 1899; derſ., Der prakt. Schloſſer, Leipzig 1901. *J. Hoch.*

Handwalzen, ſ. Straßenwalzen.

Handwerk (Gewerk), diejenige menſchliche Tätigkeit, die mit Hilfe der Hand und einfacher Werkzeuge Rohprodukte ſo bearbeitet, daß ſie zum Gebrauche dienen können.

Im Altertum von Sklaven ausgeübt, im Mittelalter von den Bürgern, führte der Erhaltungstrieb der letzteren zur Vereinigung der gleichartigen Gewerke, zu den Innungen oder Zünften, innerhalb welcher die ſelbſtändigen Handwerker als Meiſter, deren Gehilfen als Geſellen und Lehrlinge bezeichnet wurden. Die im Laufe der Zeit erworbenen Privilegien führten zu manchen Mißbräuchen und ſchließlich zur Auflöſung der Gewerke und zur Gewerbefreiheit; den ſchädlichen Wirkungen dieſer Maßregel zu begegnen, entſprechen in neueſter Zeit mannigfache Vorſchläge der Regierungen und der Handwerkerkreiſe. Vgl. Gewerbeordnung. *Weinbrenner.*

Handwirkſtuhl, ſ. Wirkerei.

Handzirkel, ſ. Reißzeug, Meßwerkzeuge.

Hanf, ſ. Spinnfaſern.

Hanfleinwand (Hanftuch), aus Hanfgarn hergeſtelltes Gewebe, feſter, jedoch auch härter und ſchwerer als leinene Gewebe von gleicher Feinheit. Hanftuch wird beſonders in der Schweiz und in Frankreich zu ordinären Bettzeugen benutzt. *E. Müller-Dresden.*

Hanföl, das Oel aus dem Samen von Cannabis sativa *L.*, beſitzt einen

ziemlich ſtarken Geruch und einen faden Geſchmack, iſt friſch hellgrün oder grünlichgelb, wird aber mit der Zeit braungelb.

Es wird bei —15° C. dick und bei —27° C. feſt. Spez. Gew. bei 15° C. 0,925—0,931, Schmelzpunkt der Fettſäuren nach Hübl 19° C., der Erſtarrungspunkt 15° C. Verſeifungswert des Oeles nach Valenta 193,1, Jodzahl nach Hübl 143, Jodzahl der Fettſäuren nach Morawski und Demski 122,2—125,2. Hanföl iſt in 30 Teilen kalten Alkohols löslich, in kochendem in jedem Verhältnis. Eine Löſung in 12 Teilen kochenden Alkohols ſcheidet beim Erkalten Stearin aus. Es iſt ſtark trocknend und enthält neben den Triglyzeriden der Stearin- und Palmitinſäure hauptſächlich Linolſäure neben wenig Linolen- und Iſolinolenſäure (Bauer, Hazura, Grüßner) [1].

Hanföl fand früher vielfach zur Fabrikation von Schmierſeife Verwendung; Seifen daraus haben eine dunkelgrüne Farbe. Heute ſind die meiſten grünen Schmierſeifen des Handels mit Indigo gefärbte Leinölſeifen. Hanföl wird hauptſächlich in den ruſſiſchen Oſtſeeprovinzen gewonnen [2].

Literatur: [1] Monatsſchr. für Chemie 1886, 7, S. 216; Zeitſchr. f. angew. Chemie 1888, S. 312. — [2] Schaedler, Technologie der Fette, 2. Aufl., Leipzig 1892; Deite, Handbuch der Seifenfabrikation, 3. Aufl., Berlin 1906. *Deite.*

Hanfſeile finden im Maſchinenbau Verwendung als Aufzugſeile für Hebezeuge und als Treibſeile zum Hanfſeiltrieb (ſ. d.). Außer den Rundſeilen kommen Quadrat-, Dreikant- und Flachſeile vor.

Sie beſtehen aus badiſchem Schleißhanf oder aus Manilahanf, der ſteifer, gegen Feuchtigkeit widerſtandsfähiger und heller iſt, oder aus ruſſiſchem Reinhanf von geringerer Güte und grauer Farbe. Manilaſeile eignen ſich für Triebe im Freien und für Hauptantriebe mit großen Scheiben. Mit Teer warmgetränkte Seile benutzt man wegen ihrer Unempfindlichkeit gegen Näſſe hauptſächlich im Schiffsverkehr. Treibſeile dagegen werden mit Seilfett aus Talg und Graphit getränkt und monatlich damit eingeſchmiert.

Die Zugfeſtigkeit neuer Seile beträgt 700—900 kg/qcm, bei alten Seilen nur die Hälfte. Der Elaſtizitätsmodul ſchwankt um 6500 kg/qcm für badiſchen Schleißhanf und um 5000 für Manilahanf. Das Einheitsgewicht, abhängig von der Drehung und dem Feuchtigkeitszuſtande, nimmt mit wachſender Seildicke ab; die Beziehung dieſer Zahl 1—0,9 zu dem ſpez. Gew. 1,5 von Hanf gibt das Verhältnis des wirklichen Stoffquerſchnittes zum Seilquerſchnitt an.

Rundſeile beſtehen aus drei oder vier Litzen. Zu ihrer Herſtellung werden viele rechtsgängig geſponnene Garne in ringförmigen Lagen linksgängig zu Litzen gedreht und dieſe rechtsgängig mit nahezu 45° Steigung zu dreilitzigen Seilen oder mit Einlage einer ſchwachen Hanfſeele zu vierlitzigen Seilen feſt zuſammengedreht. Loſe geſchlagene Seile ſind leichter, biegſamer, aber weniger dauerhaft. Man mißt den Umfang u eines Seiles und bezeichnet $d = u/\pi$ als ſeinen Durchmeſſer, $\pi d^2/4$ als Querſchnitt. Bei der Belaſtung ſtrecken ſich die Seile und drehen ſich bis zu gewiſſem Grade auf, ſoweit ſie daran nicht etwa verhindert ſind, kehren aber nach der Entlaſtung wieder zurück.

Runde Aufzugſeile in Stärken von 15—60 mm:

		ſpez. Gew.	Preis	Zugfeſtigkeit	Zuläſſ. Spannung
aus badiſchem Schleißhanf	ungeteert	1—0,9	1,40 ℳ pro 1 kg	900 kg/qcm	110 kg/qcm
	geteert	1,1—1	1,30 „ „ 1 „	800 „	100 „
aus ruſſiſchem Reinhanf	ungeteert	1—0,9	1,10 „ „ 1 „	800 „	100 „
	geteert	1,1—1	1,05 „ „ 1 „	700 „	85 „

Die Seilſtärke $d = 3{,}5\sqrt{Q}$ für Q t für Scheiben mit $D = 10\,d$ entſpricht 100 kg/qcm Zugſpannung; für $D = 7\,d$ iſt $d = 4\sqrt{Q}$ t zu rechnen; z. B. $d = 3{,}5$ cm oder 4 cm für 1 t = 1000 kg.

Treibſeile in Stärken von 25—55 cm:

		ſpez. Gew.	Preis
aus badiſchem Schleißhanf	feſt geſchlagen	1,05—0,95	1,60 ℳ pro 1 kg
	loſe „	1,0 —0,90	1,60 „ „ 1 „
aus Manilahanf	feſt „	0,95—0,85	1,60 „ „ 1 „
	loſe „	0,90—0,80	1,60 „ „ 1 „

Die zuläſſige Spannung der Transmiſſionsſeile, berechnet für die doppelte Umfangskraft, beträgt 10—15 kg/qcm bei Scheiben von $D = 30\,d - 50\,d$. Die üblichen Seile von $d = 50$ mm Stärke aus Schleißhanf, feſt geſchlagen, haben ein Gewicht von 1,9 kg/m und koſten 3 ℳ/m.

Quadratſeile werden aus acht Litzen durch Flechten hergeſtellt. Sie ſind biegſamer als Rundſeile und drehen ſich nicht unter der Belaſtung. Fig. 1 zeigt den Querſchnitt; die Diagonalanſicht Fig. 2 ſoll anzeigen, daß vier linksgedrehte Litzen mit vier rechtsgedrehten Litzen über Kreuz verflochten ſind. Die zur Herſtellung benutzten Flechtmaſchinen haben beſondere Einrichtungen zur Erzielung gleichmäßiger Spannung der Litzen und zur Vermeidung ihrer Verdrehung, D.R.P. Nr. 67635 von Bek in Mannheim. Um die Streckung im Betriebe zu mindern, werden die Seile in der Fabrik ausgereckt und bleiben bis zum Gebrauch auf Trommeln gewickelt. Der Querſchnitt eines Seiles von a cm Dicke beträgt $0{,}85\,a^2$, das ſpez. Gew. 1—0,95. Hinſichtlich der Belaſtung, der Rillenform und des Preiſes gilt ein Quadratſeil gleichwertig einem um 5 mm dickeren Rundſeil. Iſt die Scheibengröße beſchränkt, ſo darf man mit D auf $15\,a$ für $a = 25$ mm bis $25\,a$ für

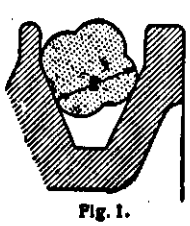


Fig. 1.

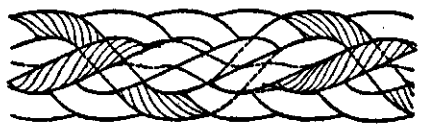
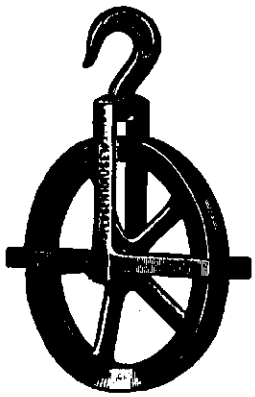


Fig. 2.

55 mm heruntergehen. Spleißungen auf 5 m Länge lassen sich ohne Verdickung ausführen; beim Zusammenlegen der Enden ist eine Verdrehung des Seiles zu vermeiden. [Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 373.]

Dreikantseile werden aus sechs Litzen geflochten. Sie haben 35—50 mm Stärke, $0{,}75\,d^2$ Querschnitt und 1—0,9 Einheitsgewicht. Sie legen sich gut in Rillen von 45° nach Fig. 1 und sind so biegsam, daß man bis auf $D = 18\,d$ herabgehen kann.

Flache Seile aus Manilahanf, geteert, finden als Förderseile an Nebenschächten Verwendung und wickeln sich auf Bobinen von 50—80facher Seildicke. Sie haben 30—60 mm Dicke und 100—200 mm Breite bei vier Litzen, 150—300 mm bei sechs und 200—400 mm bei acht Litzen. Einheitsgewicht 1, Zugfestigkeit 900 und zulässige Spannung 100 kg/qcm; Preis 1,30 ℳ pro 1 kg; s. a. Gurte. *Lindner.*



Hanfseilrollen für Hebezeuge erhalten eine halbrunde, glatt ausgedrehte Rille.

Der Durchmesser für ein Seil von der Stärke d beträgt in der Regel $6-7\,d$ für schwache Seile von 10 mm, $6-12\,d$ für mittlere Seile von 25 mm, $10-15\,d$ für starke Seile von 38 mm. Die Rollen sitzen meist lose auf Bolzen, die nach Art der Gabelzapfen zu berechnen sind, mit 25—60 kg/qcm Flächendruck je nach der Häufigkeit oder der Dauer der Beanspruchung. Baurollen mit schmiedeisernem Bügel und Haken nach Figur kosten 3—4 ℳ für 10-mm-Seil, 5—10 ℳ für 25-mm-Seil und 15—20 ℳ für 38-mm-Seil. *Lindner.*

Hanfseilscheiben für Treibseile enthalten im Kranze die erforderliche Anzahl von keilförmigen, glatt ausgedrehten Rillen (Fig. 1).

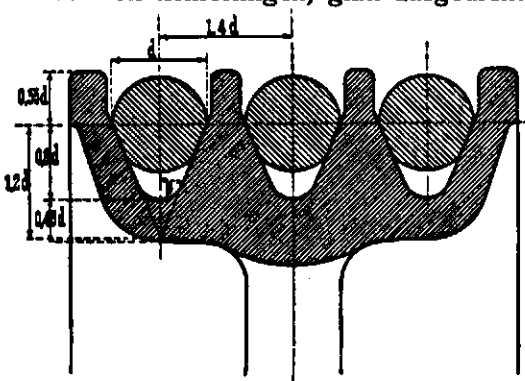


Fig. 1.

Der halbe Keilwinkel der Rille beträgt $\operatorname{tg}\beta = {}^1/_2\,d : 1{,}2\,d = 0{,}416$ und der ganze Rillenwinkel $2\beta = 45°$. Leitrollen erhalten eine runde, dem Seildurchmesser d reichlich angepaßte Rille. Für Quadratseile gibt man auch Rillen von 75° und an Leitrollen von 80°. Den Durchmesser D der Scheiben nimmt man $40\,d$ bis $50\,d$, mindestens aber $30\,d$. Schmale Scheiben mit weniger als 5—6 Rillen erhalten elliptische Arme, breitere Scheiben runde hohle Arme und Scheiben mit über 7—10 Rillen zwei Armsysteme mit elliptischen Armen. Ueber ihre Berechnung s. Radarme. Die Gußform einer geteilten, aufzusprengenden Scheibe von 1400 mm Durchmesser verdeutlicht Fig. 2, in der die Ziffern die Arbeitsfolge angeben: Auf horizontal geebnetem Grunde 1 wird ein gußeiserner Ring mit vier Lappen zwischen Pfählen zentriert. Darauf ruht die äußere Form 2, die mit Schablone in Lehm ausgedreht und danach mit dem Ringe zum Trocknen ausgehoben wird. Eine Sandform (links gezeichnet) 3, die bis zur Mittelebene der Seilscheibe nach Maßgabe der

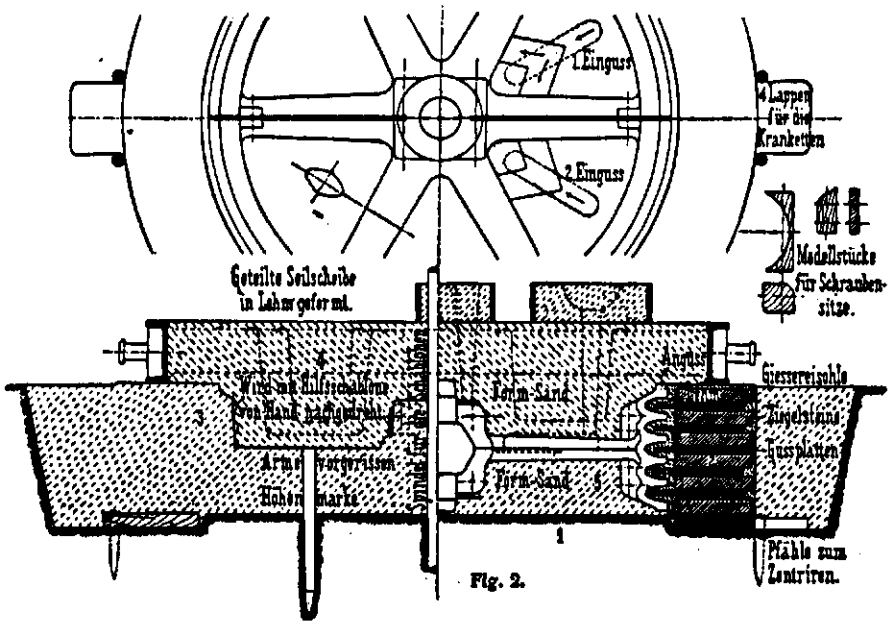


Fig. 2.

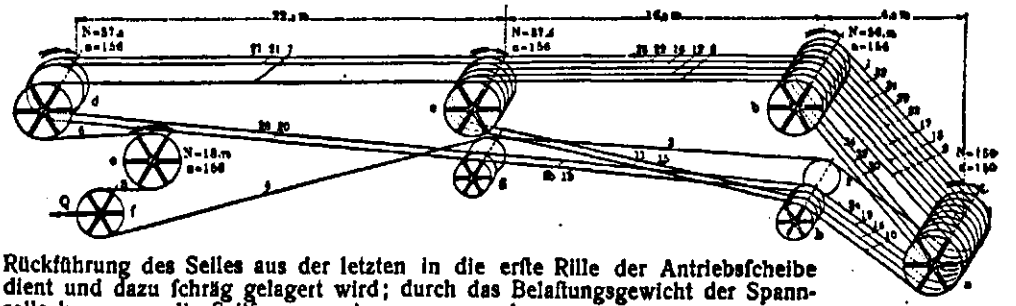
Höhenmarke hergeſtellt wird, dient als Modell für die im Oberkaſten hängende Form 4. An dieſer werden nach dem Ausheben die inneren Wulſtringe des Kranzes mit Hilfsſchablone von Hand ausgeſchabt. Von der Sandmaſſe 3 bleibt nur der Teil 5 (rechts gezeichnet) ſtehen. Die Lage der Arme wird in die Oberfläche der Form 3 eingezeichnet und ſomit auf 4 übertragen. Mit Linealen und Schablonen werden die Formen der Arme ausgearbeitet (ſ. Riemſcheiben). Die Nabe wird mit Schablone aus 3 herausgedreht und unter Einpaſſen der Modellſtücke für die Schraubenſitze fertig ausgebildet, während ſie in dem Oberkaſten nach der Form 3 entſteht. Die ganze Gußform wird (nach dem erforderlichen Putzen, Trocknen und Schwärzen), wie rechts gezeichnet, zuſammengeſtellt. Der Guß erfolgt gleichzeitig aus zwei Pfannen in beide Hälften, wie der Grundriß zeigt. Der horizontale Kanal des Einguſſes liegt abgeſetzt teils im Ober-, teils im Unterkaſten, um Schlacke und Schaum noch unmittelbar vor der Form abzufangen.

Das Gewicht einer fertigen ungeteilten Seilſcheibe von D m Durchmeſſer für d mm Seilſtärke mit i Rillen beträgt $(1{,}6 \sim 2{,}4)\,(D-0{,}4)\,d\,(i+1)$ kg; der Preis $D\,d\,(i+1)$ ℳ, z. B. 1000 kg zu 600 ℳ für $D=2{,}4$; $d=50$ und $i=4$. Scheiben über 2,8 m Durchmeſſer werden in Rückſicht auf den Transport geteilt, mitunter auch die kleineren, und koſten dann 20—10% mehr bei 15—10% Mehrgewicht. Seilſcheiben mit ſchwerem Kranz, als Schwungräder (ſ. Bd. 2, S. 599, Fig. 1 und 3), koſten für je 100 kg Mehrgewicht ca. 20 ℳ mehr als gleich große gewöhnliche Seilſcheiben. *Lindner.*

Hanffeiltrieb wird an Stelle des Riementriebes benutzt: bei großen Kräften, z. B. bei Hauptantrieben von über 200—300 PS., ferner bei Verteilung der Kraft auf mehrere Wellenſtränge, insbeſondere auf die Wellen verſchiedener Stockwerke; bei Uebertragungen im Freien (mittels geteerter Manilahanfſeile). Gegenüber dem Drahtſeiltrieb beſchränkt ſich der Hanffeiltrieb auf geringere Uebertragungsweiten. Er iſt für 5—25 m Wellenabſtand anwendbar. Nach der Uebertragungskraft richtet ſich die Anzahl der Seile, die nebeneinander in einzelnen Rillen über die Scheiben laufen.

Auch gekreuzte Seiltriebe laſſen ſich anwenden, erfordern aber Scheiben mit beſonderer Teilung der Breite nach, weil bei mehreren Seilen je zwei ſtraffe und zwei loſe Stränge abwechſelnd nebeneinander laufen. Auch Wellenſtränge, die im Winkel zueinander liegen, laſſen ſich mit Seilen unter Benutzung von Leitrollen betreiben. Wenn ein Seil in verſchiedenen Richtungen über die Scheiben gebogen wird, iſt es weniger dauerhaft als bei nur einſeitiger Biegung. Zur guten Erhaltung der Hanfſeile trägt das wiederholte Einfetten weſentlich bei.

An Stelle der vielen für die Scheibenentfernung abgepaßten und je in ſich geſchloſſenen Seile hat Reuleaux den Kreisſeiltrieb empfohlen. Er ſchlug vor, ein endloſes Drahtſeil über eine Spannrolle und nacheinander über alle anzutreibenden Scheiben mit je halber Umſpannung (unter Benutzung von Leitrollen) zu führen, ſo daß es zuletzt die ganze Kraft der Anlage aufnimmt, indem es zur Treibſcheibe zurückkehrt. In geänderter Art führt man den Kreisſeiltrieb mit Hanfſeil auf mehrrilligen Scheiben aus. Bei dieſer Anordnung läuft ein einziges Seil über ſämtliche Scheiben bezw. Rillen, indem es möglichſt jedesmal aus der Rille einer anzutreibenden Scheibe auf die treibende Scheibe zurückkehrt und zwar in die nächſte Rille derſelben übergeht, ſo daß es die Zugkräfte immer einzeln aufnimmt und abgibt. Die Streckung des Kreisſeiles bis zu 5% ſeiner Länge, bei Trieben im Freien bis 7%, wird dadurch unſchädlich gemacht, daß ein loſes Trum über eine verſchiebbare Spannrolle geleitet wird, die auch zur



Rückführung des Seiles aus der letzten in die erſte Rille der Antriebsſcheibe dient und dazu ſchräg gelagert wird; durch das Belaſtungsgewicht der Spannrolle kann man die Seilſpannung im ganzen regeln.

Beiſpiel: Kreisſeiltrieb von der Berlin-Anhaltiſchen Maſchinenbau-A.-G. für die Ausſtellung in Chicago 1893 (ſ. die Figur): Antriebsſcheibe *a* (rechts unten); anzutreibende Wellen *b*, *c*, *d*, *e*, letztere in andrer Drehrichtung laufend; Leitrollen ſind die vielen, nicht auf den halben Umfang umſchlungenen Scheiben bei *b*, *c*, auch die vorderſte Scheibe bei *d*, ferner die Scheiben bei *g* und *h*. Die ſchräge Rückführung aus der Ebene der hinterſten Rille von *a* in die vorderſte erfolgt durch die Spannrolle *f* (links unten). An dem Spannwagen wirkt ein Seil mit dem Gewicht *Q*.

Im Einzeltrieb iſt jedes Seil mit ſeinen Enden zu verſpleißen, wobei man es um 5% ſeiner Länge zu kurz macht, damit es nach der unvermeidlichen Streckung in der erſten Betriebszeit nicht alsbald zu ſchlaff wird. Hierin liegt der Nachteil, daß für jedes Seil 3—5 m Seillänge zur Seilverſpleißung (ſ. d.) zuzugeben iſt, dazu eine Arbeit von 2—3 Stunden durch einen Monteur verrichtet werden muß, daß die Lager anfänglich ſehr ſtark beanſprucht werden, und daß ſchließlich die Seile nicht gleichmäßig ſtraff bleiben. Der Kreisſeiltrieb hat den Nachteil, daß bei einem Seilbruch der ganze Betrieb ſtillſteht.

v. Bach nennt den Einzelfeiltrieb, fofern er ohne Spannrolle arbeitet, „Seiltrieb mit Dehnungsfpannung“ und den Kreisfeiltrieb „Seiltrieb mit Belaftungsfpannung“. Manche Seile, nämlich die mit ftarker Verdrehung der Enden zufammengefpleißten Seile, drehen fich beftändig im Betriebe, während andre fich ftets gleichlaufend in die Rillen legen, indem fie fich trapezähnlich abflachen und daher etwas tiefer in den Rillen beider Scheiben liegen als die rund bleibenden Seile. Beide Arten können nebeneinander laufen. Wahrfcheinlich nutzen fich die rollenden Seile infolge der fortwährenden Aenderung ihrer Biegungsebene und wegen der inneren und äußeren Reibung fchneller ab. In einzelnen Fällen hält ein Seil nur 1 Jahr, in andern 8 Jahre.

Zur Berechnung eines Hanffeiltriebes nimmt man die Seilftärke d zu 45 oder 50 mm für Hauptantriebe an, fonft auch 25—55 mm. Die Scheibendurchmeffer, die größer als $30\,d$, womöglich größer als $40—50\,d$ fein follen, find unter Rückficht auf die Umlaufzahlen der Wellen fo zu beftimmen, daß die Seilgefchwindigkeit v auf 10—25 m/sec, am beften 15—20 m/sec kommt. Wie bei dem Riemen- und Drahtfeilbetrieb kann man auch hier annehmen, daß die Kraft T im ftraffen Trum doppelt fo groß als die zu übertragende Umfangskraft ift, $T = 2P = 2 \cdot 75\,N/v$. Für die Kraft T hat man $s = 10—15$ kg/qcm als zuläffige Zugfpannung für den Seilquerfchnitt von $\pi d^2/4$ qcm zu rechnen. Die erforderliche Anzahl z der Seile ergibt fich hiermit aus $z\,s\,\pi d^2/4 = 2P$ oder $P = (4 \text{ bis } 6)\,d^2 z$. Bei Einzelfeiltrieben empfiehlt es fich, in jedem Falle ein Seil zu der berechneten Zahl z zuzugeben. Für ein einzelnes Seil gelten beifpielsweife folgende Werte:

Seildurchmeffer	$d =$	25	30	35	40	45	50	55	60 mm
Seilquerfchnitt	$\pi d^2/4 =$	4,9	7,1	9,6	12,6	15,9	19,6	23,8	28,3 qcm
Uebertragene Umfangskraft .	$P =$	25	35	50	75	100	125	160	200 kg
Wenn z. B.									
der Scheibendurchmeffer . .	$D =$	0,75	1	1,25	1,5	1,8	2,1	2,5	3,0 m
und die Umlaufzahl	$n =$	250	230	215	200	190	180	170	150 p. Min.
fo ift									
die Seilgefchwindigkeit. . .	$v =$	10	12	14	16	18	20	22	24 m/sec
und die Leiftung	$N =$	3	6	10	16	24	33	45	60 PS.

Lindner.

Hanffeiltrommeln wickeln das mit dem Ende befeftigte Seil in ein- oder mehrfachen Lagen auf (Fig. 1) oder ziehen durch die Reibung der Umfchlingung das Seil an, während das Ende gleichzeitig abläuft (Fig. 2).

Windentrommeln erhalten glatten Umfang, auf den fich das Hanffeil in dichten Lagen aufwickelt, wenn die Ablenkung zur Seite nicht größer als der Steigungswinkel der Schraubenlinie ift. Das Seilende wird an einem eingegoffenen oder angefchraubten Bügel feftgefchlungen und ftets mit einigen Windungen auf der Trommel behalten (Fig. 1). Für Q t Seilzug erhält das Hanffeil $d = 3{,}6\sqrt{Q}$ cm Stärke und die Trommel $D = d + 10$ cm Durchmeffer, fo daß der Lafthebelarm für die erfte Wicklung $d + 5$ cm, für die zweite $2d + 5$ cm zu rechnen ift. Die Wandftärke mag 10—15 mm betragen. Die Länge der Trommel wird $3D$ bis $4D$ genommen. Die Bordränder erhalten $4d$ bis $2d$ Höhe, fo daß der Außendurchmeffer $2{,}2D$ erreicht.

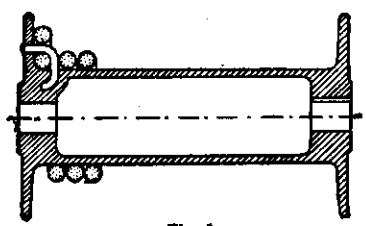


Fig. 1.

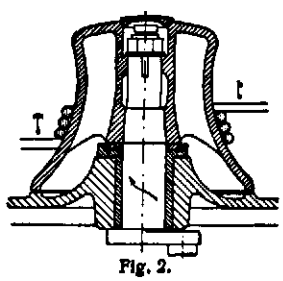


Fig. 2.

Bei den fogenannten Friktionswinden liegen zwei gleiche Trommeln mit eingedrehten flachen Rillen fo nebeneinander, daß das Seil beide je mit $^1/_8$facher Umfaffung 5—8mal umfchlingt wie bei den Kettentrommeln der Kettenfchleppfchiffahrt (f. d.).

An Spillwinden mit ftehender Trommel (Fig. 2) bewirkt ein von Hand auszuübender Zug t am ablaufenden Ende, vermöge der Reibung am Trommelumfang, im auflaufenden Trum den Seilzug $T = t \cdot e^{\mu\alpha}$. Bequemer rechnet man das Umfetzungsverhältnis $T/t = k^u$, für $u$fache Umfchlingung, indem man $\alpha = 2\pi u$ fetzt und $k = e^{2\pi\mu} = 535{,}5^{\mu}$; dabei hat man für die Reibziffer:

$\mu =$	0,10	0,17	0,22	0,26	0,31	0,37	0,43	0,48
$k =$	2	3	4	5	7	10	15	20

Zum Beifpiel ift für $\mu = 0{,}26$, alfo $k = 5$, bei $u = 3$facher Umfchlingung $T/t = 5^3 = 125$, fo daß mit $t = 8$ kg der Seilzug $T = 1000$ kg erzielt wird. *Lindner.*

Hanffpinnerei. Die Befchaffenheit der Hanffafer ift jener der Flachsfafer fo naheftehend, daß die Behandlung und Verarbeitung derfelben naturgemäß auch eine ähnliche fein muß. Ebenfo ift die Hanfröfte jener des Flachfes entfprechend. Die Brecherei wird auf diefelbe Art, aber mehr mit Handbrechen ausgeführt, da der Hanfbau und die Verarbeitung des Hanfes noch mehr in Händen bäuerlicher Produzenten liegt. Große Hanfproduzenten und -fpinner benutzen die mafchinellen Einrichtungen, die unter Flachs angeführt find. Das Schwingen des Hanfes unterbleibt vielfach. Dagegen tritt bei der Hanfbearbeitung eine andre Mafchine in Verwendung, die Hanfreibe oder Reibmühle zum Erweichen des Hanfes.

Es ist dies ein ca. 3 m Durchmesser haltendes, trommelartiges Podium, dessen Oberfläche oder Bett aus hartem Holzpflaster besteht. In der Mitte desselben befindet sich eine drehbare Säule oder aufrecht stehende Welle, welche wie zwei Arme oder wie ein Kreuz eine Querwelle hat, auf welcher sich zwei Konuseisen oder -steine, auch Birnen genannt, befinden; diese sind 1000—1500 kg schwer und lagern auf dem Bette des Podiums. Die Säule resp. Welle wird durch Zahnradgetriebe in Bewegung gesetzt und drehen sich mit ihr die Querwelle oder Arme und somit die darauf angebrachten Kegel um sich selbst und beschreiben einen Kreis auf dem Podiumbette. Auf diesem Bette wird die Hanffaser aufgelegt und so von den zirkulierenden Birnen gedrückt und erweicht.

Das Hecheln des Hanfes geschieht wie bei dem Flachs auf Hand- und Maschinenhecheln. Es entsteht also auch hier Hechelhanf und Hanfwerg; die Hanfspinnerei scheidet sich demgemäß — analog der Flachsspinnerei — in das Verspinnen von Hechelhanf und in das Verspinnen von Hanfwerg. Der Hechelhanf wird verwendet zu Gespinsten, Bindfaden, Seilen, Tauen; das beim Hecheln abfallende Hanfwerg (Hanfhede) liefert das Material zu Gurten, Bindfaden und Stricken, das feinere auch zu ordinärem Garn. Gegenwärtig wird in Europa der meiste Hanf in Rußland erzeugt; er ist grob und stark; feiner sind die in Süddeutschland gewonnenen Hanfsorten, noch besser die italienischen. 100 kg gerotteter und getrockneter Stengel geben gewöhnlich nahe an 30 kg geschwungenen Hanf, was 9—12% vom Gewichte der grünen Stengel ausmacht. — Aus 100 kg gebrochenem und geschwungenem Hanf erhält man beim Hecheln 44—68 kg reinen Spinnhanf, 1—6 kg unbrauchbaren Abfall an feiner Schäbe und Staub, das übrige als Werg.

Die Verarbeitung des Hanfes zu Bindfaden [1]. Die Länge des Reinhanfes beträgt 1—1,75 m, er wird deshalb auf Schneidmaschinen in 2—5 gleichlange Teile zerrissen (gestoßen). Die Wurzelenden, die Spitz- oder Kopfenden und die Mittelstücke werden gesondert verarbeitet, die ersteren zu gröberen, die letzteren zu feineren Garnnummern. Nach dem Schneiden folgt wiederholtes Hecheln jeder Sorte für sich allein, die dann wieder nach Feinheit, Weichheit, Farbe geschieden und in verschiedenen Nummern ausgelegt werden. Die weitere Verarbeitung des geschnittenen und gehechelten Hanfes gleicht der des Flachses; die Maschinen sind nur entsprechend kräftiger gebaut. Die Trockenspinnerei wird in der Regel bis Garn Nr. 16 angewendet; feinere Garne spinnt man meist naß. Die Trockenspinnstühle werden häufig so gebaut, daß die Verzuglänge (Streckweite) so weit geändert werden kann, daß sie auch zum Spinnen der Hanfhede verwendbar werden.

Die Verarbeitung der Hanfheden ist die folgende: Die Streppatura (lange italienische Hanfhede) wird zunächst auf einem Reißwolfe (teazer) zu kurzer Hede zerrissen und dann mit andrer kurzer Hechelhede zur Erzeugung der feineren Garne benutzt. Andre Hanfheden für die gröberen Garne werden nicht weiter zubereitet. — Die Heden werden vorerst sehr dick einer Vorkrempel vorgelegt, deren Bänder zu Wickeln auf Wickelmaschinen vereinigt oder in Kannen aufgefangen werden, dann folgt eine immer mit Streckkopf versehene Feinkrempel. Statt der bei der Flachsspinnerei üblichen Anordnung der Walzen rund um die große Trommel herum (sogenannte Zirkularkrempel) benutzt man in der Hanfhedespinnerei jetzt meist nur Krempeln, bei welchen die Bearbeitung nur auf dem unteren Teile (für gröbere Garne) oder nur auf dem oberen Teile (für feinere Garne) stattfindet (Halbzirkularkrempeln). Nach dem Krempeln folgen meist drei Streckmaschinen und die Vorspinnmaschine. Starke Garne, die zu Packstricken verarbeitet werden sollen, dreht man ohne weiteres auf der gewöhnlichen Vorspinnmaschine fertig, zu welchem Zwecke diese mit den genügenden Drehungswechselrädern versehen sein muß. Etwas feinere Garne, Nr. 1/8—2 (höchstens 3), spinnt man auf Spindelbankspinnmaschinen (regulating-spinnings) oder auf Hechelspinnmaschinen (gill-spinnings) mit lotrechten Spindeln. In diesen Fällen fehlt dann im Satze die Vorspinnmaschine. Feinere Garne (etwa von Nr. 3 an) werden aus entsprechendem Vorgarn entweder trocken, halbnaß oder — dies geschieht aber selten — heißnaß versponnen.

Zur Verwertung der Abfälle läßt man diese über einen Wergöffner oder Schüttelmaschine gehen, welche die gereinigten Abfälle in Form eines breiten Vließes abliefern. Diese Abfälle können entweder ohne weiteres als Putz- oder Polstergut oder zunächst mit etwas längerer, aber billigerer Hanfhede vermischt und einer Vorkrempel vorgelegt werden. Diese Bänder wickelt man auf Wickelmaschinen (lap-machine) zusammen und hat dann eine Watte, die mitunter von Bahnverwaltungen zum Polstern der Eisenbahnwagen benutzt wird. Maschinen für Hanfbearbeitung liefern Fairbairn, Naylor, Macpherson in Leeds, Lawson & Sons in Leeds, Combe, Barbour & Combe in Belfast; in neuerer Zeit hat in Deutschland die Firma Oscar Schimmel & Co. in Chemnitz i. S. den Bau von Spinnereimaschinen auch für Flachs, Hanf und Jute in dankenswerter Weise aufgenommen.

Literatur: [1] Pfuhl, Bindfadenfabrikation, Rigaer Ind.-Ztg. 1885, Nr. 1—5; 1889, Nr. 1; Derf., Die Jute, Berlin 1888, 1. Teil, S. 302. *B. Müller-Dresden.*

Hang, in der Topographie, s. Berg.

Hangbau, s. Bewässerungssysteme, Bd. 1, S. 759.

Hangendes, s. Erzlagerstätten.

Hanger gehören zum stehenden Gut der Takelage eines Schiffes.

Jeder Mast trägt ein oder zwei Hanger; jeder besteht aus einem kurzen Ende Stahldrahttau, das mit eingespließtem oder eingebundenem Auge über den Top des Mastes oder der Stenge gestreift ist und in dessen Tampen Augen eingespließt sind zum Anschäkeln von Taljen u. s. w. Die Hanger der Raaen dienen zum Aufhängen der Unterraaen an den Masttop oder der Sahling; sie bestehen aus der Hangerkette und dem um die Mitte der Raa gelegten Hangerstropp, die durch einen Schlippschäkel verbunden sind. *T. Schwarz.*

Hangtafeln, -wäfferung (Hangbau), f. Bewäfferungsfyfteme, Bd. 1, S. 759.

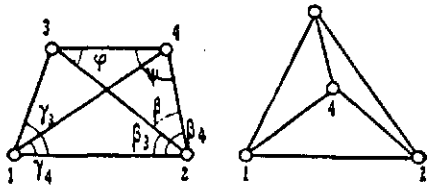
Hanfelbank (Schneidbank), f. Böttcherei.

Hanfens Aufgabe, die Aufgabe der unzugänglichen Entfernung oder der zwei unzugänglichen Punkte oder der zwei Punktpaare genannt, behandelt die Beftimmung der gegenfeitigen Lage von vier Punkten, wenn auf zwei Punkten die Richtungen (Winkel) nach den zwei andern Punkten gemeffen und für die erfteren oder die letzteren die Entfernung oder die Koordinaten bekannt find.

Wenn z. B. in der Figur irgendeine der Seiten (etwa $1—2=s$) und an ihren Endpunkten in 1 und 2 die Winkel nach 3 und 4 ($\beta, \beta_3, \beta_4, \gamma_3, \gamma_4$) gemeffen find, fo können alle übrigen Stücke der Figur berechnet werden. Es ift

$$3—4=s\cdot\frac{\sin\beta}{\sin\varphi}\cdot\frac{\sin\gamma_4}{\sin(\beta_4+\gamma_4)}=s\cdot\frac{\sin\beta}{\sin\psi}\cdot\frac{\sin\gamma_3}{\sin(\beta_3+\gamma_3)},$$

worin φ und ψ beftimmt werden aus $\frac{1}{2}(\varphi+\psi)=90^0-\frac{1}{2}\beta$, und $\operatorname{tg}\frac{1}{2}(\varphi-\psi)=\operatorname{cotg}(45^0+\mu)\operatorname{tg}\frac{1}{2}(\varphi+\psi)$ und der Hilfswinkel μ aus $\operatorname{tg}\mu=\frac{\sin\psi}{\sin\varphi}=\frac{\sin\gamma_3}{\sin\gamma_4}\frac{\sin(\beta_4+\gamma_4)}{\sin(\beta_3+\gamma_3)}$. In diefem Fall nennt man $1—2=s$ die Standlinie und 3—4 die unzugängliche Entfernung. Sind z. B. die Punkte 3, 4 durch ihre Koordinaten (und damit ihre Entfernung) gegeben, fo können durch die auf 1 und 2 gemeffenen Winkel auf dem gleichen Wege die Koordinaten diefer Punkte berechnet werden. Bei der Löfung der Aufgabe kommen je nach der Lage der gegebenen Stücke verfchiedene Fälle in Betracht. Näheres hierüber fowie über zweckmäßige Anordnung der Zahlenrechnung f. [1]—[3].



Die Aufgabe ift nach Hanfen wegen der in [4] gegebenen Löfung benannt, obwohl diefelbe fchon vorher lange bekannt und mehrfach gelöft war, fo z. B. fchon 1790 von van Swinden [5] und manchen andern [6], [7]. — Die Aufgabe findet Anwendung bei der trigonometrifchen Punktbeftimmung, und zwar zur Ableitung der Koordinaten von zwei Punkten durch Winkelmeffung auf diefen Punkten nach zwei durch Koordinaten gegebenen Punkten, und bei der Beftimmung der fogenannten „unzugänglichen" Entfernung, befonders beim Zentrieren von trigonometrifchen Nebenpunkten; vgl. [8].

Literatur: [1] Die beim Art. Geodäfie genannten Lehrbücher, befonders Jordan, Handbuch der Vermeffungskunde, Bd. 2; Bauernfeind, Elemente der Vermeffungskunde, Bd. 2, Vogler, Lehrbuch der praktifchen Geometrie, Bd. 1; Bohn, Die Landmeffung, und [2] Gauß, F. G., Die trigonom. und polygonom. Rechnungen der Feldmeßkunft, Berlin 1893. — [3] Hammer, Lehrbuch der ebenen und fphärifchen Trigonometrie, Stuttgart 1897. — [4] Aftronom. Nachr., Nr. 419 (Bd. 18), S. 165. — [5] van Swinden, J. H., Grondbeginsels der Meetkunde, Amfterdam 1790, S. 357, over een tweede belangrijk Geval in de Praktijk. — [6] Meinert, Anfangsgründe der Feldmeßkunft, Halle 1794, S. 204. — [7] Aftronom. Nachr., Bd. 3, Nr. 62 (Jahrg. 1825), S. 233, Löfung von Gerling; ebend. Bd. 7, Nr. 157 (Jahrg. 1829), S. 239, Löfung von Hartmann. — [8] Anw. 9 für die trigonom. und polygonom. Arbeiten u. f. w., Berlin 1893. *Reinhertz.*

Haplophyr, f. Granit.

Happenbrett, f. Herdarbeit.

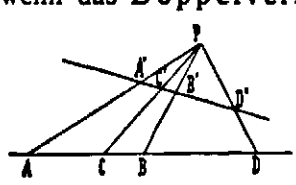
Hardy-Bremfe, f. Bremfen, Bd. 2, S. 266.

Harem (arabifch), f. v. w. das Verfchloffene, bezieht fich namentlich auf die jedem fremden Manne verfchloffene Frauenwohnung eines mohammedanifchen Wohnhaufes.

Aeußerlich kennzeichnet fich diefer Teil des Haufes fchon durch die Fenfter, die durch ein feines, aber dichtes Holzgitter ausgefüllt erfcheinen, infofern die Fenfter überhaupt auf die Straße gehen. Bei armen Mohammedanern befteht der Harem bloß aus einem Raum, während er fich bei reichen aus vielen Gelaffen zufammenfetzt. Der Hauptraum ift ringsum von teppichbehängten Sitzplätzen umgeben, die tags zum Sitzen, nachts aber zum Schlafen benutzt werden. Im übrigen ift die Einrichtung des Harems in den einzelnen Ländern fehr verfchieden. *Weinbrenner.*

Harfe, f. Fadenplanimeter.

Harmonifch heißen vier Punkte $ABCD$ auf einer Geraden (f. die Figur), wenn das Doppelverhältnis (f. d.) derfelben den Wert -1 hat.



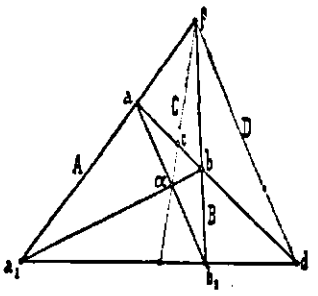
Dann befteht die Beziehung $AB\cdot BD=AD\cdot BC$. Der Punkt C teilt die Strecke AB innerlich in demfelben Verhältnis wie äußerlich der Punkt D (oder umgekehrt). A, B und C, D heißen je zwei zugeordnete Punkte; diefelben trennen fich gegenfeitig. Man kann zwei zugeordnete Punkte vertaufchen, ohne daß das Doppelverhältnis feinen Wert -1 verändert. Vier Strahlen PA, PB, PC, PD, welche die vier Punkte aus einem Punkt projizieren, heißen ebenfalls harmonifch; ihr Doppelfinusverhältnis $\frac{\sin APC}{\sin BPC}:\frac{\sin APD}{\sin BPD}$ hat den Wert -1. Die vier harmonifchen Strahlen werden wieder von jeder Geraden in vier harmonifchen Punkten $A'B'C'D'$ gefchnitten u. f. w. Auch bei andern

geometriſchen Gebilden kommt die harmoniſche Lage vor, z. B. bei vier Punkten eines Kegelſchnitts, bei vier Ebenen u. ſ. w. Aequianharmoniſch heißen vier Punkte, deren Doppelverhältnis α eine imaginäre dritte Wurzel aus -1 iſt, ſo daß $\alpha^3 - \alpha + 1 = 0$. *Wölffing.*

Harmoniſches Mittel mehrerer Größen heißt die Größe, deren reziproker Wert das arithmetiſche Mittel aus den reziproken Werten der gegebenen Größen iſt. So iſt $\frac{2ab}{a+b}$ das harmoniſche Mittel aus a und b, $\frac{3abc}{bc+ca+ab}$ dasjenige aus a, b und c u. ſ. w. S. a. Mittel. *Mehmke.*

Harmoniſche Strahlen, ſ. Harmoniſch.

Harmoniſche Teilung. Am vollſtändigen Viereck tritt die harmoniſche Teilung (ſ. Harmoniſch) in mannigfaltiger Weiſe hervor. So bilden ſtets zwei Ecken, z. B. a und b, mit den auf ihrer Verbindungslinie liegenden Durchſchnittspunkten c und d vier harmoniſche Punkte. Aus dieſer Eigenſchaft folgt eine einfache lineare Konſtruktion des vierten harmoniſchen Punktes d zu drei gegebenen Punkten a, b und c.



Man zieht durch c eine beliebige Gerade, wählt auf ihr die Punkte α und β willkürlich und verbindet βa, βb und αa, αb. Die Schnittpunkte a_1 und b_1 von αb, βa bezw. αa, βb liefern die Gerade $a_1 b_1$, welche auf der verlängerten Linie ab den zu drei Punkten a, b, c gehörigen vierten harmoniſchen Punkt d ausſchneidet. Zwei Punkte, wie a und b bezw. c und d, welche je die durch die beiden andern Punkte begrenzte Strecke im gleichen Verhältnis teilen, heißen ein konjugiertes Punktpaar. — Die harmoniſche Teilung geht durch Projektion nicht verloren, d. h. vier harmoniſche Punkte auf eine Gerade oder Ebene projiziert, geben wieder vier harmoniſche Punkte. *Vonderlinn.*

Harmotom, ſ. Zeolithe.

Harn (Urin), das durch die Nieren ausgeſchiedene Exkretionsprodukt des tieriſchen Organismus, enthält 90—95 % Waſſer, in welchem organiſche und unorganiſche Stoffe in ſehr wechſelnden Mengen enthalten ſind.

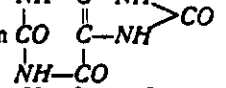
Von erſteren wiegen die ſtickſtoffhaltigen Körper, wie Harnſtoff, vor. In dem Harn der Fleiſchfreſſer findet ſich außerdem Harnſäure, während dem Harn der Pflanzenfreſſer etwas Hippurſäure eigenartig iſt. Von anorganiſchen Stoffen enthält der Harn der Pflanzenfreſſer hauptſächlich kohlenſaure Salze und Kochſalz. Auffallend iſt das gänzliche Fehlen der Phosphorſäure im Harn der Pflanzenfreſſer. Bei normaler Ernährung ſcheiden täglich ein Pferd 9—12 kg, ein Rind 7—9 kg, ein Schwein 3—4 kg aus, die als wichtiges Düngemittel benutzt werden. Auch als Zuſatz zu Indigoküpen, bei der Tuchwalkerei, Orſeillefabrikation u. ſ. w. wird Harn techniſch benutzt. — Vgl. a. Harnſäure und Harnſtoff.

Literatur: Neubauer und Vogel, Anleitung zur quantitativen und qualitativen Analyſe des Harns, 8. Aufl., Wiesbaden 1885, 10. Aufl. von Huppert, 1898; Späth, Die chemiſche und mikroſkopiſche Unterſuchung des Harns, Berlin 1903.

Harniſch, in der Lagerſtättenkunde, ſ. Gang; Harniſch des Webſtuhles, ſ. Weberei.

Harnſäure, eine organiſche Säure der Zuſammenſetzung $C_5H_4N_4O_3$, welche ſich in den Harnſteinen, im Muskelſaft, Blut und Harn der Fleiſchfreſſer, in den Exkrementen der Vögel und namentlich der Schlangen findet.

Wenn Harn an der Luft ſteht, ſcheidet ſich Harnſäure ab; in krankhaften Zuſtänden geſchieht dies auch im Organismus und gibt Veranlaſſung zur Bildung von Harnſteinen und Gelenkverdickungen. Die Harnſäure iſt daher von hohem phyſiologiſchen Intereſſe. Sie iſt als ein Abkömmling des Harnſtoffes (ſ. d.) aufzufaſſen und ihre Konſtitution



mit Sicherheit ſowohl durch Abbau wie durch Syntheſe feſtgeſtellt. Die Harnſäure iſt eine ſchwache zweibaſiſche Säure, geruch- und geſchmacklos und bildet ein ſandiges Pulver, welches aus kleinen Kriſtallen beſteht. Beim Erhitzen zerfällt ſie in Ammoniak, Kohlenſäure, Harnſtoff und Cyanurſäure. Dargeſtellt wird die Säure aus Guano oder aus Schlangenexkrementen. Sie iſt techniſch von keiner Bedeutung.

Literatur: Beilſtein, Handbuch der organiſchen Chemie, 3. Aufl., Hamburg u. Leipzig 1893, Bd. 1, S. 1332; Schmidt, Pharmaz. Chemie, organ. Teil, Braunſchweig 1903. *Bujard.*

Harnſtoff (Karbamid), das Amid der Kohlenſäure, beſitzt die Konſtitution $CO<^{NH_2}_{NH_2}$; eine Subſtanz von der größten phyſiologiſchen Bedeutung, da ſie — im tieriſchen Organismus durch Zerſetzung von Eiweißſtoffen gebildet — ſich im Harn namentlich der Säugetiere, in geringer Menge auch in dem der Vögel und Reptilien findet.

Ein erwachsener Mensch produziert bei gemischter Kost täglich etwa 30 g Harnstoff. Dieser ist von den stickstoffhaltigen Umwandlungsprodukten der Eiweißstoffe das überwiegende Hauptprodukt, seine zuverlässige Bestimmung unter den Stoffwechselprodukten überhaupt daher von großer Wichtigkeit. Der Harnstoff bildet lange rhombische Prismen oder Nadeln, welche bei 132—133° schmelzen, einen kühlenden, an Salpeter erinnernden Geschmack besitzen und in Wasser und Alkohol sehr leicht, in Aether fast unlöslich sind. Er bildet mit Säuren, Basen und Salzen krystallinische Verbindungen. Dargestellt wird er entweder aus dem durch Eindampfen konzentrierten Harn in Form feines Nitrats durch Versetzen mit Salpetersäure oder künstlich durch Eindampfen einer wässerigen Lösung von Ammoniumcyanat. Diese von Wöhler aufgefundene Reaktion, welche nichts andres als eine intramolekulare Atomverschiebung ist: $CO{-}NH{-}NH_3 \rightarrow CO{<}^{NH_2}_{NH_2}$ — war die erste künstliche Synthese einer organischen Substanz aus den Elementen und daher eine Entdeckung von weittragender Bedeutung, insofern sie bewies, daß organische Verbindungen wie die anorganischen aus den Elementen künstlich aufgebaut werden können und hierzu nicht der Hilfe einer besonderen Kraft, der Lebenskraft, bedürfen.

Literatur: Beilstein, Handbuch der organischen Chemie, Hamburg und Leipzig, 3. Aufl., 1893, Bd. 1, S. 1290. *Bujard.*

Harnzucker, s. Stärkezuckerfabrikation.

Harrasscher Kompressor, s. Luftkompressor.

Harrelpfosten, die als Wendesäule dienende Bohle bei den Bohlentoren der kleineren Siele.

Hartasphaltpflaster, gerieftes, s. Straßenbau.

Hartblei, s. Bleilegierungen.

Hartborsten, s. Härtborsten und Eisengießerei, Bd. 3, S. 355.

Hartbrandsteine, Back- oder Ziegelsteine, die schärfer als die gewöhnlichen Ziegel, jedoch noch nicht — wie die Klinker (s. d.) — bis zur Sinterung gebrannt sind. *Dümmler.*

Hartgranate, s. Munition.

Hartgummi, s. Kautschuk.

Hartguß, Eisenguß mit teilweise oder ganz gehärteter Außenfläche, dient meist zur Herstellung bestimmter Werkzeuge, Maschinenteile, von Geschossen, Hartwalzen, Weichenteilen u. s. w.; vgl. Eisengießerei, Gießerei, Härten.

Hartgußgranate, s. Munition (für Schiffsgeschütze).

Hartgußherzstück, s. Herzstück und Weichen.

Hartharze, durch Zusammenschmelzen von Kolophonium mit Calcium-, Magnesium-, Strontium-, Zinkoxyd hergestellte, in der Lackfabrikation an Stelle von Kopalen tretende Produkte. *Andés.*

Hartit, gelbes Erdharz (Retinit) von Oberhart bei Gloggnitz.

Hartmanganerz, s. v. w. Pilomelan (s. d.).

Hartmetall (Britanniametall), s. Antimonlegierungen und Zinnlegierungen.

Hartpech, mit einem Schmelzpunkt von 150—200° C., ist das am häufigsten angewendete Bindemittel bei der Herstellung der Steinkohlenbriketts (s. Brennstoffe, Bd. 2, S. 290, und Brikettieren).

Hartrouge, s. Polieren.

Hartsalz (Sylvinit), ein Gemenge von Steinsalz (30—40%) und Sylvin (20%), außerdem noch Kieserit (3—8%), Anhydrid und Chlorkalium, aber ohne Chlormagnesium, in der Carnallitregion von Staßfurt vorkommend und aus ihr entstanden. Zur Chlorkaliumdarstellung und gemahlen als Kalidünger benutzt. *Leppla.*

Hartsteingut, s. Tonwaren.

Hart- und Weichzerrenarbeit, besondere Arten des Feinens und Frischens von Roheisen im Frischherde.

Hartzink, s. Zinklegierungen.

Hartzinn (Britanniametall), s. Zinnlegierungen.

Harvey-Panzer, s. Schiffspanzer.

Harwoodsche Gegensprechschaltung, gebräuchlichste Schaltung für den Betrieb langer Unterseekabel; s. Telegraphie.

Harze, in der Technologie, Warenkunde und Pharmakognosie amorphe, in Wasser unlösliche Pflanzenstoffe, welche bei gewöhnlicher Temperatur entweder weich (Weichharze) sind oder erst beim Erwärmen erweichen (Hartharze), bei höherer Temperatur schmelzen, mit rußender Flamme (wegen des hohen

Kohlenſtoffgehaltes) brennen, in den ſogenannten Harzlöſern wie Alkohol, Aether, Chloroform, Benzol, Petroleumdeſtillaten, Schwefelkohlenſtoff, Aceton und ätheriſchen Oelen zumeiſt löslich, aber nicht unzerſetzt deſtillierbar ſind.

Durch natürliche Beimengungen andrer Pflanzenſtoffe erſcheinen viele Harze in verändertem Zuſtande, wonach in der Praxis folgende Gruppen unterſchieden worden ſind: 1. Gewöhnliche Harze; 2. Gummiharze (mit Gummi gemengt); 3. Balſame, das ſind entweder in ätheriſchen Oelen gelöſte Harze oder aber „Körper wie der Perubalſam, der in den äußeren Charakteren mit den harzführenden Balſamen übereinſtimmt, chemiſch genommen, jedoch nur arm an harzartigen Körpern, hingegen reich an einer flüſſigen neutralen Subſtanz iſt, die in naher Beziehung mit beſtimmten Harzen ſteht" (Wiesner). — Eine beſondere Gruppe bilden noch die foſſilen Harze wie der Bernſtein und der Aſphalt (ſ. d.). — Die phyſikaliſchen und naturhiſtoriſchen Eigenſchaften wie Farbe, Glanz, Durchſichtigkeit, Härte und Dichte ſowie der Geruch und Geſchmack geben zur Charakteriſierung der meiſten Harze die beſten Anhaltspunkte. Zur Erkennung von Verfälſchungen und zur Analyſe der Harzgemiſche hat man nebſt der Prüfung auf Löslichkeit in neuerer Zeit auch die für Fette gebräuchlichen Beſtimmungen der Säure-, Verſeifungs- und Jodzahlen (und die Differenz zwiſchen den Verſeifungs- und Säurezahlen als Aetherzahl) mit gutem Erfolg angewendet [1], [2].

Das Vorkommen der Harze in den Pflanzen iſt außerordentlich verbreitet; ſie ſind in den verſchiedenſten Familien, ſelbſt in den Pilzen, gefunden worden, zumeiſt als wahre Sekretionsprodukte in eignen Gängen (ſchizo-, lyſigene und ſchizolyſigene Harzgänge) oder auch nur in Zellen als Anteil der Zellwand oder des Zellinhaltes. Neueſten Unterſuchungen zufolge entſtehen ſie in der äußerſten Schichte der Zellwand (entſprechend der Außen- oder Mittellamelle), in der ſogenannten reſinogenen Schicht, die als die wahre Harzmatrix anzuſehen iſt (Tſchirch). Auch über ihre chemiſche Konſtitution ſind wir ſeit kurzem beſſer unterrichtet worden. Von Hlaſiwetz, der ihre Aufſchließung mittels Verſchmelzen von Kalihydrat bewerkſtelligte, wird die Anſchauung vertreten, daß ſie immer Oxydationsprodukte ſind, „Zwiſchenglieder einer durch den Vegetationsprozeß bedingten Zerſetzung hoch zuſammengeſetzter Verbindungen, deren ſich die Pflanze als nicht weiter verwendbarer Ausſcheidungen entledigt. Die Pflanzen produzieren dabei häufig nicht ſowohl Harze als vielmehr gewiſſe Verbindungen, welche weiterhin verharzen". Zum Teile ſtehen ſie in nächſter Beziehung zur aromatiſchen Reihe, einzelne ſchließen ſich den aliphatiſchen Verbindungen an.

Durch die umfaſſenden Arbeiten Tſchirchs und ſeiner Schüler [3] iſt die Zuſammenſetzung der Harze folgendermaßen aufgedeckt worden. Sie beſtehen aus drei Gruppen von Verbindungen: 1. aus Harzeſtern oder Reſinen; 2. aus Harzſäuren (Reſinolſäuren) und 3. aus Reſenen. Die Reſine laſſen ſich als Eſter in Säure und Alkohol ſpalten. Die Säuren ſchließen ſich teils der Benzoeſäure, teils der Zimtſäure an; die Alkohole enthalten nur eine *HO*-Gruppe und ſind entweder farblos und leicht kriſtalliſierbar (Reſinole), oder ſie geben die Gerbſtoffreaktion (Tannole, Reſinotannole). — Die zweite Verbindungsgruppe der Harze ſind die Reſinolſäuren, die frei in den Harzen vorkommen, ſtets eine *HO*- und mindeſtens eine Carboxyl-(*COOH*-)Gruppe enthalten. — Die geringſte Kenntnis beſitzen wir von den Reſenen, die vielleicht der aromatiſchen Reihe angehören und wegen ihrer überaus großen Widerſtandsfähigkeit gegen Agentien verſchiedenſter Art am meiſten an der praktiſchen Verwendbarkeit der Harze Anteil haben. Nach dieſen Gruppen unterſcheidet man nach Tſchirch Tannolharze, nach den ausſchlaggebenden Beſtandteilen, den Tannolen ſo genannt; die Reſenharze (Burseraceen- und Dipterocarpaceenharze), die Reſinolſäureharze (Koniferen-, Agaricum- und Cäsalpiniaceenharze), Fettharz, Farbharz (Gutti) und Glykoreſine (Convolvulaceenharze).

Die wichtigſten in der Technik verwendeten Harze (und Balſame) ſind: 1. Gummiharze: Ammoniakharz (Bd. 1, S. 176), Galbanum, Gummigutti (Bd. 3, S. 641), Myrrhe, Weihrauch. 2. Balſame: Kanadabalſam, Kopaivabalſam, Gurjunbalſam (S. 681), Perubalſam, Storax, Terpentin, Tolubalſam. 3. Eigentliche Harze: Aloeharz (Bd. 1, S. 153), Benzoe (Bd. 1, S. 687), Kopal, Dammarharz (Bd. 2, S. 535), Drachenblut (Bd. 3, S. 14), Elemi (Bd. 3, S. 429), Fichtenharz (S. 23) und Kolophonium, Guajakharz (S. 666), Gummilack und Schellack (S. 677), Maſtix, Sandarak, Akaroidharz (Bd. 1, S. 107).

Literatur: Außer den bei den einzelnen Artikeln angegebenen Werken und Originalarbeiten ſind noch anzuführen: [1] Schmidt, E., Ausführl. Lehrbuch der pharmaceut. Chemie, 3. Aufl., Braunſchweig 1896, Bd. 2, Kap. Harze. — [2] Kremel, in Dingl. Polyt. Journ. 1886, Bd. 261, S. 424. — [3] Tſchirch, in 68. Verſammlung Deutſcher Naturforſcher und Aerzte, Frankfurt 1896, Chem. Ztg. 1896, Nr. 79, S. 766; Derſ., Angewandte Pflanzenanatomie, Wien 1889, S. 216. — [4] Derſ., Die Harze und die Harzbehälter, Leipzig 1900. — [5] Dieterich, Karl, Analyſe der Harze, Balſame uud Gummiharze, nebſt ihrer Chemie und Pharmakognoſie, Berlin 1900. — [6] Wiesner, Rohſtoffe des Pflanzenreiches, 2. Aufl., Leipzig 1900, Bd. 1, S. 130 ff. (der chemiſche Teil von Max Bamberger).

T. F. Hanausek.

Harzgeiſt, ſ. Harzöle.

Harzkalk, durch Zuſammenſchmelzen von Kolophonium mit 2—10% zu Pulver gelöſchtem Kalk hergeſtelltes, in der Lackfabrikation verwendetes Produkt.

Es iſt in Spiritus und waſſerig-alkaliſchen Flüſſigkeiten unlöslich, liefert feſtere Lacke als gewöhnliches Kolophonium; damit gemachte Lackierungen gehen aber durch Waſſeraufnahme und Spaltung des Harzkalks in ſeine Komponenten ziemlich ſchnell zugrunde. *Andés.*

Harzkitt wird vielfach als waſſerbeſtändiger Kitt angewendet. Der ſogenannte Brunnenmacherkitt beſteht aus 1 Teil ſiedendem Teer mit 2 Teilen Ziegelmehl; Holzfugenkitt aus 2 Teilen Kolophonium und 1 Teil Ziegelmehl; Steinkitt

aus 2 Teilen Pech, 1 Teil Kolophonium, 1 Teil Mennige, 0,4 Teilen Ziegelmehl, alles in Gewichtsteilen verſtanden. Die Kitte vertragen keine Hitze. *Andés.*

Harzleim, auch vegetabiliſcher Leim, zum Leimen des Ganzzeugs verwendet, iſt ein Leim, welcher der Hauptſache nach aus Harz und harzſaurer Tonerde beſteht und durch einen chemiſchen Prozeß im Ganzzeug ſelbſt hergeſtellt wird; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Harzöle, Deſtillationsprodukte des Fichtenharzes.

Bei der trockenen Deſtillation dieſes Harzes geht zuerſt eine gelbe, leichtflüſſige Verbindung von ſtarkem angenehmen Geruch, die Harzeſſenz (Harzgeiſt, -ſpiritus, Pinolin) über, ſodann ein dickes weißes Oel mit bläulichem Schein, das dicke Harzöl, zuletzt ein dünneres, durchſichtiges gelbes, das dünne Harzöl. Man reinigt die rohen Deſtillationsprodukte durch Behandeln mit Schwefelſäure und Auswaſchen mit heißem Waſſer. Gereinigtes Harzöl mit 50% Waſſer, 10% calcinierter Soda und 10% gelöſchtem Kalk deſtilliert liefert ein hellgelbes Produkt, das rektifizierte Harzöl (Kodöl). — Die Harzöle werden in der Wagenfettfabrikation (engliſches Patentwagenfett), ſodann zur Darſtellung von Druckerſchwärze, Harzölfarben, zum Verfälſchen fetter Oele, Pinolin zu Firniſſen verwendet.

Literatur: Herzog, Geheimniſſe der Patentfette, Dresden 1861; Hoffmann, Fabrikation der Harzprodukte, Pancsova 1872. *Deite.*

Harzölfarben, gebrauchsfertige Anſtrichfarben in allen Tönen mit Ausnahme des reinen Weiß, als billiges Erſatzmittel für Oelfarben, aber Vergleich mit denſelben nicht aushaltend, weil ſie ſchwer trocknen, lange klebrig bleiben und ſehr ſchnell in der Luft zugrunde gehen. Sie beſtehen aus Harz, Harzeſſenz, Harzöl, Leinöl in Verbindung mit einem Trockenmittel, mit den Farbkörpern gerieben und können da Verwendung finden, wo bei nur geringen Koſten auf Dauerhaftigkeit des Anſtrichs kein Wert gelegt wird. *Andés.*

Harzſeife, ſ. Seife.

Harzſikkative, durch Zuſammenſchmelzen von Kolophonium und Blei- und Manganſauerſtoffverbindungen hergeſtellte, mehr oder weniger dunkel gefärbte, das Trocknen des Leinöls ſehr befördernde Produkte in feſter Form (Stücken).

Pulverige Sorten werden durch Fällen alkaliſcher Kolophoniumlöſungen mit Blei- und Manganſalzlöſungen hergeſtellt. Ihr Wert als Trockenmittel iſt einerſeits von ihrer leichten Löslichkeit in Leinöl und Terpentinöl, anderſeits und hauptſächlich aber davon abhängig, daß ſie nur an die genannten Metalloxyde gebundene, nicht aber freie Harzſäure (unverändertes Kolophonium) enthalten. *Andés.*

Haſel, ſ. Nutzhölzer.

Haſelgebirge, in den Oſtalpen, beſonders im Bereich der Salzlagerſtätten von Berchtesgaden-Hallein-Auſſee, die mit Steinſalz und Gips imprägnierten Tonſchichten, die der oberen alpinen Triasformation angehören. *Leppla.*

Haſelnußöl, hellgelbes, klares, nichttrocknendes, wohlſchmeckendes Oel aus dem Haſelnußſamen, findet hauptſächlich als Speiſeöl, auch als Verfälſchungsmittel des Mandelöles Verwendung. *Deite.*

Haſpe oder Fahrthaſpe, im Bergbau ſtarker eiſerner Nagel von beſonderer Form zur Befeſtigung der Fahrten an den Fahrtfröſchen (ſ. Fahren).

Haſpel, im Bergbau, auf Schiffen, bei Schleuſen u.ſ.w. verwendetes Hebezeug mit horizontaler Welle, mit welchem Laſten an einem Seil in die Höhe gewunden werden (ſ. Bremsbergförderung und Schachtförderung); bei den in der Müllerei üblichen Sicht- und Sortierzylindern die liegenden, umlaufenden Wellen ſamt den daran befeſtigten für die Aufnahme der Siebbeſpannung dienenden Geſtellen (ſ. a. Mehlfabrikation); ſ. v. w. Garnhaſpel, ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 619, und Garnprüfung.

Haſpelberg, ſ. Bremsbergförderung.

Haſpelförderung dient im Bergbau zum Aufwärtsfördern ſowohl in geneigten Strecken (ſ. Bremsbergförderung) als auch in Schächten (ſ. Schachtförderung). Der Haſpel wird bei kleinerer Arbeitsleiſtung durch Menſchenkraft, bei größerer maſchinell betrieben.

Haſpelhorn nennt der Bergmann die Kurbel am Haſpel (ſ. Bremsbergförderung).

Haſpelrad, an hoch aufgeſtellten Winden, überträgt den Zug von einer über das Rad gehängten endloſen Kette oder von einem Seil auf die Winde.

Die Kette erhält 7 mm Eiſenſtärke, das Seil 35—50 mm Dicke. Den Durchmeſſer des Rades nimmt man am beſten ſo groß, als der Aufſtellungsraum erlaubt, ¼—1 m, auch 2 m. Um das Gleiten der Kette auf dem Rade zu verhüten, gibt man dem Kranze innerhalb der Rille

kleine Rippen oder man läßt Kette wie Seil nur in den gegabelten Enden der Radſpeichen feſt aufliegen. Größere Haſpelräder baut man wie ſchmiedeiſerne Riemſcheiben mit außen am Kranz aufgenieteten Gabelſtücken. Zur Führung der Kette dienen an beiden Seiten des Rades feſtſtehende Hülſen; Abbildung ſ. Flaſchenzüge. *Lindner.*

Haſpelſchacht, ſ. Bremsbergförderung.

Haſtha, indiſches Längenmaß = 24 Angulas = 0,456 m; 1 Angula = 3,5, auch 4 Javas, 1 Java = 64 Valayres.

Hatchetts Braun (Berliner-, Breslauer-, Chemiſch-, Kupfer-, Preußiſchbraun), von zimt- bis dunkelbrauner Farbe, aus Kupfereiſencyanür oder aber aus unter Luftzutritt gebranntem Pariſerblau beſtehend, als Oel- und Waſſerfarbe geeignet, wird in erſterer Zuſammenſetzung durch Fällen eines löslichen Kupferſalzes mit gelbem Blutlaugenſalz hergeſtellt; je nachdem man Kupferſalz mit einer überſchüſſigen Menge von Ferrocyankalium oder umgekehrt zuſammenbringt, entſtehen Verbindungen von verſchiedener Färbung. *Andés.*

Hath, das Normallängenmaß in Britiſch-Oſtindien = $^1/_2$ Yard = 0,45719 m.

Hauamboß, ſ. Feilenfabrikation.

Haube, im Bauweſen ſ. v. w. Kuppeldach (ſ. Dach). — Bei den Papierholländern angewendete kaſtenförmige Vorrichtung, welche über die Meſſerwalze geſtülpt wird, um das Herumſpritzen des Stoffes durch dieſe Walze zu verhindern (ſ. Papierfabrikation). — Oehr der Axt (ſ. d.). *Kraft.*

Haubitze, ſ. Geſchütze und Geſchützfabrikation.

Haubiel, ſ. Feilenfabrikation.

Haue, 1. Geräte zum Löſen von Boden (vgl. Einſpitze, Keilhaue, Keilhauenarbeit, Pickel), als Gerinnhaue auch von Zimmerleuten benutzt; 2. in der Müllerei hat die Mühlſpindel eines Mahlganges einerſeits den Ober- oder Läuferſtein zu ſtützen, damit er von dem unteren (Boden-)ſtein in gewiſſem Abſtande bleibt, anderſeits ihre eigne Drehbewegung auf den Läuferſtein zu übertragen. Zur Vermittlung beider Aufgaben dient die Haue.

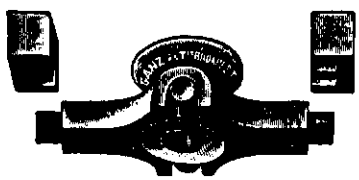
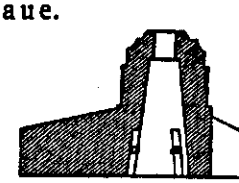


Fig. 2.



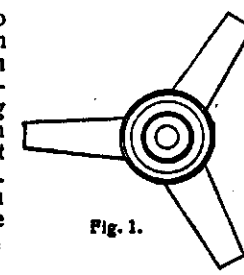


Fig. 1.

In ihrer einfachſten Form ſetzt ſie ſich mit ihrem haubenförmigen Mittelteil auf das verjüngte obere Ende des Mühleiſens, wobei Federn und Nuten *a* (Fig. 1) die relative Drehung hindern. Von dieſem Mittelteile laufen zwei oder drei Arme (Flügel), das Steinauge überbrückend, in das Steinmaterial, wo ihre Enden eingelaſſen und durch Vergießen befeſtigt werden. Von dieſer „feſten Haue" unterſcheidet ſich die „Balancierhaue" dadurch, daß ſie den rechten Winkel, den die Mahlfläche mit dem Mühleiſen bilden ſoll, nicht durch eine ſtarre Verbindung ſichert, ſondern den Läuferſtein frei gegen das Mühleiſen balancieren läßt, ſo daß nur die Lage des Steinſchwerpunktes und die Homogenität des Steines für die Lage der Mahlfläche zur Horizontalen maßgebend iſt. Ein Beiſpiel zeigt Fig. 2, wobei die Konſtruktion auf dem bekannten Prinzip des Univerſalgelenks beruht. Die auf das Mühleiſen zu ſetzende Haube trägt zwei Zapfen, die in der Abbildung nach vorn und hinten gerichtet ſind. Auf dieſen ruht pendelnd eine Brücke, die an jedem Ende wieder einen Zapfen trägt, deren Längsachſe rechtwinklig zu der der erſten Zapfen liegt. Dieſe Endzapfen tragen nun den Stein, und zwar mit Hilfe der eiſernen Sattelſtücke, die in der Figur mit abgebildet ſind und die in den Stein eingelaſſen und durch Vergießen befeſtigt werden. Die Höhlung dieſer Stücke iſt nach oben hin zylindriſch begrenzt, ſo daß ein Pendeln des ganzen Steines ſtattfinden kann. Der über der Haue ſichtbare Teller dient als Streuteller für die Zuführung des in das Steinauge eingeführten Mahlguts zur horizontalen Mahlbahn. Andre Hauen und Theorien der Ausbalancierung ſ. [1].

Literatur: [1] Kick, Fr., Die Mehlfabrikation, 3. Aufl., Leipzig 1894, S. 189—191. *Arndt.*

Hauer (Aushauer), ſ. Blechbearbeitung.

Hauerarbeit, ſ. Gewinnungsarbeiten.

Haufenamalgamation, ſ. Silber.

Haufenlager ſind, wie die Speicher (Gebäudelager), meiſt als Bindeglieder und elaſtiſche Einſchaltungen (nach Art der Windkeſſel) zwiſchen den das Angebot und die Nachfrage bewältigenden maſchinellen Löſch- und Ladevorrichtungen in Verbindung mit den gewählten Fördermitteln und mit Rückſicht auf ſie angeordnet und ausgebildet; ſie dienen als Vorratsanlagen für den Winterbedarf, Streikreſerven, eiſerne Beſtände (Krieg) u. ſ. w. oder als Ausgleichanlagen in

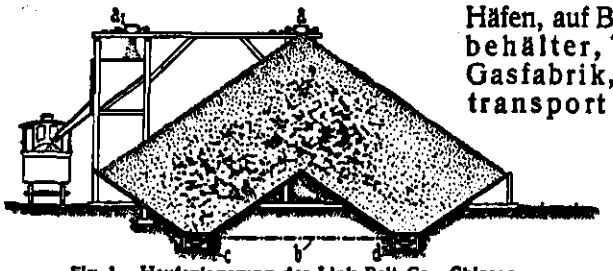


Fig. 1. Haufenlagerung der Link Belt Co., Chicago.

Häfen, auf Bahnhöfen u. dergl. Vgl. a. Hochbehälter, Taſchen, Tiefbehälter ſowie Gasfabrik, S. 293, Keſſelhäuſer, Maſſentransport und [1].

I. Bezüglich der **Formgebung** der Haufenlager, die ſich im weſentlichen nach der Beſchickung (II) und nach der Entnahme (III) — bezw. Umlagerung (Selbſtentzündung [2]) — richtet, können im allgemeinen unterſchieden werden: a) Rücken (Fig. 1) [3], b) Prismen (Fig. 2 und 3) [4], c) Vollkegel (Fig. 3) [5], d) Kegelſtumpfe (Fig. 4—7) [6] bezw. Fig. (8—10) [7] oder e) Segmente (Fig. 11) [6] und zuſammengeſetzte Formen (etwa nach Fig. 12—15) [7].

II. Die **Beſchüttung** kann erfolgen: a) nach Fig. 16 von Hochgleiſen [8], auf die bodenſtändige Wagen (Kippwagen und Selbſtentlader, ſ. d.) mittels Rampen [9] gehoben werden; b) durch ortsfeſte Schwerkraftbahnen (ſ. d.), die ſo angelegt ſind, daß die Kurven am Anfang liegen, während die Entladeſtrecken gerade verlaufen, und zwar entweder nach Fig. 17 ſtrahlenartig, fächerförmig von einer oder zwei Entladeſtellen, oder nach Fig. 18 parallel von vielen (Hunt-Pohlig-) Elevatoren (ſ. d.) ausgehend [10]. Zum Transport von Bergen auf Halden werden dieſe Bahnen auch nach Fig. 19 verſchiebbar ausgeführt [11], bezw. auch fahrbar, und zwar in der Geraden [12] wie im Kreiſe (Fig. 20). Wo ſelbſttätige Bahnen,

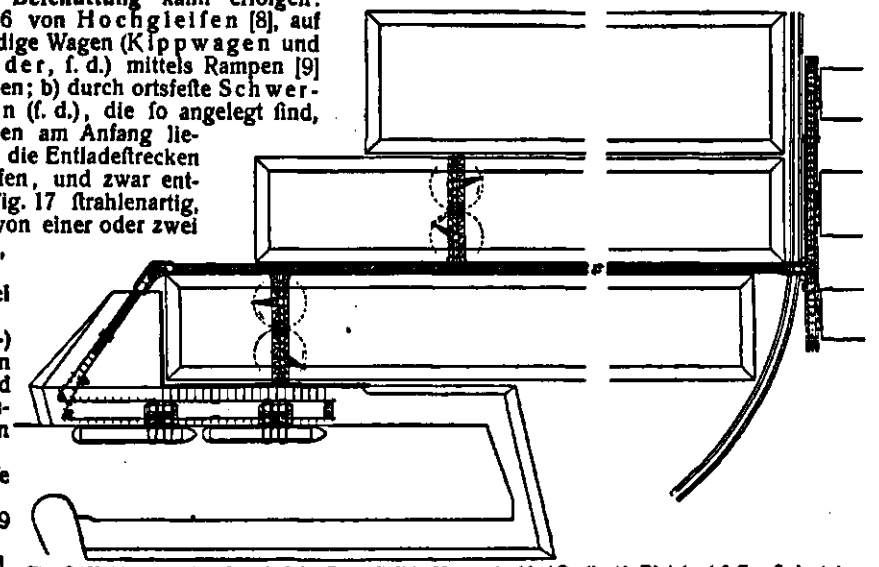


Fig. 2. Kohlenverladeanlage bei der Gasanſtalt in Mariendorf bei Berlin (A. Bleichert & Co., Leipzig).

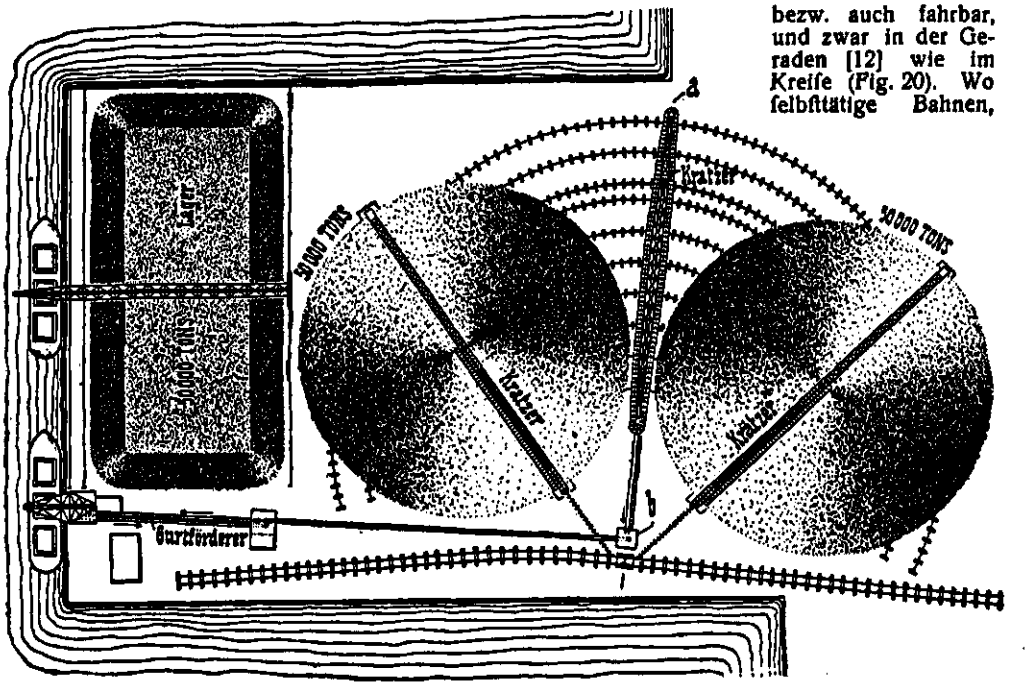


Fig. 3. Haufenlager nach Dodge, Philadelphia.

etwa wegen beſtehender Geländeverhältniſſe, nicht ausgeführt werden können, werden c) Kabelbahnen (ſ. d.) gewählt (Fig. 21) [13]; d) mittels Seilbahnen (ſ. d.) [14] und Hängebahnen (ſ. d.) [15], zu denen auch die Bleichertſchen Schlackenhaldenbrücken (Fig. 12—15) gehören. Für dieſe Abfallſtoffe, bei denen auf die Erzielung eines Gegenwertes durch Verkauf nicht zu rechnen iſt, ſpielt die Frage der Transportbilligkeit eine ganz beſonders weſentliche Rolle. Dieſe Einrichtung beſteht aus einer Brücke, die mit einer dem natürlichen Böſchungswinkel der Halden möglichſt genau angepaßten Neigung aufgeſtellt wird. Die Brücke, die aus zwei ſeitlich liegenden Gitterträgern mit gegenſeitig verbundenen Ober- und Untergurten beſteht, ſo daß der Innenraum frei bleibt, iſt mit einer endloſen Seilbahn ausgeſtattet, deren Ladeſtation am Fuße der Neigung oder in ganz beliebiger Entfernung von dieſem angeordnet iſt. Die Brücke ſelbſt wird aus einzelnen kürzeren Stücken hergeſtellt, ſo daß ſie bei fortſchreitendem Haldenſturz ſtändig verlängert werden kann. Es geſchieht dies dann, wenn die Beſchüttung ſo weit fortgeſchritten iſt, daß das letzte Glied der Brückenkonſtruktion am unteren Ende gerade verſchüttet iſt, ſo daß es genügend Unterſtützung erhält. Dann wird ein neues Glied nach Art der Kragträger freiſchwebend angebaut, die Endſcheibe wird aus dem vorletzten in das letzte Glied vorgeſchoben, und der Abſturz beginnt nun von dieſem aus. Die auf Hängeſchienen laufenden Seilbahnwagen umfahren die Endſeilſcheibe, ohne ſich von dem Zugſeil zu löſen. Eine ſelbſttätige Kippvorrichtung bringt ohne Hilfe eines Arbeiters den Wagen zur Entleerung. Mit nach unten hängender Schale fährt dieſer dann zur Beladeſtation zurück. Nimmt man beiſpielsweiſe an, ein Haldenmaterial habe einen Schüttwinkel von 35° und die Halde werde kegelförmig aufgeſetzt, ſo ergibt ſich nachſtehende Tabelle des Haldeninhaltes und der Zeiten, nach denen Verlängerungen aufzuſetzen ſind, wenn bei einer Stundenleiſtung von 36 t Berge im Jahresdurchſchnitt täglich 200 cbm auf Halde geſtürzt werden.

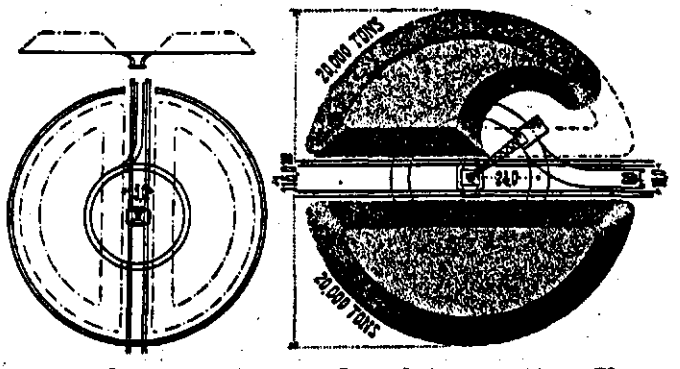


Fig. 4—7. Kohlenſtapelanlage der Dodge Coal Storage Co., Philadelphia.

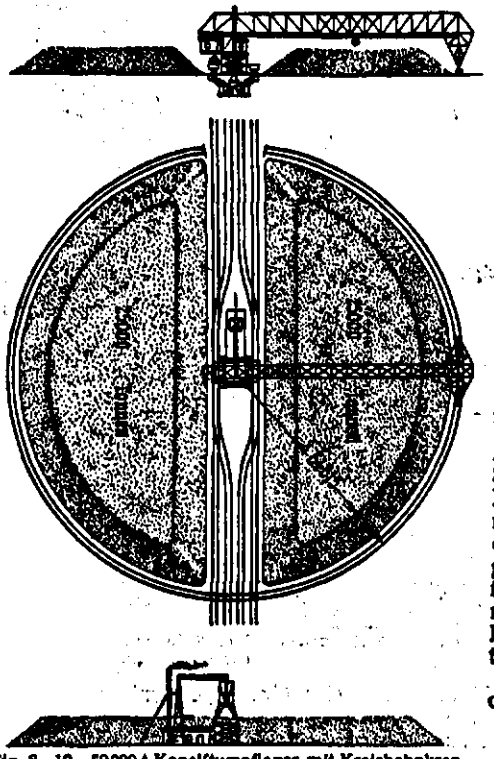


Fig. 8—10. 50000 t-Kegelſtumpflager mit Kreisbahnkran der Dodge Coal Storage Co., Philadelphia.

Der Kegelinhalt iſt dann, wenn h die Höhe der Halde, a den Schüttwinkel bezeichnet:

$$J = \frac{2\,(h \operatorname{ctg} a)^2\,\pi}{4}\,\frac{h}{3},$$

d = größte Fußbreite der Halde.

h	d	J	Zum Aufſchütten gebrauchte Zeit		h	d	J	Zum Aufſchütten gebrauchte Zeit	
m	m	cbm	Tage = Jahre	Monate	m	m	cbm	Tage = Jahre	Monate
30	86	58 100	290 = 1	—	60	172	464 700	2 350 = 7	9½
35	100	91 630	460 = 1	5½	65	186	588 730	2 950 = 10	—
40	115	138 500	700 = 2	3½	70	200	733 100	3 700 = 12	3½
45	129	197 000	1 000 = 3	3½	75	215	907 625	4 550 = 15	2
50	143	267 700	1 350 = 4	5	100	286	2 150 000	10 800 = 36	—
55	158	359 500	1 800 = 6	—	125	358	4 200 000	21 000 = 70	—

Man würde alſo mit einem Brückenglied, deſſen Länge etwa 7 m beträgt, ſo daß unter Berückſichtigung der Schräge die Höhe um 5 m geſteigert wird, beinahe ½ Jahr auskommen, ſofern dasſelbe auf eine Halde von 30 m Höhe aufgeſetzt wird; da aber die Zeiten nicht den Höhen, ſondern den entſtehenden Kegelinhalten proportional ſind, würde man mit einem Brückenteil, der z. B. auf eine 60 m-Halde aufgeſetzt iſt, beinahe 2¼ Jahre auskommen und während dieſer

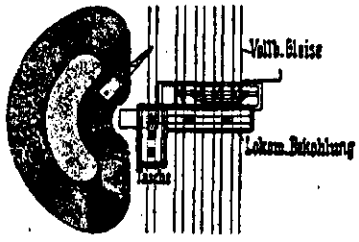


Fig. 11. Segmentlager.

Zeit 588 730 — 464 700 = 124 000 cbm abstürzen können, oder es würde die Erhöhung der Halden von 75 auf 100 m sich gar auf 20 Jahre verteilen und für über 1 200 100 cbm Berge genügen. Bis zu 125 m Höhe sind diese Haldendrahtseilbahnen mehrfach in der Ausführung begriffen bezw. in Aussicht genommen worden. — e) Durch Gefällebahnen (s. d.); f) durch (Brücken-) Hochbahnkrane — Fig. 3, linkes Lager — [16]; oft in Verbindung mit Drehkranen [17], Stichbahnen [18], Kreisführungen [19] u. s. w.; g) durch Kabelhochbahnkrane [20]; h) durch Drehkrane, die auf geraden Gleisen oder auf einem Kreisfeldgleis (Fig. 11) oder auf einem bezw. auf mehreren hintereinander angeordneten Kreisgleisen (Fig. 4—6 bezw. Fig. 7) fahren [6]; i) durch Kreisbahnkrane (Fig. 8—10) [7]; k) durch Gurtförderer (s. d.) [21], Stahltransportbänder u. s. w., oft in

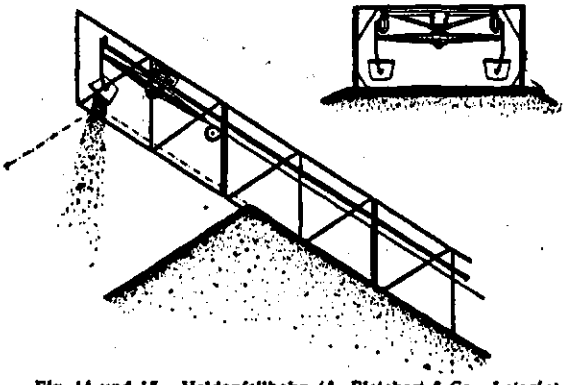


Fig. 14 und 15. Haldenseilbahn (A. Bleichert & Co., Leipzig).

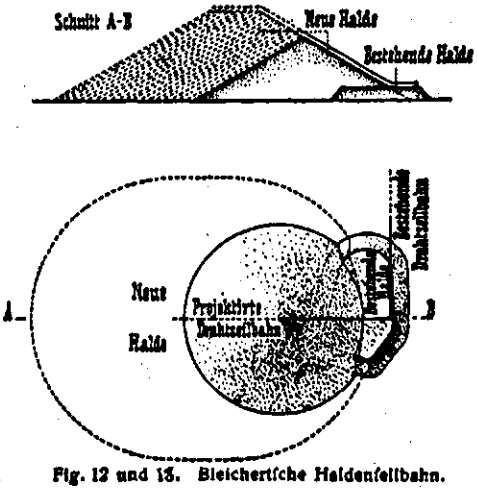


Fig. 12 und 13. Bleichertsche Haldenseilbahn.

Verbindung mit Elevatoren (s. d.) [22]; l) durch Förderrinnen (s. d.) [23]; m) durch Kratzer (s. d.), und zwar 1 nach Fig. 3 — Kegellager — [24]; Dodge (Philadelphia) geht bei der Ausladung, Lagerung und Wiederverladung (III n) der Kohlen von dem Gesetze aus, daß

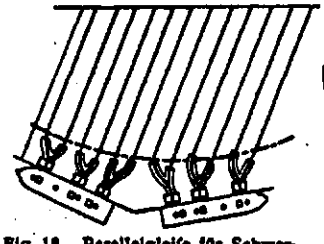


Fig. 18. Parallelgleise für Schwerkraftbahnen.

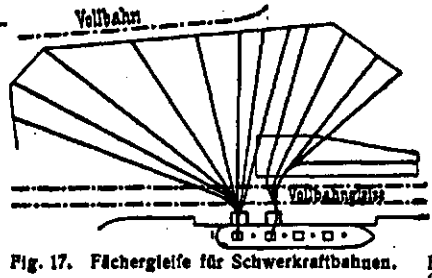


Fig. 17. Fächergleise für Schwerkraftbahnen.

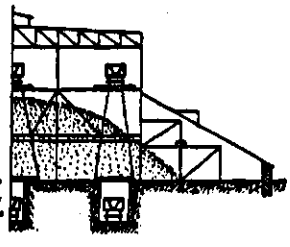


Fig. 16. Gedecktes Haufenlager (Betätigung mittels Rampen).

sich körniges, von einem hochgelegenen Punkt ausgeschüttetes Gut kegelförmig unter dem natürlichen Böschungswinkel lagert. An der einen Seite eines scherenförmigen Gestelles von der Länge der Kegelseite bestreicht den Haufen eine Kratzerkette, welche die aus den Eisenbahn-

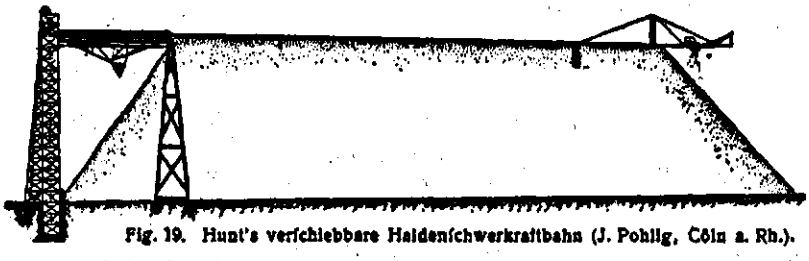


Fig. 19. Hunt's verschiebbare Haldenschwerkraftbahn (J. Pohlig, Cöln a. Rh.).

wagen (oder Schiffen) aufgenommene Kohle nach der jeweiligen Spitze des Kegels trägt (Rinnenboden wird durch ein Eisenband gebildet, das verschiebbar ist). Zur Verladung vom Lager dient eine im wagerechten Teile mit Rädern auf meist kreisförmig gebogenen Schienen laufende, messerförmig gestaltete Fördervorrichtung *a* (Fig. 3), welche an der Kegelgrundfläche in die Haufen einschneidet, dort die Kohle fortnimmt und sie

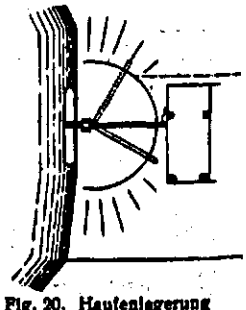


Fig. 20. Haufenlagerung mittels Pohligscher Schwerkraftbahn (Kraftwerk Oberschöneweide bei Berlin).

über eine ſchiefe Ebene (Gurtförderer) hinauf zu einer an den Gleiſen (oder am Ufer) erhöht gelegenen Taſche *b* bringt, aus der ſie (ſortiert) in die Verkehrsmittel gelangt. (Kegelhöhe 20 m, Grundflächendurchmeſſer 60 m; größte ſolche Lager 700000 t [25]); — m_3.) Die Link Belt Co., Chicago, (Fredenhagen, Offenbach), arbeitet vielfach nach Fig. 1 [3]: Die zwei oberen Kratzerförderer *a* und a_1 ſteigen von den unter *S.-O.* gelegenen Kohlenrümpfen, in welche die Wagen entladen, ſchiefe Ebenen hinauf; *a* trägt die Kohlen auf das Lager, a_1 füllt die Taſchen und *c* und *d* ſchaffen das Gut vom Lager (III. n) zu einem Querförderer *b*, der a_1 ſpeiſt; bei einem 3500 t-Lager iſt jede Kette *a* (a_1) 183 m lang, Leiſtung 120 t/St.; n) durch Konveyor (ſ. d.) — Förderketten, Becherketten, Becherkabel — [26].

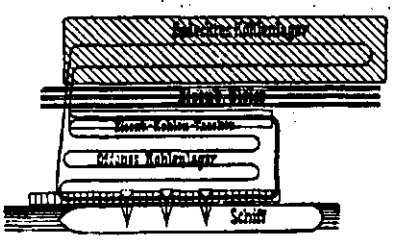


Fig. 21. Kohlenlager mit Kabelbahn.

III. Das Aufnehmen bezw. Abziehen vom Lager kann erfolgen: a) durch Handſchaufel und Wagen (Landfuhrwerk [27] oder Gleiswagen [28]) oder III. b); b) durch Kübel (ſ. d.), die mit Handſchaufeln (III. a) zu füllen ſind, bezw. in die abgezapft wird [29] oder ſelbſtfüllende Kübel [30]; c) mittels Greifern (ſ. d.) [31] — b) und c) in Verbindung mit Hochbahn- oder Drehkranen (ſ. III. g), h), i); d) nach Fig. 16 auf Tiefgleiſen (Rampen, vgl. II. a); e) in Kabel- oder Kettenbahnen (II. c); f) mittels Seil- und Hängebahnen (II. d) [32]; g) durch Hochbahnkrane (Brücken-) oder h) Kabelhochbahnkrane in Verbindung mit III. b) oder c) und i) [20]; l) durch Drehkrane in Verbindung mit III. b) oder c) und vielfach auch mit III. g) [33]; k) durch Kreisbahnkrane (ſ. II. l); l) mittels Gurtförderern [34]; m) Förderrinnen (ſ. II. l) [35]; n) Kratzer (II. m); o) Konveyor (II. n) [26]; p) Elevatoren (ſ. d., Becherwerke) [22] und q) Bagger (ſ. d.), und zwar durch Löffelbagger [36] wie auch mittels Eimerketten (Hoch- wie Tiefbagger) [37]; endlich r) durch Abſpritzen (Spülverfatz) hydrauliſcher Abbau [38].

Literatur: [1] Buhle, Techniſche Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern, Berlin 1906, 3. Teil, S. 319. — Abkürzung dafür ſei „T. H." — [2] Derſ., ebend., 1. Teil, S. 86 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 728). — [3] Derſ., ebend., S. 62 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 79). — [4] Derſ., 3. Teil, S. 4 (Deutſche Bauztg. 1904, S. 523). — [5] Derſ., „Hütte", 19. Aufl., 1. Teil, S. 1272. — [6] Derſ., T. H., 3. Teil, S. 238 (Deutſche Bauztg. 1906, S. 310). — [7] Derſ., ebend., S. 277 ff. („Stahl u. Eiſen" 1906, S. 860). — [8] Derſ., ebend., S. 45 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 1357) u. S. 61 (Zeitſchr. f. Arch. u. Ing. 1905, S. 450). — [9] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 61 ff. (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 78) u. S. 147 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1901, S. 735 — Dammbau). — [10] Derſ., ebend., S. 44 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 1356). — [11] Derſ., ebend., 3. Teil, S. 6 (Deutſche Bauztg. 1904, S. 527). — [12] Derſ., Transport- und Lagerungseinrichtungen für Getreide und Kohle, Berlin 1899, Taf. VII—X (Glaſers Ann. 1898, II, Taf. III—VI), und T. H., 1. Teil, S. 45, u. 3. Teil, S. 169. — [13] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 42 u. 45 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 1354 u. 1357), und T. H., 3. Teil, S. 16 (Deutſche Bauztg. 1904, S. 553). — [14] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 91 ff. (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 1095). — [15] Derſ., T. H., 3. Teil, Taf. I, Fig. 53, ſowie [6] u. [7]. — [16] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 47, 77, 81 ff. (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 1359 ff.), u. 3. Teil, S. 252, 259, 274 („Stahl u. Eiſen" 1906, S. 652 ff). — [17] Derſ., T. H., 1. Teil, Textbl. 1 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 732). — [18] Derſ., ebend., S. 74. — [19] Keppler, Journ. f. Gasbel. u. Waſſerverſorg. 1902, S. 697 ff. — [20] Buhle, T. H., 1. Teil, S. 93 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 1096); 2. Teil, S. 45 ff. (Zentralbl. d. Bauverw. 1902, S. 270 ff.); 3. Teil, Taf. 1 (Gewerbefleiß 1904, S. 64 u. Taf. A); „Hütte", 19. Aufl., 1. Teil, S. 1241. — [21] Derſ., T. H., 3. Teil, S. 10 (Deutſche Bauztg. 1904, S. 547) u. S. 262 ff. („Stahl u. Eiſen" 1906, S. 721 ff.). — [22] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 46 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 1358 ſowie D.R.P. Kl. 81 e Nr. 169561). — [23] Derſ., T. H., 3. Teil, S. 22 ff. („Glückauf" 1904, S. 858 ff.) und S. 113 („Stahl u. Eiſen" 1905, S. 1052). — [24] Derſ., „Hütte", 19. Aufl., 1. Teil, S. 1272. — [25] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 51. (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 1385); 3. Teil, S. 277 („Stahl u. Eiſen" 1906, S. 860). — [26] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 43 ff. (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 1355). — [27] Derſ., T. H., 3. Teil, S. 60 (Zeitſchr. f. Arch. u. Ing. 1905, S. 450). — [28] Derſ., Das Eiſenbahn- und Verkehrsweſen auf der Induſtrie- und Gewerbeausſtellung in Düſſeldorf 1902, Berlin 1903, S. 36. — [29] Derſ., T. H., 3. Teil, S. 142. (Zeitſchr. f. Arch. u. Ing. 1905, S. 430). — [30] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 92 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 1096), u. 3. Teil, S. 77 (Zeitſchr. f. Arch. u. Ing. 1905, S. 427, ferner v. Hanffflengel, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1906, S. 1626 ff.). — [31] Buhle, T. H., 1. Teil, S. 45 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 1357), u. 3. Teil, S. 273. — [32] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 91 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1900, S. 1095). — [33] Derſ., T. H., 3. Teil, S. 236 (Deutſche Bauztg. 1906, S. 305 ff.) u. S. 256 ff., 262 ff., 274 ff. („Stahl u. Eiſen" 1906, S. 716 ff., 721 ff., 857). — [34] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 99 (Zentralbl. d. Bauverw., 1900, S. 375), u. 3. Teil, S. 298 (Elektr. Bahnen u. Betriebe 1906, S. 538). — [35] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 50 (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1899, S. 1385), ſowie 3. Teil, S. 20 ff. („Glückauf" 1904, S. 858 ff.) und S. 111 („Stahl u. Eiſen" 1905, S. 1050 ff.). — [36] Derſ., T. H., 1. Teil, S. 99 (Zentralbl. d. Bauverw. 1900, S. 375). — [37] Derſ., „Hütte", 19. Aufl., 1. Teil, S. 1263, und T. H., 3. Teil, S. 230 (Deutſche Bauztg. 1906, S. 285) und S. 267 („Stahl u. Eiſen" 1906, S. 792). — [38] Derſ., T. H., 3. Teil, S. 271.

M. Buhle.

Haufwerk, ſ. Aufbereitung.

Haumeſſer, ſ. Zapfenſchneid- und Schlitzmaſchine.

Haupt (Anſichtsfläche), die in die Außenſeite eines Mauerwerks fallende Seitenfläche eines Steines.

L. v. Willmann.

Hauptachſen, ſ. Trägheitsmoment.

Hauptbahnen, ſ. Eiſenbahn und Eiſenbahnbetrieb.

Hauptdehnungen, ſ. Dehnung (in der allgemeinen Elaſtizitätslehre), Bd. 2, S. 692, und Hauptverſchiebungen.

Hauptdeich, ſ. Flußdeiche.

Hauptdiagonalen, ſ. Gegendiagonalen, S. 341.

Hauptdolomit, ein hellgrauer bis gelblicher, auch wohl weißer, feinkörniger, ſtark zerklüfteter und ſplitteriger, deutlich geſchichteter, ſehr mächtiger Dolomit, der der oberen alpinen Triasformation (Rhät) angehört und ganze Kettengebirge der ſogenannten Kalkalpen ausmacht.

Die mittlere chemiſche Zuſammenſetzung iſt: 56,0 % $CaCO_3$, 39,0 % $MgCO_3$, 3,8 % Silikate und Eiſenoxyd. Zahlreiche feine Riſſe bewirken einen raſchen Zerfall des Geſteins zu einem lockeren Grus. Ihm eingelagert ſind im Karwendelgebirg die ſogenannten Seefelder Schiefer, dunkle ſchiefrige Mergel von 0,2—1,0 m Mächtigkeit, mit bedeutendem Gehalt an Bitumen (1—10 %), das zur Aſphaltgewinnung Anlaß gibt und nach Behandlung mit konzentrierter Schwefelſäure und Ammoniak die Herſtellung von Ammoniumſulfatichthyol geſtattet, deſſen Präparate in der Heilkunde Verwendung finden. Der eigentliche Dolomit findet eine nennenswerte techniſche Verwendung (Straßenbeſchotterung, Herſtellung von Zementplatten) in den öſtlichen Alpen und in der Wiener Gegend. *Leppla.*

Hauptdreiecksnetz, -dreieckspunkte, ſ. Triangulierung.

Hauptfleeth, Hauptentwäſſerungsgraben bedeichter Küſtenmarſchen, auch Hauptbinnentief genannt. Er nimmt die Nebentiefe auf und führt das Waſſer derſelben durch das Siel dem Außenſieltief, Außentief oder Außenfleeth zu.

Hauptgeſchoß, dasjenige Stockwerk eines öffentlichen Gebäudes oder Wohnhauſes, welches die Haupträume enthält. Gewöhnlich iſt es das erſte Obergeſchoß. *Weinbrenner.*

Hauptgeſims (Kranzgeſims, Dachgeſims), bildet den oberen Abſchluß und die Bekrönung des Gebäudes; es muß daher weiter als die übrigen Geſimſe ausladen und zur Höhe des ganzen Baues in richtigem Verhältnis ſtehen. In techniſcher Hinſicht unterſcheidet man: 1. Hauſteingeſimſe, 2. Backſteingeſimſe, 3. Holz- oder Sparrengeſimſe.

1. Bei den monumentalen Hauſteingeſimſen bildet den Hauptteil die Deck- oder Hängeplatte (ſ. d.) mit ihren tragenden Untergliedern und der darüberliegenden Rinne (Kanal oder Sima) (Fig. 1) (ſ. Dachrinne, Bd. 2, S. 508 f.). Ferner ein Fries, der glatt gehalten oder mit plaſtiſchem oder farbigem Schmuck, Inſchriften u. dergl. verſehen, unten aber durch ein Band, Halsglied oder den Architrav abgeſchloſſen iſt (ſ. Säulenordnung). In der Antike und dem Renaiſſanceſtil richten ſich Form und Verhältnis des Hauptgeſimſes im allgemeinen nach den Regeln der Säulenordnungen (ſ. d.). Im Mittelalter aber bildeten Zinnen, Brüſtungsgalerien oder ſtarke Kehlen den bekrönenden Abſchluß [1].

Die bedeutende Ausladung der Hängeplatte großer Hauptgeſimſe über die Gebäudeflucht erfordert beſonders an den Gebäudeecken eine techniſche Sicherſtellung, um ein Hinausziehen oder Herabſtürzen der Platten zu verhüten. Dabei iſt zu beachten, daß der Schwerpunkt der Platte (Fig. 2) innerhalb der Gebäudeflucht liegt. Ferner muß die Deckplatte, wenn tunlich, über die ganze Stärke der Mauer durchgreifen. Iſt letzteres nicht möglich, ſo kann durch Anordnung von einzelnen Bindern, die leichtere Zwiſchenſtücke tragen (Fig. 3), abgeholfen werden. Beſonders aber dient a) eine Belaſtung der eingreifenden Teile durch Aufmauerung oder b) eine Verankerung nach unten mit dem Stockmauerwerk (Fig. 4) ſowie c) eine Erleichterung der Hängeplatte durch Ausarbeiten von Kaſſaturen zur Sicherſtellung der Konſtruktion [1], [2]. Vgl. a. Hängeplatte (Schlußſatz).

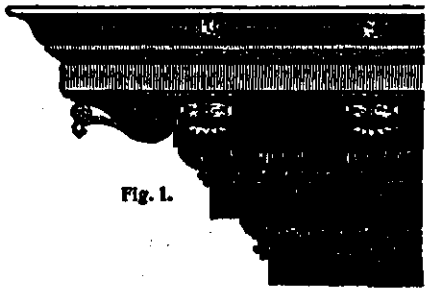


Fig. 1.

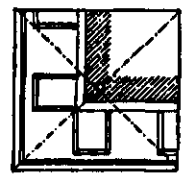


Fig. 2.

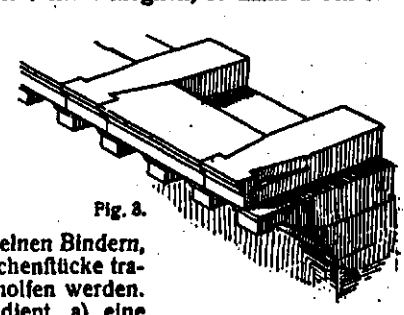


Fig. 3.

2. Die Backſteingeſimſe können aus gutgebrannten, gewöhnlichen Steinen, beſſer aber unter Anwendung von ſogenannten Normalſteinen hergeſtellt werden. Dabei iſt zu beachten, daß durch die gegebene Abmeſſung des Backſteins (ſ. d.) eine größere Ausladung als halbe Steinbreite ausgeſchloſſen iſt. Durch allmähliches Vortreten und Ueberkragen, Einſchieben von Roll- und Kopfſchichten und eine größere Höhe des Geſimſes können ſchöne

Wirkungen erzielt werden [4]. Eine charakteriſtiſche Form dieſer Geſimſe iſt der Bogenfries. Zur reichſten und vollendetſten Ausbildung dienen die ſogenannten Terrakotten, kaſtenartig geformte Stücke, die unter Verwendung von gewöhnlichen Steinen, Eiſenklammern u. a. in das Stockmauerwerk einbinden [5]. Dieſe können als Tragſteine, Eierſtäbe, Zahnſchnitte, Kaſſetten, Bänder u. ſ. w. in einzelnen Stücken bis zu 50 cm Länge ſowie auch als Frieſesfüllungsplatten in Flächen von 1,20 m lang und 0,70 m hoch erſtellt werden. Beim Verſetzen iſt zu berückſichtigen, daß ſie keinen Druck aushalten und trocken einzuſetzen ſind [2].

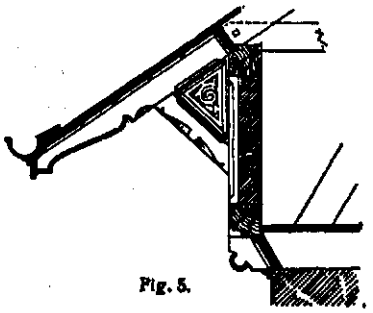


Fig. 5.

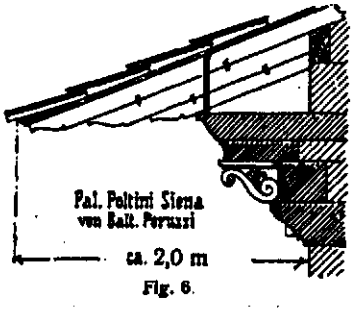


Fig. 6.

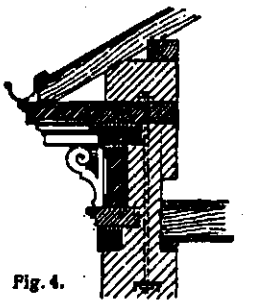


Fig. 4.

3. Die weitausladenden Holz- oder Sparrengeſimſe, die einen zierlichen und ländlichen Eindruck gewähren, finden ihre Anwendung vornehmlich an Gebäuden, die in leicht vergänglichen Stoffen, wie Holzwerk, Kalkputz u. dergl., erſtellt ſind, und eines Schutzes gegen Wetterſchlag u. ſ. w. bedürfen. Dieſe Geſimſe werden entweder durch wagerecht ausladende Balkenköpfe oder ſchräge Sparrenvorſprünge gebildet, mit Zwiſchenfeldern aus Holzſchalung und Leiſtenwerk, und ſollen in formaler Ausbildung nicht als Nachahmung von Steingeſimſen erſcheinen (Fig. 5). Als Weite der Ausladung rechnet man bei einſtöckigen Bauten 35—50 cm, für zweiſtöckige 50–60 cm, für höhere 90—120 cm. In der Zeit der italieniſchen Frührenaiſſance kamen Ausladungen bis 2,0 m vor (Pal. Poltini in Siena, Fig. 6). An den Holzbauten der Schweiz und Tirols ſowie an landwirtſchaftlichen Gebäuden betragen die Ausladungen bis zu 2,50 m.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, Darmſtadt 1891, 3. Teil, Bd. 2, Heft 2, S. 114—169. — [2] Breymann, Baukonſtruktionslehre, 1. Teil; Warth, Konſtruktionen in Stein, Leipzig 1896, Kap. 2, § 4, S. 90 ff. — [3] Baukunde des Architekten, Bd. 1, 1. Teil, Berlin 1893, VIII. Steingeſimſe, S. 178 ff. — [4] Uhde, K., Die Konſtruktionen und die Kunſtformen in der Architektur, Bd. 4, Berlin 1905. — [5] Strack, H., Ziegelbauwerke des Mittelalters und der Renaiſſance in Italien, Berlin 1889. *Weinbrenner.*

Hauptgleichungen, der mechaniſchen Wärmetheorie, ſ. Wärmetheorie, mechaniſche.

Hauptgleiſe, ſ. Bahnhöfe, Bd. 1, S. 476 ff.

Hauptholz, Balken, in welchem mehrere Ständer eingezapft ſind; auch ſ. v. w. Bundbalken.

Hauptjoch, ſ. Grubenzimmerung, S. 653.

Hauptkirche (Kathedrale), Kirche, in welcher bei Katholiken der Biſchof oder Erzbiſchof ſeinen Sitz hat (ſ. Kathedra); bei Proteſtanten die Kirche, in welcher der Superintendent wirkt; oft auch gleichbedeutend mit Dom- oder Münſterkirche. *Weinbrenner.*

Hauptlinie, ſ. Bahnnetz, Eiſenbahnbetrieb.

Hauptnormale, nach der Eichordnung (ſ. d.) diejenigen Normale, nach denen die Aufſichtsbehörden der Eichungsſtellen die Kontrollnormale prüfen, und welche zu dieſem Zweck nach den Kopien des Urmaßes und Urgewichtes richtiggeſtellt ſind.

Die von den Aufſichtsbehörden verwendeten Hauptnormale ſind für Längenmaße: ein Meterſtab als Strichnormal aus Meſſing, durchgehend in Zentimeter, auf die Länge von 1 dm in Millimeter geteilt; für Hohlmaße: Litermaße von 2—$^1/_{32}$ l aus Meſſing und 0,2—0,02 l aus Rotguß; für Gewichte: Gewichte von 20 kg bis 1 g aus vergoldetem Meſſing und 500 mmg bis 1 mmg aus Platin; vgl. die deutſche Eichordnung d. d. 27. Dezember 1884, bezw. 1. Auguſt 1885, § 60. *Reinhertz.*

Hauptpfeiler, in dem Wölbeſyſtem der mittelalterlichen Baukunſt derjenige Pfeiler, welcher mit den Hauptgurten auch die Belaſtung der Einwölbung aufnimmt. Bei Kirchen rechnen hierzu auch die Vierungspfeiler. *Weinbrenner.*

Hauptquarzit, in der Geologie des Harzes hellgraue bis ſchwarzblaue Quarzite des Unterdevons, die meiſt dünngeſchichtet bis plattig ſind, auf den Schichtflächen viele Glimmerblättchen zeigen und mit Tonſchiefern wechſellagern. Sie dienen als Beſchotterungsmaterial der Straßen und Wege. *Leppla.*

Hauptreaktionen, ſ. v. w. notwendige Reaktionen; ſ. Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte, Bd. 3, S. 551 ff.

Hauptſätze, der mechaniſchen Wärmetheorie, ſ. Wärmetheorie, mechaniſche (auch Energie, Clauſiusſcher Grundſatz, Entropie).

Hauptſchlüſſel, ein Schlüſſel, mit welchem mehrere Schlöſſer, deren einzelne Schlüſſel verſchieden geformt ſind, geöffnet werden können. Meiſt gilt dies für Schlöſſer eines Stockwerkes, einer Wohnung oder für ganze Gebäude. *Y. Hock.*

Hauptſchnitte, ſ. Flächentheorie.

Hauptſchubſpannungen. Denkt man ſich durch einen Körperpunkt m eine beliebige Gerade n, ν gelegt (ſ. Figur unter Hauptſpannungen, S. 791), ſo entſprechen dieſer von m aus zwei entgegengeſetzte Richtungen n und ν. In einem zu $n\nu$ ſenkrechten Schnittelement durch m hängen zwei Flächenelemente f_n, f_ν der Normalenrichtungen n, ν zuſammen. Dieſelben werden im allgemeinen mit Kräften gleicher Größe aber entgegengeſetzter Richtung aufeinander wirken, welche für die Flächeneinheit Spannungen heißen und in Komponenten N_n, N_ν, normal den Flächenelementen, und reſultierende Komponenten T_n, T_ν längs den letzteren zerlegt werden können (vgl. Bd. 3, S. 111, 389). Die Normalſpannungen ſuchen die Flächenelemente f_n, f_ν auseinander zu ziehen oder gegeneinander zu drücken und werden hiernach in Zugſpannungen und Druckſpannungen unterſchieden; die Tangentialſpannungen ſtreben die Flächenelemente f_n, f_ν längs einander zu verſchieben und werden deshalb auch Schubſpannungen genannt. Für die einem beſtimmten Punkte m anliegenden Flächenelemente ändern ſich alle dieſe Spannungen erfahrungsgemäß ſtetig mit der Normalenrichtung n (vgl. Bd. 3, S. 391), abgeſehen von gewiſſen Unſtetigkeitsſchnitten, wie ſie als Riſſe, Gelenke u. ſ. w. vorkommen. Für die drei zueinander ſenkrechten Schnittelemente, deren anliegende Flächenelemente durch die Hauptſpannungen (ſ. d.) ergriffen ſind, hat man $T_n = 0$; für andre können die Bedingungen für mathematiſche Maxima und Minima von T_n bei endlicher Größe dieſes Abſolutwerts erfüllt ſein. Die entſprechenden Werte der Schubſpannung T_n werden Hauptſchubſpannungen genannt. Unter ihnen befindet ſich die größte beim Punkte m überhaupt vorkommende Schubſpannung T_n.

Bezeichnen A, B, C die drei Hauptſpannungen bei m, ſo hat man die Hauptſchubſpannungen daſelbſt: $\left(\frac{A-B}{2}\right)$, $\left(\frac{B-C}{2}\right)$, $\left(\frac{C-A}{2}\right)$,

wobei die Klammern andeuten, daß nur die Abſolutwerte genommen werden ſollen. Die ſechs Schnittelemente, deren anliegende Flächenelemente durch Hauptſchubſpannungen ergriffen werden, gehen je durch die Richtungslinie einer Hauptſpannung (oder Achſe des Spannungsellipſoids) und halbieren den Winkel zwiſchen den beiden andern Hauptſpannungen (oder Achſen des Spannungsellipſoids). Unter den gewöhnlichen Vorausſetzungen der Biegungstheorie gerader und einfach gekrümmter Stäbe beiſpielsweiſe (ſ. Biegung) hat man die Hauptſpannungen für Flächenelemente ſenkrecht der Biegungsebene:

$$A = \tfrac{1}{2}(\sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}), \qquad B = \tfrac{1}{2}(\sigma - \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}),$$

und damit die größte Hauptſchubſpannung, die einzige für Flächenelemente ſenkrecht der Biegungsebene:

$$S = \tfrac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}.$$

Ueber σ, τ ſ. Bd. 1, S. 792, 798. Dieſe Schubſpannung wirkt auf die zwei Schnittelementen anliegenden vier Flächenelemente, welche Winkel von 45° mit den durch die Hauptſpannungen A, B beanſpruchten einſchließen. Vgl. Spannungstrajektorien.

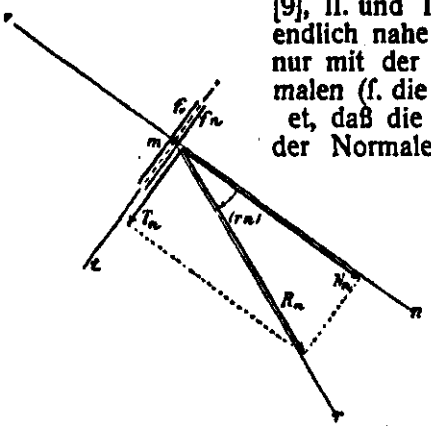
Weiteres über Hauptſchubſpannungen in [6], [7]; für vollkommene Flüſſigkeiten ſind alle Schubſpannungen gleich Null. Die Hauptſchubſpannungen pflegen in der Technik weniger als die Hauptſpannungen beachtet zu werden; doch wurde mehrfach und neuerdings beſonders von Mohr die Anſicht vertreten, daß der Bruch eines Körpers durch Trennungen in den Flächen bedingt ſei, welche durch Hauptſchubſpannungen beanſprucht ſind [4], [5], [8], [10]. Vgl Feſtigkeitsbedingung, Bd. 3, S. 718.

Literatur: [1] Winkler, Die Lehre von der Elaſtizität und Feſtigkeit, Prag 1867, S. 11. — [2] Klein, Theorie der Elaſtizität, Akuſtik und Optik, Leipzig 1877, S. 21. — [3] Grashof, Theorie der Elaſtizität und Feſtigkeit, Berlin 1878, S. 14. — [4] Potier, Sur la direction des cassures dans un milieu isotrope, Compt. rend. 1878, LXXXVI, S. 1539. — [5] Saint-Venant, Sur la plus grande des composantes tangentielles des tensions intérieures en chaque point d'un solide et sur la direction des faces de ses ruptures, Compt. rend. 1878, LXXXVII, S. 89. — [6] Weyrauch, Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1884, S. 43, 45. — [7] Wittenbauer, Theorie der Schubſpannungen und der ſpannungsloſen Geraden, Annalen der Phyſik und Chemie 1896, LVII, S. 567. — [8] Harel de la Noé, Déformations et conditions de la rupture dans les corps solides, Annales

des ponts et chaussées 1900, II, S. 180. — [9] Brauer, Feſtigkeitslehre, Leipzig 1905, S. 30, 33. — [10] Mohr, Abhandlungen aus dem Gebiete der technischen Mechanik, Berlin 1906, S. 187. — S. a. Elaſtizitätslehre, allgemeine. *Weyrauch.*

Hauptſignal, bei Eiſenbahnſignalen, welche mit einem Vorſignal verſehen ſind, gebrauchte Bezeichnung für das eigentliche Signal zum Unterſchiede von dem Vorſignal (vgl. Bahnzuſtandsſignale). *Köchy.*

Hauptſpannungen. In jedem Schnitte durch einen Körper kann man ſich zwei Flächen zuſammenhängend denken, auf welche im allgemeinen Kräfte gleicher Größe aber entgegengeſetzter Richtung wirken (vgl. Bd. 3, S. 111, 389). Jede dieſer Kräfte läßt ſich in Komponenten normal und tangential den ergriffenen Flächenelementen zerlegen, deren Werte für die Flächeneinheit Normalſpannungen und Tangentialſpannungen oder auch im erſten Falle Zug- und Druckſpannungen, im zweiten Schubſpannungen heißen (Bd. 3, S. 111). Dieſe Spannungen erweiſen ſich, abgeſehen von gewiſſen Unſtetigkeitsſchnitten (Riſſe, Gelenke, Gleitflächen u. ſ. w.), als ſtetige Funktionen des augenblicklichen oder auch des anfänglichen Orts der zugehörigen Flächenelemente (Bd. 3, S. 391; [9], II. und IV. Abſchnitt); für alle einem Punkte m unendlich nahe liegenden Flächenelemente f_n ändern ſie ſich nur mit der Richtung n ihrer von m ausgehenden Normalen (ſ. die Figur). Werden die Spannungen ſo bezeichnet, daß die Hauptbezeichnung ihrer Richtung, der Index der Normalenrichtung des ergriffenen Flächenelements entſpricht (Bd. 3, S. 389), ſo bedeutet N_n die Normalſpannung auf das Flächenelement der Normalenrichtung n. Die Maxima und Minima dieſer Normalſpannungen für die einem Punkte m anliegenden Flächenelemente werden Hauptſpannungen daſelbſt genannt. Es beſtehen im allgemeinen drei verſchiedene Hauptſpannungen A, B, C, die nach Abſolutwert und Richtung den Halbachſen eines Ellipſoids um m entſprechen (ſ. Spannungsellipſoid). Die Flächenelemente, welche durch Hauptſpannungen beanſprucht werden, beſitzen keine Schubſpannungen.



Es ſei ein beliebiges rechtwinkliges Koordinatenſyſtem gewählt; dann ſind nach obiger Feſtſetzung die Spannungskomponenten in den Richtungen

für Flächenelemente der Normalenrichtung		x	y	z
	x:	X_x	Y_x	Z_x,
	y:	X_y	Y_y	Z_y,
	z:	X_z	Y_z	Z_z

(ziehende Normalſpannungen poſitiv). Sind dieſe Komponenten für Flächenelemente normal irgend drei zueinander ſenkrechten Richtungen x, y, z bekannt, ſo ergeben ſich die Hauptſpannungen als die drei Wurzeln $h = A$, $h = B$, $h = C$ der Gleichung:

$$(h - X_x)(h - Y_y)(h - Z_z) - (h - X_x) Y_z^2 - (h - Y_y) Z_x^2 - (h - Z_z) X_y^2 - 2 X_y Y_z Z_x = 0, \quad 1.$$

welche auch wie folgt geſchrieben werden kann:

$$h^3 - h^2 (X_x + Y_y + Z_z) + h (X_x Y_y + Y_y Z_z + Z_z X_x - X_y^2 - Y_z^2 - Z_x^2) - (X_x Y_y Z_z - X_x Y_z^2 - Y_y Z_x^2 - Z_z X_y^2 + 2 X_y Y_z Z_x) = 0. \quad 2.$$

Die Winkel einer beliebigen Richtung n mit den poſitiven Richtungen x, y, z ſeien $(n\,x)$, $(n\,y)$, $(n\,z)$. Subſtituiert man einen der Werte $h = A, B, C$ in

$$s_1 = (h - X_x) Y_z + X_y Z_x, \quad s_2 = (h - Y_y) Z_x + X_y Y_z, \quad s_3 = (h - Z_z) X_y + Z_x Y_z, \quad 3.$$

ſo folgen aus

$$\cos(n\,x) = \frac{s_2 s_3}{w}, \quad \cos(n\,y) = \frac{s_3 s_1}{w}, \quad \cos(n\,z) = \frac{s_1 s_2}{w}, \quad 4.$$

mit den beiden Vorzeichen von

$$w = \pm \sqrt{(s_1 s_1)^2 + (s_2 s_3)^2 + (s_3 s_1)^2} \quad 5.$$

die beiden einander entgegengeſetzten Normalenrichtungen n (entſprechend n und ν in Figur) derjenigen Flächenelemente, welche durch dieſe Hauptſpannung beanſprucht werden. Für alle beliebigen zu einander ſenkrechten x, y, z ſind von gleichen Werten:

$$X_x + Y_y + Z_z = A + B + C, \quad 6.$$

$$X_x Y_y + Y_y Z_z + Z_z X_x - X_y^2 - Y_z^2 - Z_x^2 = AB + BC + CA, \quad 7.$$

$$X_x Y_y Z_z - X_x Y_z^2 - Y_y Z_x^2 - Z_z X_y^2 + 2 X_y Y_z Z_x = ABC. \quad 8.$$

Hiernach iſt eine der Hauptſpannungen A, B, C gleich Null, wenn für beliebige zueinander rechtwinklige Achſen:

$$X_x Y_y Z_z - X_x Y_z^2 - Y_y Z_x^2 - Z_z X_y^2 + 2 X_y Y_z Z_x = 0, \quad 9.$$

es ſind zwei Hauptſpannungen gleich Null, wenn neben 9. gilt:

$$X_x Y_y + Y_y Z_z + Z_z X_x - X_y^2 - Y_z^2 - Z_x^2 = 0, \quad 10.$$

und ſind alle drei Hauptſpannungen gleich Null, ſo hat man noch:

$$X_x + Y_y + Z_z = 0. \qquad 11.$$

Verſchwindet eine Hauptſpannung, ſo folgt aus 2. mit 9. zur Berechnung der beiden übrigen:

$$h^2 - h(X_x + Y_y + Z_z) + X_x Y_y + Y_y Z_z + Z_z X_x - X_y^2 - Y_z^2 - Z_x^2 = 0, \qquad 12.$$

verſchwinden zwei Hauptſpannungen, ſo liefert 12. mit 10. für die verbleibende:

$$h = X_x + Y_y + Z_z, \qquad 13.$$

und iſt auch die dritte Hauptſpannung gleich Null, ſo exiſtieren bei dem betreffenden Punkte überhaupt keine Spannungen. In obigen Gleichungen iſt den üblichen Vorausſetzungen entſprechend geſetzt [9], S. 30, 125, 143:

$$X_y = Y_x, \qquad Y_z = Z_y, \qquad Z_x = X_z, \qquad 14.$$

was auch im folgenden geſchehen wird.

In vielen Fällen iſt von vornherein bekannt oder angenommen, daß alle einer beſtimmten Ebene parallelen Flächenelemente nur von Normalſpannungen oder gar nicht beanſprucht werden (bei der Biegung gerader und einfach gekrümmter Stäbe die Flächenelemente parallel der Biegungsebene, bei Unterſuchung des Erddrucks auf Stützmauern diejenigen parallel dem Mauerquerſchnitt u. ſ. w.). Werden dann, wie üblich, die Achſen der x, y parallel jener Ebene, aber ſonſt beliebig gewählt, ſo ſind in obigen Gleichungen $X_z = Z_x = 0$, $Y_z = Z_y = 0$, C bildet eine Hauptſpannung, während ſich die zwei übrigen aus

$$h = \frac{1}{2}(X_x + Y_y \pm \sqrt{(X_x - Y_y)^2 + 4 X_y^2}) \qquad 15.$$

mit den beiden angedeuteten Vorzeichen ergeben. Setzt man in

$$\cos(n\,x) = \pm \sqrt{\frac{h - Y_y}{2h - X_x - Y_y}} \qquad 16.$$

für h den Wert einer der Hauptſpannungen A, B, ſo folgen mit den beiden Vorzeichen die einander entgegengeſetzten Normalenrichtungen derjenigen zwei Flächenelemente, welche durch dieſe Hauptſpannung ergriffen ſind. Bezeichnet $\alpha = (n\,x) + 90°$ den poſitiven, von 0 bis 360° variierenden Winkel der Spur eines Flächenelements ſenkrecht der xy-Ebene mit der poſitiven Richtung der x-Achſe, ſo hat man auch:

$$\operatorname{tg}\alpha = -\frac{X_y}{h - X_x} = -\frac{h - Y_y}{X_y}. \qquad 17.$$

Setzt man hierin $h = A$, ſo ergibt ſich die Richtungslinie der durch A beanſpruchten Flächenelemente und der Hauptſpannungen B; ſetzt man $h = B$, ſo findet ſich die Richtungslinie der von B ergriffenen Flächenelemente und der Hauptſpannungen A. Unter den gewöhnlichen Vorausſetzungen der Biegungstheorie gerader und einfach gekrümmter Stäbe (ſ. Biegung) hat man, wenn die x-Achſe bei Anwendung obiger Beziehungen parallel der Stabachſe gelegt wird, mit $X_x = \sigma$, $X_y = \tau$, $Y_y = 0$:

$$h = \frac{1}{2}(\sigma \pm \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}). \qquad 18.$$

Die drei Hauptſpannungen ſind in dieſem Falle:

$$A = \frac{1}{2}(\sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}), \qquad B = \frac{1}{2}(\sigma - \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}), \qquad C = 0. \qquad 19.$$

Ueber σ, τ ſ. Bd. 1, S. 792, 798. Vgl. Spannungstrajektorien. Ueber reduzierte Hauptſpannungen ſ. Feſtigkeitsbedingung, Bd. 3, S. 716.

Ableitung vorſtehender Gleichungen [9], §§ 14, 18, weitere Beziehungen für Hauptſpannungen und Anwendungen [9], §§ 14—18, [10], A. 15—21. Für vollkommene Flüſſigkeiten ſind die Spannungen auf alle beliebig gerichteten Flächenelemente bei einem Punkte m gleich große Normalſpannungen und alſo auch $A = B = C = -p$, [9], §§ 45, 63. Ausdrücke der Spannungen durch die Verſchiebungen für andre iſotrope Körper ſ. Bd. 3, S. 391.

Literatur: [1] Lamé, Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides, Paris 1852, S. 56 (auch 1866, S. 56). — [2] Clebſch, Theorie der Elaſtizität feſter Körper, Leipzig 1862, S. 16. — [3] Navier, De la résistance des corps solides, avec des notes et des appendices de Saint-Venant, Paris 1864, S. 774. — [4] Winkler, Die Lehre von der Elaſtizität und Feſtigkeit, Prag 1867, S. 8. — [5] Kirchhoff, Vorleſungen über mathematiſche Phyſik, Mechanik, Leipzig 1877, S. 115. — [6] Klein, Theorie der Elaſtizität, Akuſtik und Optik, Leipzig 1877, S. 16. — [7] Grashof, Theorie der Elaſtizität und Feſtigkeit, Berlin 1878, S. 10. — [8] Mohr, Ueber die Darſtellung des Spannungszuſtandes und des Deformationszuſtandes eines Körperelements, Civilingenieur 1882, S. 113. — [9] Weyrauch, Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1884, S. 14, 45. — [10] Derſ., Aufgaben zur Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1885, S. 29 u. ſ. w. — [11] Neumann, Vorleſungen über die Theorie der Elaſtizität der feſten Körper und des Lichtäthers, Leipzig 1885, S. 26. — [12] Brauer, Feſtigkeitslehre, Leipzig 1905, S. 13, 19, 27. — Weitere Literatur ſ. Elaſtizitätslehre, allgemeine. *Weyrauch.*

Hauptſpannungen, reduzierte, ſ. Feſtigkeitsbedingungen, Bd. 3, S. 717.

Hauptſpant, die Spantform eines Schiffes, die einen Querſchnitt durch den Schiffsrumpf an der breiteſten Stelle wiedergibt, ſ. Schiffszeichnung und Schiffsberechnung. *T. Schwarz.*

Hauptſpeiſegraben (Hauptzubringer), ein Graben, welcher für die Scheitelſtrecke eines Schiffahrtskanals ſowie mehr oder weniger auch für die unteren Haltungen (ſ. d.) das nötige Waſſer zuführt.

Die Entnahme des Waſſers erfolgt entweder unmittelbar aus natürlichen Gerinnen oder aus Refervoiren (ſ. d.). Kann aus einem Flußgebiete nicht hinreichend Waſſer beſchafft

werden, ſo ſind auch mehrere ſolche Hauptſpeiſegräben anzulegen. Der Hauptſpeiſegraben erfordert oftmals große Länge und bedeutende Bauten. Bezüglich ſeiner ſchließlichen Waſſerabgabe ſind die Verluſte wegen Verſickerung durch entſprechende Zuſchläge zur Waſſerentnahme zu berückſichtigen. Allgemeine Anlage und Ausgeſtaltung wie bei den gewöhnlichen Speiſegräben (ſ. d.).

Literatur: [1] Franzius, Der Waſſerbau, 2. Abt., 2. Hälfte: Schleuſen, Schiffahrtskanäle, Leipzig 1895, S. 420. — [2] Annales des ponts et chaussées 1851, I, S. 289; 1880, II, S. 241. — [3] de Mas, F. B., Cours de navigation intérieure de l'école nationale des ponts et chaussées: Canaux, Paris 1904. *Pachnik.*

Hauptſtäbe, ſ. v. w. notwendige Stäbe, ſ. Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte.

Hauptſtichbalken, ſ. Balkenlage, Bd. 1, S. 530.

Hauptſtrahl, ſ. Balken, einfache (graph. Berechnung), Bd. 1, S. 523.

Hauptſtrommaſchine, ſ. Dynamomaſchine, Bd. 3, S. 185.

Hauptſyſtem eines Fachwerks, das aus den zur Stabilität notwendigen Stäben und Reaktionen allein gebildete Fachwerk; es iſt ſtatiſch beſtimmt. S. Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte, Bd. 3, S. 551. *Weyrauch.*

Haupttangenten, ſ. Flächentheorie.

Hauptträger einer Brücke, ſ. Brücken, eiſerne, Bd. 2, S. 333; vgl. a. Träger.

Hauptträgheitsachſen, -momente, ſ. Trägheitsmomente.

Hauptverſchiebungen. Wenn ein Punkt n ſich bezüglich eines Punktes m bewegt, ſo heißen die relativen Wege von n gegen m für die Einheit der anfänglichen Entfernung mn Verſchiebungen von n gegen m (Bd. 3, S. 390). Sind die Punkte m, n aus den anfänglichen Lagen m_0, n_0 nach m, n gelangt und denkt man ſich von m aus in der urſprünglichen Richtung n des Punktes n (Fig. 1) die Entfernung $m_0 n_0 = mn$ angetragen, ſo iſt nn_1 der Weg, welchen n hinſichtlich m zurückgelegt hat. In Fig. 1 iſt die Darſtellung dieſer Verhältniſſe der Klarheit halber auf die Ebene beſchränkt. Verlängert man die Gerade mn bis zum Punkte p, auf welchen das Perpendikel aus n_1 trifft, ſo ſind np und pn_1 die relativen Wege des Punktes n in der urſprünglichen Richtung von m aus und ſenkrecht zur ſelben, während

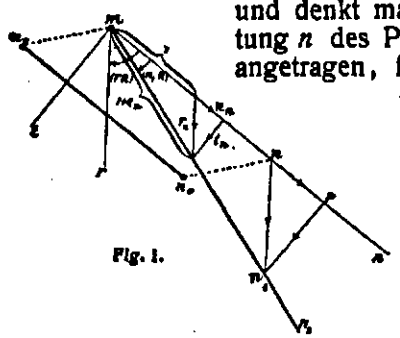


Fig. 1.

$$n_n = \frac{np}{mn}, \qquad t_n = \frac{pn_1}{mn}, \qquad r_n = \frac{nn_1}{mn}$$

die Normalverſchiebung, Transverſalverſchiebung und Totalverſchiebung ausdrücken. Dabei kann n_n poſitiv oder negativ ſein (je nachdem mp größer oder kleiner als mn iſt). Da man die Richtung des Punktes n von m aus auf ein Koordinatenſyſtem beziehen muß, ſo werden n_n, t_n, r_n von der Bewegung der Punkte m, n in Hinſicht desſelben abhängig (im Gegenſatze zu den Dehnungen, ſ. d., Bd. 2, S. 692). In einem Körper können bezüglich eines Körperpunktes m alle andern Körperpunkte n Verſchiebungen erleiden. Dieſelben laſſen ſich erfahrungsgemäß innerhalb gewiſſer Grenzen als ſtetige Funktionen des anfänglichen Orts der Punkte m, n anſehen, abgeſehen von möglichen Unſtetigkeitsſchnitten (Riſſe, Gelenke, Gleitflächen u.ſ.w.), derart, daß ſie für alle m unendlich benachbarten Punkte n nur von deren anfänglichen Richtungen von m aus abhängen (Bd. 3, S. 390). Die Maxima und Minima der Normalverſchiebungen n_n bei einem Punkte m heißen Hauptverſchiebungen daſelbſt. Es exiſtieren im allgemeinen drei verſchiedene Hauptverſchiebungen a, b, c, welche Punkten auf drei anfänglich zueinander ſenkrechten Richtungslinien (oder ſechs zueinander ſenkrechten Richtungen) entſprechen.

Werden die Verſchiebungen ſo bezeichnet (Fig. 1), daß die Hauptbezeichnung deren Richtung, der Index der anfänglichen Richtung des verſchobenen Punktes vom Bezugspunkte m aus entſpricht, ſo hat man

die Verſchiebungskomponenten in den Richtungen	x	y	z
für Punkte der anfänglichen Richtung x:	x_x	y_x	z_x,
„ „ „ „ „ y:	x_y	y_y	z_y,
„ „ „ „ „ z:	x_z	y_z	z_z.

Sind dieſe Komponenten für drei beliebige zueinander ſenkrechte Richtungen x, y, z bekannt, ſo ergeben ſich mit den Bezeichnungen:

$$g_{xy} = x_y + y_x, \qquad g_{yz} = y_z + z_y, \qquad g_{zx} = z_x + x_z \tag{1.}$$

die Hauptverſchiebungen als die drei Wurzeln $h = a$, $h = b$, $h = c$ der Gleichung:

$$4\,(h - x_x)(h - y_y)(h - z_z) - (h - x_x)\,g_{yz}^2 - (h - y_y)\,g_{zx}^2 - (h - z_z)\,g_{xy}^2 - g_{xy}\,g_{yz}\,g_{zx} = 0, \tag{2.}$$

welche auch geſchrieben werden kann:

$$4h^3 - 4h^2(x_x + y_y + z_z) + 4h\left[(x_x y_y + y_y z_z + z_z x_x - \frac{1}{4}(g_{xy}^2 + g_{yz}^2 + g_{zx}^2)\right] \tag{3.}$$
$$- (4\,x_x y_y z_z - x_x g_{yz}^2 - y_y g_{zx}^2 - z_z g_{xy}^2 + g_{xy}\,g_{yz}\,g_{zx}) = 0.$$

Die Winkel einer beliebigen Richtung n mit den (poſitiven) Richtungen x, y, z ſeien $(n\,x)$, $(n\,y)$, $(n\,z)$. Subſtituiert man einen der Werte $h = a, b, c$ in

$$s_1 = (h - x_x)\,2\,g_{yz} + g_{zx}\,g_{xy}, \quad s_2 = (h - y_y)\,2\,g_{zx} + g_{xy}\,g_{yz}, \quad s_3 = (h - z_z)\,2\,g_{xy} + g_{yz}\,g_{zx}, \tag{4.}$$

ſo folgen aus

$$\cos(n\,x) = \frac{s_2\,s_3}{w}, \qquad \cos(n\,y) = \frac{s_3\,s_1}{w}, \qquad \cos(n\,z) = \frac{s_1\,s_2}{w}, \tag{5.}$$

mit den beiden Vorzeichen von $w = \pm\sqrt{(s_1 s_2)^2 + (s_2 s_3)^2 + (s_3 s_1)^2}$ (6.) die beiden einander entgegengeſetzten Richtungen n, für welche dieſe Hauptverſchiebung eintritt. Für alle beliebigen zueinander ſenkrechten Richtungen x, y, z ſind von gleichen Werten:

$$x_x + y_y + z_z = a + b + c, \tag{7.}$$

$$4\,(x_x y_y + y_y z_z + z_z x_x) - g_{xy}^2 - g_{yz}^2 - g_{zx}^2 = 4\,(ab + bc + ca), \tag{8.}$$

$$4\,x_x y_y z_z - x_x g_{yz}^2 - y_y g_{zx}^2 - z_z g_{xy}^2 + g_{xy}\,g_{yz}\,g_{zx} = 4\,abc, \tag{9.}$$

wonach ſich, wie bei den Hauptſpannungen (ſ. d.), diejenigen Beziehungen und Vereinfachungen ergeben, welche eintreten, wenn eine, zwei oder drei Hauptverſchiebungen gleich Null ſind. Bezeichnen ξ, η, ζ die Wege eines Körperpunktes m bei x, y, z in den Richtungen x, y, z, ſo ſind in obigen Gleichungen (Bd. 3, S. 390, Fig. 2):

$$x_x = \frac{\partial \xi}{\partial x}, \qquad y_z = \frac{\partial \eta}{\partial x}, \qquad z_x = \frac{\partial \zeta}{\partial x}, \tag{10.}$$

$$x_y = \frac{\partial \xi}{\partial y}, \qquad y_y = \frac{\partial \eta}{\partial y}, \qquad z_y = \frac{\partial \zeta}{\partial y}, \tag{11.}$$

$$x_z = \frac{\partial \xi}{\partial z}, \qquad y_z = \frac{\partial \eta}{\partial z}, \qquad z_z = \frac{\partial \zeta}{\partial z}, \tag{12.}$$

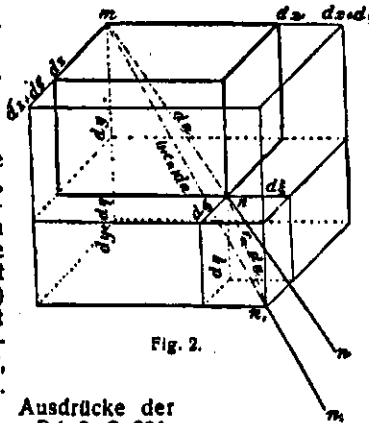


Fig. 2.

Ableitung obiger Gleichungen [3], §§ 21, 23, weitere Beziehungen betreffend die Hauptverſchiebungen [3], §§ 23, 30—32, 48, 49, 57, und [4], A. 25, 27, 31, 33. Die Hauptverſchiebungen gewinnen in der allgemeinen wie techniſchen Elaſtizitätslehre dadurch an Bedeutung, daß nur ſolche Bewegungen innerhalb der betrachteten Körper unterſucht zu werden pflegen, für welche die Dehnungen e_n (Fig. 1, 2) gleich den Normalverſchiebungen n_n geſetzt werden, womit auch die Hauptverſchiebungen an Stelle der Hauptdehnungen treten. Vgl. a. Dehnung, Bd. 2, S. 692, Feſtigkeitsbedingung, Bd. 3, S. 716, und [3], §§ 30, 32. Bezüglich der Bedeutung der Summe 7. ſ. Dilatation. Ausdrücke der Verſchiebungen durch die Spannungen für iſotrope Körper Bd. 3, S. 391.

Literatur: [1] Navier, De la résistance des corps solides, avec des notes et des appendices de Saint-Venant, Paris 1864, S. 549, 779. — [2] Kirchhoff, Vorleſungen über mathematiſche Phyſik, Mechanik, Leipzig 1877, S. 96. — [3] Weyrauch, Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1884, S. 60, 83 u. f. w. — [4] Derſ., Aufgaben zur Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1885, S. 55, 58 u. f. w. — [5] Neumann, Vorleſungen über die Theorie der Elaſtizität der feſten Körper und des Lichtäthers, Leipzig 1885, S. 37. — [6] Mathieu, Théorie de l'élasticité des corps solides, Paris 1890, S. 22. — [7] Poincaré, Leçons sur la théorie de l'élasticité, Paris 1892, S. 10. — [8] Voigt, Kompendium der theoretiſchen Phyſik, I, Leipzig 1895, S. 211. — Weitere Literatur ſ. unter Elaſtizitätslehre, allgemeine.

Weyrauch.

Haus, allſeitig geſchloſſener Raum zur Unterbringung von Perſonen und Sachen, in der Regel in der Bedeutung als Wohnhaus (ſ. d.) und dann mit Nebenbezeichnung nach Maßgabe der Inwohner (vgl. Arbeiterwohnhäuſer, Bauernhäuſer, Fiſcherhäuſer, Gutsbeſitzerwohnhäuſer); enthält der Raum vorzugsweiſe Sachen, ſo ſind letztere für die Bezeichnung maßgebend (z. B. Maſchinenhaus, Keſſelhaus, Turbinenhaus u. ſ. w.).

Hausanſchlüſſe, ſ. Gasbeleuchtung, Kanaliſationen der Privatgrundſtücke, Waſſerverſorgung (der Gebäude).

Hausboote, Flöße mit zum Bewohnen eingerichteten Aufbauten.

Haufenblaſe, ſ. Klebemittel.

Hausflur (Dähle, Oehrn u. ſ. w.), ſ. Diele.

Hausleitungen, ſ. Gasbeleuchtung und Waſſerverſorgung (der Gebäude).

Hausmannit, ein Mineral, Manganoxyduloxyd Mn_3O_4 (72,05 % Mn) nebſt kleinen Beimengungen von SiO_2 und BaO.

Kriſtalliſiert tetragonal; meiſt derb. Metallglänzend, undurchſichtig, eiſenſchwarz mit rotbraunem Strich. Spaltbar nach zwei Richtungen; ſpröde. Härte 5—5½, ſpez. Gew. 4,7—4,8.

Löslich in Salzfäure unter Chlorentwicklung. Vor dem Lötrohr unfchmelzbar. In großen Mengen bei Pajsberg und Nordmarken in Wermland (Schweden) im Dolomit vorkommend. Iſt zumeiſt im Braunſtein neben andern Manganverbindungen enthalten und teilt mit ihm deſſen Verwendungsarten (Mangangewinnung, Chlordarſtellung, Glafuren und Porzellanmalerei). *Leppla.*

Hausmarke, Zeichen an Häufern, um deren Beſitz zu vermerken.

Seit der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts faſt in ganz Europa gebräuchlich. Charakteriſtiſch an derſelben iſt ein ſenkrechter Strich (das Fulcrum), an den ſich andre Formen anſchließen, ſo daß Buchſtaben, griechiſche Kreuze, Merkurſtäbe, Maueranker, Krähenfüße u. ſ. w. entſtehen; ſpäter kamen Dreiecke, Vierecke, Pentagramme, Werkzeuge u. ſ. w. hinzu. Sie dürfen nicht mit den Steinmetzzeichen verwechſelt werden. *Weinbrenner.*

Hausrot, ſ. Ocker.

Hausſchwamm, ſ. Holzkonſervierung.

Hauſtein, entweder ein behauener oder ein zum Behauen beſtimmter Bruchſtein.

Hauſteinverband (Werkſteinverband), im Gegenſatz zu den bei den regelmäßig geformten künſtlichen Steinen verwendeten Verbandarten (ſ. Backſteinverband) derjenige Steinverband, bei welchem die zugerichteten natürlichen Steine (Werkſteine) nicht von gleicher Größe zu ſein brauchen, ſondern ſich der Formgebung des Bauwerks und den Regeln des Steinſchnitts anpaſſen. Bei regelmäßiger Form der Werkſteine entſteht der Quaderverband; ſ. d. und den Art. Steinſchnitt: *L. v. Willmann.*

Haustelegraphen, elektriſche Anlagen zur Uebermittlung von Signalen oder Nachrichten von einem Raume zum andern. Man unterſcheidet: 1. Haustelegraphenanlagen im engeren Sinne oder gewöhnliche Haustelegraphen, bei denen Wecker oder elektriſche Klingeln ſowie Anzeigeapparate mit Fallſcheiben (Tableaus) als Signalapparate dienen. 2. Haustelegraphenanlagen, bei denen Mikrophon und Fernhörer in ähnlicher Weiſe zur Uebermittlung der Nachrichten dienen wie beim öffentlichen Fernſprechbetriebe. 3. Pherophon- oder Mikrotelephonanlagen, bei denen unter Benutzung der Wecker, Fallſcheibenapparate, Batterien und Leitungen der gewöhnlichen Haustelegraphen ein Haustelephonbetrieb in kleinem Maßſtabe ermöglicht wird.

I. Gewöhnliche Haustelegraphenanlagen.

1. **Apparate.** — a) Kontaktvorrichtungen. — Sie dienen dazu, den zur Betätigung der Wecker und Anzeigeapparate erforderlichen elektriſchen Strom durch Aufeinanderpreſſen zweier Stromſchlußfedern *a* und *b* (Fig. 1) in die Leitung zu ſenden. Man unterſcheidet hauptſächlich: Druckkontakte, Zugkontakte, Tretkontakte und Fortſchellkontakte.

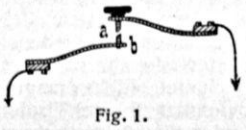


Fig. 1.

Die einfachſte Form der Druckkontakte iſt der „Druckknopf" oder Kontaktknopf (Fig. 2), der an der Wand, und zwar zweckmäßig in der Nähe der Türen befeſtigt wird, damit man nicht in der Aufſtellung der Möbel behindert iſt. Die beiden ſchneckenförmig gebogenen Stromſchlußfedern beſtehen aus Neuſilber, der bewegliche Druckknopf, der durch die obere größere Feder ſo weit nach außen gedrückt wird, bis er mit ſeinem Rande an dem auf die Grundplatte aufgeſchraubten roſettenförmigen Deckel ein Widerlager findet, wird aus Holz, Porzellan, Elfenbein oder Horn gefertigt. In der Ruhelage des Druckknopfes tritt eine Berührung der beiden Neuſilberfedern, von denen iſolierte Drähte durch ein Loch der Grundplatte nach der Leitungsanlage führen, nicht ein. Ein Stromſchluß erfolgt nur dann, wenn durch Niederdrücken des Knopfes die Kontaktfedern einander berühren. Hört der Druck wieder auf, ſo bewirkt die Elaſtizität der Federn die ſofortige Aufhebung des Kontaktes. Die Druckkontakte ſtellt man je nach den Verwendungszwecken in den mannigfaltigſten Formen her; man fertigt Wandkontakte mit mehreren auf eine Holzplatte montierten Druckknöpfen, Druckkontakte für Haus- und Korridortüren, ferner Birnenkontakte, Preß- oder Quetſchkontakte und Tiſchkontakte. Letztere Kontaktvorrichtungen dienen der Bequemlichkeit, indem ſie es ermöglichen, das Klingelſignal vom Sitze oder vom Ruhelager aus zu geben.

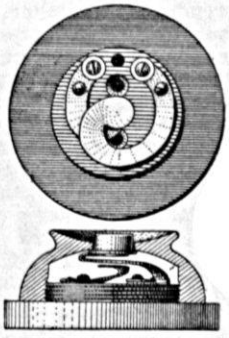


Fig. 2.

Birnenkontakte werden aus allen Holzarten und auch aus Metall mit einer, zwei und mehr Drucktaſten hergeſtellt. Der Konſtruktion der Drucktaſten liegt das Prinzip der gewöhnlichen Druckkontakte zugrunde. Das zur Verbindung der Birne mit der Leitungsanlage dienende Kabel hat demnach drei oder mehr Leitungsadern. Bei der dreikontaktigen Birne befinden ſich die drei Kontaktfedern f_1 f_2 f_3 (Fig. 3) auf einem Einſatzſtück aus Holz, an dem unten die gemeinſchaftliche Kontaktplatte *r* in Geſtalt eines Metallringes *r* angeſchraubt iſt. Zu jeder Kontaktfeder und zu der mit dem Metallringe verbundenen Metallplatte *p* führt je eine Ader des Verbindungskabels.

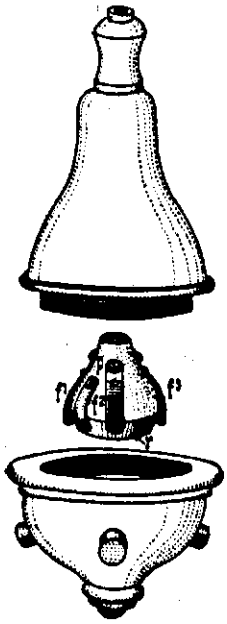


Fig. 3.

Preß- oder Quetſchkontakte beſtehen meiſt aus einem aufgeſchlitzten Holzzylinder, deſſen innere Flächen mit zwei Metallſcheiben belegt ſind, die in der Ruhelage einander nicht berühren.

Tiſchkontakte kommen hauptſächlich für Schreibtiſche und Speiſetiſche zur Verwendung. Ihre einfachſte Ausführungsform beſteht aus einem gewöhnlichen Druckknopfe, wie er für feſte Wandkontakte Verwendung findet. Die Grundplatte iſt mit einer Bleieinlage beſchwert. Elegantere Formen ſind den beſſeren Briefbeſchwerern nachgebildet.

Zugkontakte werden hauptſächlich für Haus- und Korridortüren verwendet und ſind folgendermaßen konſtruiert. Eine Zugſtange z (Fig. 4) wird mit ihrem Knopf k in der Ruhelage durch die Wirkung der Spiralfeder f gegen die auf der Grundplatte g befeſtigte Roſette r gedrückt. Auf der Rückſeite der Grundplatte iſt ein Hartgummiſtück angeſchraubt, das die beiden Kontaktfedern c und c_1 trägt. Dieſe berühren in der Ruhelage das aus einem Hartgummiring beſtehende Iſolierſtück i der Zugſtange,

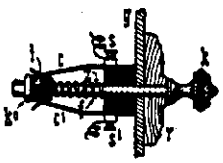


Fig. 4.

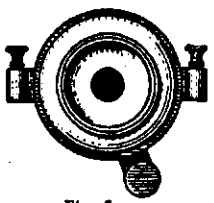


Fig. 5.

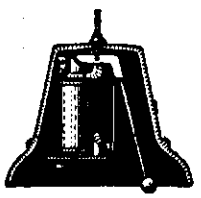


Fig. 6.

hinter dem die Kontaktſcheibe k^0 angebracht iſt. Die Zuführungsdrähte werden an die Klemmſchrauben s und s_1 gelegt. Sobald an dem Knopf k gezogen wird, gelangt die Kontaktſcheibe ko zwiſchen die Kontaktfedern c und c_1 und ſtellt Stromſchluß her.

Tretkontakte oder Fußbodenkontakte kommen als feſte oder transportable Kontaktvorrichtungen zur Verwendung und werden zumeiſt unter Schreibtiſchen und Speiſetiſchen ſo angeordnet, daß ſie unbemerkbar durch einen Druck mit dem Fuße betätigt werden können.

Fortſchellkontakte (Fig. 5) ermöglichen eine dauernde Signalgebung. Sie beſtehen aus einem gewöhnlichen Druckknopf, auf deſſen Rückſeite noch eine Fortſchellvorrichtung angebracht iſt. Letztere beſteht aus einem einfachen Hebel, der in entſprechender Lage dauernden Kontakt zwiſchen den Stromſchlußfedern herſtellt. Bei dieſer Hebellage arbeiten die in die Leitung eingeſchalteten Wecker andauernd; ſie läuten ſo lange, bis der Hebel wieder zurückgeſchoben wird. Ueber Sicherheitsfeuermelde- und Notſignalkontakte ſ. Alarmvorrichtungen und Feuerſchutz, über ſonſtige Kontakte: Badezimmerkontakte, luft- und waſſerdichte Kontakte für Bergwerke und Gruben; ſ. [1].

b) Wecker. — Am häufigſten finden die unter Alarmvorrichtungen bereits beſchriebenen Raſſelwecker für Selbſtunterbrechung, weniger ſolche für Nebenſchlußſchaltung Verwendung. Einige der gebräuchlichſten Ausführungsformen des Raſſelweckers ſind die Wecker mit Schalmeiglocke oder Ruffenglocke und die Tirolerglocken. Erſtere kommen da zur Verwendung, wo mehrere Wecker an einem Orte vorhanden ſind und ſich daher durch verſchiedenen Klang unterſcheiden müſſen. Die Tyrolerglocken ſind kräftig tönende Läutewerke für Fabriken, öffentliche Gebäude u. ſ. w., bei denen der auf Selbſtunterbrechung geſchaltete Elektromagnet ſich im Innern der Glocke befindet und daher vor Witterungseinflüſſen geſchützt iſt. Bei Tirolerglocken, die beſonders laute und ausklingende Schläge geben ſollen, werden die Elektromagnetkerne (Fig. 6) durch Polſchuhe p nach oben verlängert. Die Polſchuhe ſind entſprechend der Schwingungskurve des Ankers ausgeſchnitten, ſo daß dieſer dicht vor ihnen frei ſchwingt. Es wird dadurch ein ſtarker Hub und ein freies Ausſchwingen des Klöppels bedingt. Wecker, die zur dauernden Verwendung im Freien beſtimmt ſind, erhalten waſſerdichte Gehäuſe. Beſonders widerſtandsfähig gegen Feuchtigkeit, chemiſche Einflüſſe u. ſ. w iſt der waſſer- und gasdichte Membranwecker der Firma Siemens & Halske, A.-G., Nonnendamm bei Berlin, der ſogar unter Waſſer Verwendung finden kann, ohne zu leiden. Der dichte Abſchluß wird durch eine Membran erreicht, die als flache Scheibe über dem Abſchnitt eines das Weckerwerk umſchließenden Gußeiſengehäuſes mit dieſem verlötet iſt oder als Zylinder einen Teil des Gehäuſes bildet und die an der äußeren Seite den Klöppel und an der inneren den Anker trägt.

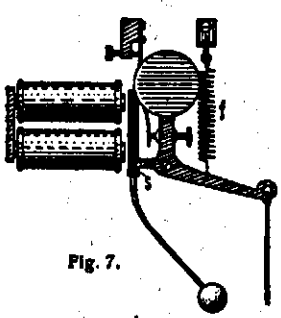


Fig. 7.

Soll ein Wecker neben dem Glockenſignal noch ein ſichtbares Zeichen geben, ſo wird er mit einer Markierſcheibe verſehen, die am Mittelarm eines dreiarmigen Winkelhebels (Fig. 7) befeſtigt iſt. Der kurze, keilförmig zugeſpitzte Arm dieſes Winkelhebels ruht mit ſeinem äußerſten Ende auf einem in den Wecker eingelaſſenen Stift s. Wird der Anker durch den Elektromagnet angezogen, ſo verliert der Winkelhebel ſeinen Stützpunkt bei s und dreht ſich unter der Wirkung der Spiralfeder f, ſo daß die Markierſcheibe hinter dem im Schutzkaſten des Weckers angebrachten Glasfenſterchen ſichtbar wird. Durch einen kurzen Zug an der am dritten Arme des Winkelhebels angebrachten Schnur wird die Markierſcheibe wieder in die Ruhelage eingeſtellt.

Fortſchellwecker läuten bei einmaligem Druck des Kontaktknopfes ſo lange weiter, bis der Fortſchellmechanismus durch einen Zug an der Schnur eines ſeitlich am Apparat befindlichen Hebels abgeſtellt wird.

Läutewerke für Einzelſchläge geben in kurzen Zeitpauſen von 2 oder mehr Sekunden einen langſam ausklingenden ſtarken Ton. Von dieſen ſind beſonders hervorzuheben: das Läutewerk für Einzelſchläge von Theodor Wagner in Wiesbaden [1] und die langſam ſchlagende Glocke oder der Univerſalwecker von Mix & Geneſt in Berlin [2].

Summer oder Schnarrwecker haben weder Glocke noch Klöppel. Das ſchnarrende Signal wird durch die ſchnellen Schwingungen des Weckerankers hervorgebracht.

Klangfederwecker beſitzen an Stelle der Glockenſchale eine aus Stahldraht gewundene Klangfeder, wie ſie bei Zimmeruhren verwendet werden.

c) Fallſcheibenapparate (Tableaus) kommen in den Zentralſtellen der Haustelegraphenanlagen mit einer größeren Anzahl von Anrufſtellen zur Verwendung; es ſind Anzeigevorrichtungen, die außer einem für alle Leitungen gemeinſamen Wecker noch für jede Leitung eine beſondere Fallſcheibenklappe enthalten. Man unterſcheidet hauptſächlich Apparate mit mechaniſcher und ſolche mit elektriſcher Abſtellung.

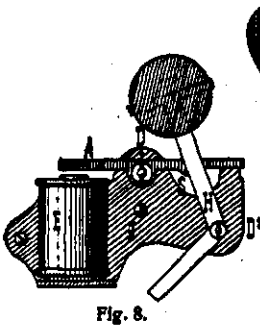


Fig. 8.

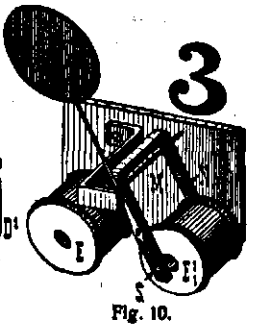


Fig. 10.

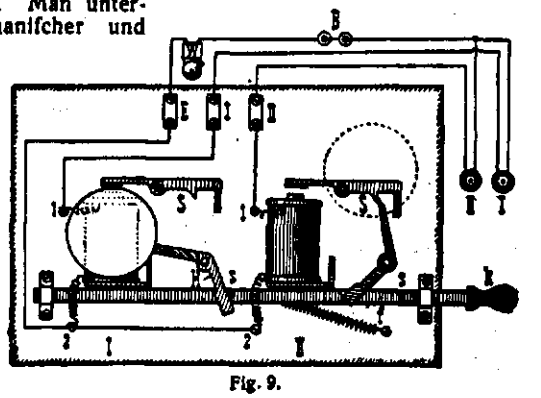


Fig. 9.

Fallſcheibenapparate mit mechaniſcher Abſtellung. Auf den Eiſenkern des Elektromagneten *E* (Fig. 8) iſt eine Drahtrolle aufgeſchoben; der zweite Pol wird durch das rechtwinklig umgebogene Stück *g* des Geſtells gebildet. Der Elektromagnetanker *A* iſt um *D* drehbar und beſitzt an ſeinem rechten Ende einen Sperrhaken *S*, gegen den ſich der um D_1 drehbare Hebel *H* legt. Wird der Anker durch den elektriſchen Strom angezogen, ſo gibt der Sperrhaken *S* den Hebel *H* frei. Infolge ſeines Eigengewichts fällt der Hebel *H*, deſſen oberer Arm eine Scheibe mit einer Nummer oder einer ſonſtigen Bezeichnung trägt, nach vorn. Jede Leitung enthält eine Fallſcheibenklappe; die Klappen werden in einen hölzernen Kaſten eingebaut. Die Vorderwand dieſes Kaſtens beſteht aus einer Glasplatte, deren Rückſeite mit Ausnahme der Stellen ſchwarz gedeckt iſt, hinter denen die herabfallenden Schauzeichen ſichtbar werden ſollen. Fig. 9 veranſchaulicht einen Apparat mit zwei Fallklappen. Die Klappe I iſt durch einen Anruf zum Abfallen gelangt, während II ſich in der Ruheſtellung befindet. Die mit den Klemmen I und II des Apparatkaſtens zu verbindenden Leitungen führen von dieſen Klemmen zu den Klemmen 1, an die je ein Ende der Elektromagnetwicklung gelegt iſt; das andre Ende iſt an die Klemme 2 geführt. Sämtliche Klemmen 2 werden untereinander verbunden; dieſe Drahtverbindung iſt an die Klemme *E* geführt, an welche auch die für ſämtliche Leitungen gemeinſame Rückleitung gelegt iſt. In die gemeinſame Rückleitung iſt ein für alle Leitungen gemeinſamer Wecker *W* und eine gemeinſame Batterie *B* eingeſchaltet. Die mechaniſche Vorrichtung zum Aufrichten der Klappen beſteht aus einer in zwei Führungen verſchiebbaren Meſſingſtange mit dem Knopf *k*, die durch eine Spiralfeder *f* nach rechts gezogen wird. Auf der Meſſingſtange ſitzt für jede Fallſcheibe ein Stift *s*, der den unteren Arm des Hebels *H* nach vorn drückt, ſobald die Stange nach links geſchoben wird. Der obere Arm des Hebels *H* bewegt ſich dadurch in ſeine nahezu ſenkrechte Ruhelage, und ſeine Schneide legt ſich hinter den Sperrhaken *S*, wodurch die Klappe wieder in der Ruhelage feſtgelegt iſt.

An Stelle der gewöhnlichen Fallklappen kommen namentlich in größeren Anlagen für Hotels u. ſ. w. Schauzeichen mit drehbarer Zeichenſcheibe zur Verwendung. Je nachdem man mittels des Druckknopfes einen, zwei oder drei Stromſtöße ſendet, wird die Zeichenſcheibe um ein Viertel, zwei oder drei Viertel gedreht, ſo daß hinter dem Fenſter des Apparatkaſtens die Zahl 1, 2 oder 3 erſcheint [1].

Fallſcheibenapparate mit elektriſcher Abſtellung (Stromwechſeltableaus). Sie ſind für ſtarken Betrieb zu empfehlen; die Abſtellung geſchieht bei ihnen durch den elektriſchen Strom langſam und ſtoßfrei, ſo daß ſie erheblich länger betriebsfähig bleiben als Apparate mit mechaniſcher Abſtellung. Das Schauzeichen (Fig. 10) beſteht aus zwei voneinander unabhängigen, jedoch auf gemeinſamer Grundplatte befeſtigten Elektromagneten *E* und E_1. Zwiſchen ihnen iſt ein Hufeiſenmagnet *M* in einem auf der Grundplatte angeſchraubten Winkelſtück drehbar ſo angeordnet, daß er ſich mit ſeinen Polen gegen *E* oder E_1 anlegen kann. An dem Hufeiſenmagnet iſt ein Arm mit einer ſchwarzen Scheibe befeſtigt, die ſo ſchwer iſt, daß ſie mit dem Magnet in der ihm durch die Stromwirkung gegebenen Lage liegen bleibt. In der Ruhelage ſteht die ſchwarze Scheibe vor dem Fenſterchen des Apparatkaſtens. Wird aber durch die Spule des Elektromagnets *E* ein Strom ſo geſchickt, daß der Elektomagnetkern den Hufeiſenmagnet abſtößt,

ſo bewegt ſich letzterer nach rechts und legt ſich gegen den Elektromagnet E_1. Die ſchwarze Scheibe legt ſich infolgedeſſen nach links und läßt die hinter ihr befindliche Ziffer ſichtbar werden. In der Zeichnung hat der Hufeiſenmagnet den Südpol S vorn, den Nordpol N alſo hinten; die Stromrichtung muß demgemäß ſo ſein, daß das vordere Ende des Elektromagnetkerns E ebenfalls ſüdpolariſch und das hintere nordpolariſch wird. Die Abſtellung der Fallklappe geſchieht durch die Wirkung eines elektriſchen Stromes auf den Elektromagnet E_1. Dieſer Strom muß ebenfalls ſo gerichtet ſein, daß der Elektromagnet E_1 den Hufeiſenmagnet abſtößt; alſo es muß wiederum vorn ein Südpol und hinten ein Nordpol gebildet werden. Die Signalſcheibe wird damit in ihre Ruhelage zurückgebracht und verdeckt wieder die Schauzeichenziffer. Fig. 11 ſtellt einen Stromwechſelapparat mit zwei Klappen in Verbindung mit einem Wecker W ſchematiſch dar (E = Klemme für die gemeinſchaftliche Rückleitung, 1 und 2 = Leitungsklemmen, Z und K = Klemmen für die Batteriezuführungen, $E_1\,E_1'$ und $E_2\,E_2'$ = Klappenelektromagnete, D = Abſtellkontakt). Für kleinere Anlagen, wo ſich die Bedienung dauernd in der Nähe des Schauzeichenkaſtens aufhält, kommen auch

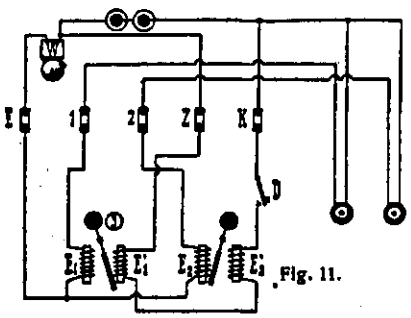


Fig. 11.

Apparate mit Pendelklappen zur Anwendung, die nach einigem Hinundherſchwingen von ſelbſt in die Ruhelage zurückkehren. — In größeren Anlagen kommen noch beſondere Kontrollapparate zur Anwendung, die es ermöglichen, von einer Stelle aus die Aufſicht darüber zu führen, daß die angezeigten Anrufe ſofort beachtet werden. Vielfach in Gebrauch findet ſich zu dieſem Zwecke der Kontrollapparat mit Magnetnadelanzeiger der Firma Mix & Geneſt in Berlin [2].

2. **Schaltungen.** Die Schaltung einer Haustelegraphenanlage muß möglichſt einfach und überſichtlich ſein, damit die Anlage gut und zuverläſſig arbeitet und damit bei auftretenden Fehlern dieſe leicht gefunden werden können. Die nachſtehend aufgeführten Schaltungen enthalten einige für die Praxis beſonders in Betracht kommenden Fälle; an der Hand derſelben wird man ſich die Schaltungen für andre Fälle ſelbſt entwerfen können.

a) Die gewöhnliche elektriſche Klingelanlage mit einem Wecker und einem oder mehreren

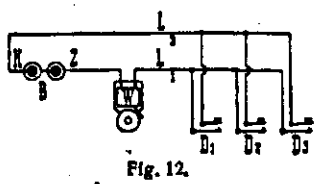


Fig. 12.

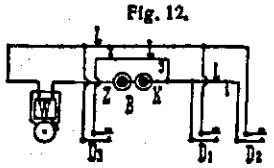


Fig. 13.

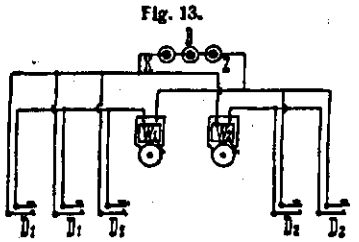


Fig. 14.

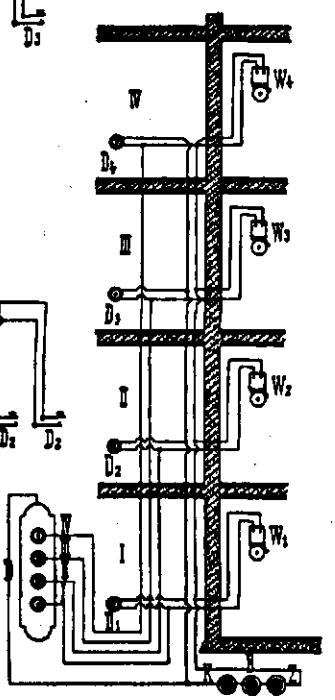


Fig. 15.

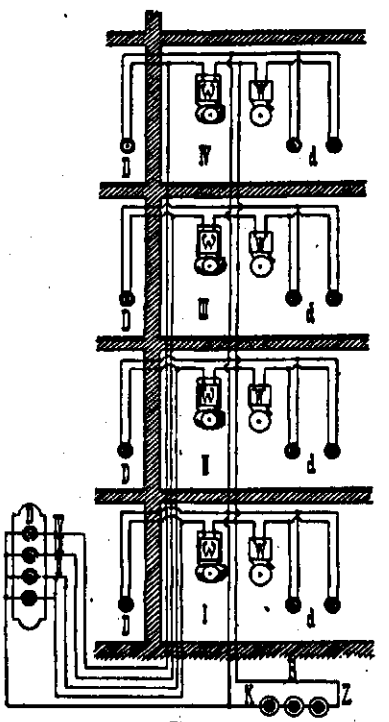


Fig. 16.

Druckknöpfen (Fig. 12). Man legt durch alle Räume, in welchen Druckknöpfe oder ſonſtige Kontaktvorrichtungen $D_1\,D_2\,D_3$ angebracht werden ſollen, vom Wecker W aus einen Leitungsdraht L_1 und verbindet dieſen durch angelötete Abzweigungsdrähte mit einer Kontaktfeder jedes Knopfes. Die zweite Feder jedes Knopfes wird mit der gemeinſamen Rückleitung L_4 und durch dieſe mit dem Kupferpol K der Batterie verbunden. Der Zinkpol Z der Batterie ſteht mit dem Wecker in Verbindung. Kann die Batterie nicht beim Wecker aufgeſtellt werden, ſo daß z. B. die Anbringung eines Kontaktknopfes D_3 (Fig. 13) zwiſchen Batterie und Wecker erforderlich iſt, ſo muß der Abzweigungsdraht L_3 bis zum Drahte L_1, d. h. bis zum Kupferpole der Batterie verlängert werden.

b) **Signalanlage mit zwei Weckern und mehreren Kontaktvorrichtungen** (Fig. 14). Durch den Schluß der Kontaktvorrichtungen D_1 wird der Wecker W_1 und durch den Schluß von D_2 der Wecker W_2 zum Ertönen gebracht.

c) **Einfache Signalanlage für ein Wohnhaus.** Schaltung Fig. 15 sieht für jede der vier Etagen einen Wecker W_1, W_2, W_3, W_4 vor, der sowohl durch einen Druck- oder Zugkontakt D *I—IV* an der Haustür als auch durch einen solchen D_{1-4} an der Korridortür in Tätigkeit versetzt werden kann. Soll neben dem Wecker noch in jeder Etage ein zweites Läutewerk angebracht werden, das durch die in den einzelnen Zimmern befindlichen Kontaktvorrichtungen d in Tätigkeit gesetzt werden kann, so hat die Schaltung nach Fig. 16 zu erfolgen. Die Batterie B, die gemeinsam für das ganze Haus verwendet wird, ist zweckmäßig im Keller unterzubringen.

d) **Einfache Fallscheibenanlage für ein ganzes Haus** (Fig. 17). Die Wecker W_1 werden von der Kontaktplatte D_1 vom Haustor aus, die Wecker W_2 von dem entsprechenden Druckknopf D_2 an der Vorsaaltür und die Wecker W_3 sowie die Fallscheiben von dem entsprechenden Druckknopf D_3 in den einzelnen Zimmern betätigt. Die Wecker müssen mit verschieden tönenden Glockenschalen ausgerüstet werden, damit man schon am Ton erkennen kann, woher der Anruf gekommen ist. Die für die gesamte Anlage gemeinschaftliche Batterie B ist ebenfalls zweckmäßig im Kellergeschoß unterzubringen. Will man aber bei größeren Anlagen in Häusern mit vielen Etagen die Betriebsfähigkeit der Anlage nicht von dem Zustande einer einzigen Batterie abhängig machen, so werden besondere Batterien in jeder Etage aufgestellt. Diese werden an denjenigen Stellen in die einzelnen Etagenstromkreise eingeschaltet, wo die Zuführungen zu den Weckern und Druckknöpfen von den gemeinschaftlichen Batteriedrähten abzweigen; letztere kommen hier in Wegfall.

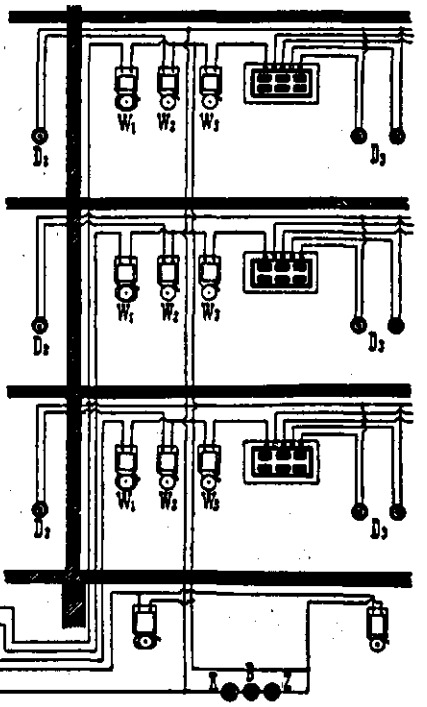


Fig. 17.

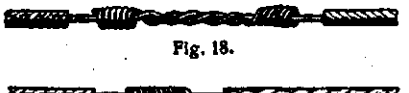


Fig. 18.

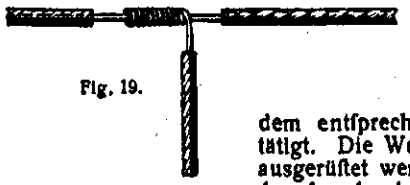


Fig. 19.

3. **Stromquellen.** Bisher wurden vorzugsweise die in zahlreichen Formen ausgeführten nassen Zinkkohlenelemente (Leclanché-Elemente) benutzt. Bewährt haben sich u. a. besonders: Das Kohlenelement der Reichstelegraphie, das Standkohlenelement von Mix & Genest in Berlin, das Braunsteinelement von Keiser & Schmidt in Berlin, das Briketteelement von A. Lessing in Nürnberg und das Beutelbriketteelement von Mix & Genest. In neuerer Zeit findet dagegen die als „Trockenelement" bezeichnete Ausführungsform des Zinkkohlenelements immer mehr Eingang. Das Trockenelement enthält die Flüssigkeit in Form eines Breies oder einer feuchten Paste und ist oben dicht verschlossen; es kommt bereits gebrauchsfertig in den Handel, läßt sich leicht transportieren und bequem handhaben. Bewährte Trockenelemente sind u. a. das Gaßnersche Trockenelement, das Hellesen-Patenttrockenelement, das Hydra-Patenttrockenelement, das Trockenelement Electra, das Element Thor, Lessings Dauerelement sowie die Trockenelemente von Eggert, Schneeweis und Eschenbach. Die angeführten Stromquellen kommen auch für Haustelephonanlagen zur Verwendung; für größere derartige Anlagen werden zuweilen auch Sammler, Akkumulatoren oder Sekundärelemente benutzt.

4. **Herstellung der Leitungen.** Zu den Leitungen für Haustelegraphen und Haustelephone innerhalb der Räume wird ausschließlich isolierter Kupferdraht verwendet, der im allgemeinen einen Durchmesser von 1 mm besitzt. Zur Isolierung des Drahtes dienen: Guttapercha, Gummi, mit Wachs oder Asphalt getränkte Baumwolle u. s. w. Zum Schutz gegen äußere Beschädigung und gegen Feuchtigkeit sowie zur Erhöhung der Isolierfähigkeit wird die Leitung in der Regel mit einer Umspinnung aus Baumwolle oder Zwirn, einer Umwicklung von Hanfband u. dergl. versehen und in besonderen Fällen mit einem Bleimantel umpreßt oder in Isolierrohr aus Papier eingezogen. Die äußere Umhüllung des Leitungsdrahtes wird in den verschiedensten Farben hergestellt. Zur Befestigung freiliegender Leitungen in trockenen Räumen dienen eiserne Drahtstifte, Haken und Klammern, die zum Schutz gegen Verrosten verzinkt sein müssen. Für feuchte Räume sind Bleirohrkabel zu empfehlen, oder man muß die Wachsdrähte über kleine Isolierrollen aus Porzellan führen. In vornehmen Räumen, wo die Leitungen dem Auge entzogen sein sollen, zieht man die Drähte in Isolierrohre, die in Rinnen des Mauerputzes eingelassen und vergipst werden. Es kommen hauptsächlich sogenannte Bergmann-Rohre (Firma Bergmann, A.-G., Berlin 65) zur Verwendung, die aus mit schwer schmelzbarem Kohlenwasserstoff getränktem Papier in Längen von 3 m und Weiten von 9—29 mm hergestellt werden. Zur Ver-

bindung zweier Drähte entfernt man an den zu verbindenden Stellen die Iſolierung auf etwa 6 cm mit einem Meſſerrücken oder durch Abbrennen; dann macht man die Enden mittels Schmirgelpapiers metalliſch rein, legt ſie entgegengeſetzt übereinander und dreht ſie mit zwei Flachzangen, wie in Fig. 18 dargeſtellt iſt, zuſammen. Die Verbindungsſtelle iſt mehrfach mit Guttaperchapapier zu umhüllen, das gelinde erwärmt wird und ſich dann feſt an den Draht anlegt. Soll ein Draht von einem andern abgezweigt werden, ſo geſchieht dies nach Fig. 19. Die Herſtellung von Außenleitungen für Haustelegraphen und Haustelephone erfolgt allgemein nach den bewährten Grundſätzen der Reichstelegraphie, die im Abſchnitt Telegraphie erörtert werden. S. a. Leitungen, elektriſche.

II. Haustelephonanlagen.

Jede Sprechſtelle einer Haustelephonanlage erhält in der Regel zur Ausrüſtung ein Mikrophon, ein oder zwei Telephone, einen Klingelwecker und einen Apparat zum Geben des Anrufſtromes. Letzterer iſt gewöhnlich ein Magnetinduktor, der beim Drehen ſeiner Kurbel den Rufſtrom erzeugt und in die Leitung ſendet. Der Rufſtrom kann jedoch auch einer galvaniſchen Batterie entnommen und mittels einer Taſte entſandt werden. Als Hilfsapparat braucht jede Sprechſtelle einen Umſchalter, der die im Ruhezuſtande mit dem Wecker verbundene Leitung ſelbſttätig auf die Sprech- und Hörapparate umlegt, ſobald geſprochen werden ſoll. Iſt die Leitung außerhalb des Gebäudes durch die Luft geführt oder kann ſie mit oberirdiſchen Leitungen zeitweilig verbunden werden, ſo müſſen die Apparate durch vorgeſchaltete Blitzableiter gegen die Entladungen der atmoſphäriſchen Elektrizität geſchützt werden. Wenn die Fernſprechleitung die Starkſtrom führenden Leitungen elektriſcher Licht- oder Kraftübertragungsanlagen kreuzt oder ſich ihnen bis zur Berührungsgefahr ſeitlich nähert, ſind außerdem noch Schmelzſicherungen zum Schutze der Apparate und Menſchen gegen Uebertritt von Starkſtrom erforderlich. Zur Aufnahme der zu einer Fernſprechſtelle gehörigen Apparate dienen Gehäuſe von Holz oder Metall in den verſchiedenartigſten Formen, die entweder an der Wand aufgehängt werden oder zum Aufſtellen auf dem Schreibtiſch u. ſ. w. eingerichtet ſind. Das Konſtruktionsprinzip der Apparate für die Haustelephonie iſt im allgemeinen dasſelbe wie das der Apparate für den öffentlichen Telephondienſt (ſ. Telephonie). Hier ſollen daher nur einige der gebräuchlichſten Spezialformen beſprochen werden, die beſonders für Zwecke der Haustelephonie gebaut werden.

Bei Fernſprechanlagen, die auf das Innere eines Hauſes beſchränkt bleiben, genügen wohlfeile Apparate mit Fernhörern und Weckern von geringem Widerſtande. Wenn dagegen über längere Leitungen geſprochen werden ſoll und insbeſondere wenn es ſich um Nebenſtellen handelt, die mit den Leitungen der Reichspoſt zu verbinden ſind, ſo müſſen auch die von dieſer eingeführten Apparattypen oder wenigſtens gleichwertige Apparate Verwendung finden.

1. Apparate und Schaltungen. — Wandapparate für Batterieanruf. Sie kommen für Hausfernſprechanlagen mit kurzen Leitungen zur Verwendung, die nur wenige Ohm Widerſtand haben. Fernhörer und Wecker haben ebenfalls nur geringen Widerſtand. Zum Betriebe eines ſolchen Weckers reicht die Mikrophonbatterie aus, eines Induktors bedarf es daher nicht. Fig. 20 ſtellt einen von der Firma Mix & Geneſt in Berlin gebauten Wandapparat dar, der vielfach zur Einführung gekommen iſt. Der Apparat enthält in der Tür des hölzernen Käſtchens das Mikrophon, den Hakenumſchalter und die Wecktaſte, im Innern des Käſtchens zwei Trockenelemente und unterhalb desſelben den Wecker mit Selbſtunterbrechung. Links iſt das doppelpolige Doſentelephon abgebildet, das im Ruhezuſtande in die den Sprechtrichter des Mikrophons bildende Metallkapſel eingeſetzt iſt; in dieſer Lage drückt es den oberhalb des Mikrophons ſichtbaren Hakenumſchalter nach oben. An die Klemmſchrauben 1 und 2 werden Hin- und Rückleitung gelegt. Eine Mikrophoninduktionsrolle fehlt; der Apparat iſt für „direkte" Schaltung (Fig. 21) eingerichtet, d. h. Mikrophon *M*, Fernhörer *F* und Batterie *ZK* ſind hintereinander unmittelbar in die Leitung *a b* geſchaltet, ſobald das Hörtelephon aus dem Sprechtrichter herausgenommen wird und der Hakenumſchalter nach unten geht. Ein Druck auf den Taſtenknopf *D* und die Sprechſtelle *A* ſchaltet die Mikrophonbatterie unmittelbar zwiſchen Hin- und Rückleitung, ſo daß der Strom zum Wecker der zweiten Sprechſtelle *B* fließt. Da bei dieſer der Hebel des Umſchalters *U* noch am oberen Kontakt (Weckerkontakt) liegt, ſo ſpricht der Wecker an. — Aehnliche Apparatformen fabrizieren Siemens & Halske, Nonnendamm bei Berlin,

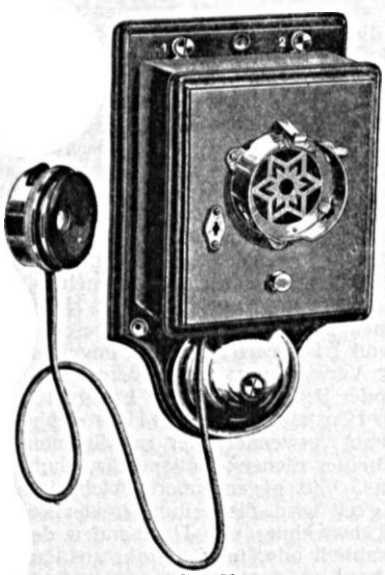


Fig. 20.

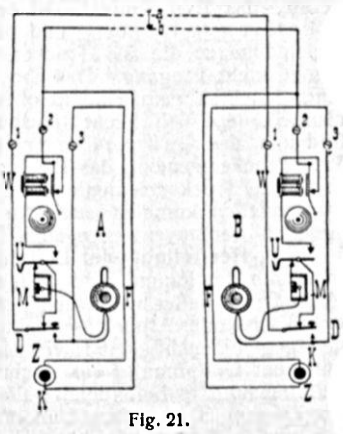


Fig. 21.

J. Berliner in Hannover, C. Lorenz in Berlin, E. Zwietusch & Cie. in Charlottenburg sowie die meisten sonstigen Telegraphenbauanstalten.

Tischapparate für Batterieanruf. Sie sind transportabel und werden mittels einer Leitungsschnur an die an der Wand endigenden Leitungsdrähte angeschlossen. Sie ermöglichen das Sprechen in jeder beliebigen Stellung und von einem beliebigen Platze des Zimmers aus, z. B. vom Schreibtisch, Sofa oder Bett aus, und sind wegen dieser Bequemlichkeit in vielen Fällen den Wandapparaten vorzuziehen. Für Tischapparate verwendet man vorzugsweise Mikrotelephone, d. h. leichte Handapparate, die aus einem empfindlichen Telephon und Mikrophon bestehen. Es besteht dann die ganze Einrichtung, wie der Apparat (Fig. 22) von C. Lorenz in Berlin zeigt, nur aus einem Ständer zum Aufhängen oder aus einem Untersatz zum Niederlegen des Mikrotelephons. Der abgebildete Ständer ist aus Eisenkunstguß und vernickelt. Am Griff des Mikrotelephons befindet sich der Tastenknopf und ein den Hakenumschalter ersetzender Schalthebel, welcher beim Umschließen des Griffes mit der Hand niedergedrückt wird und dadurch die Umschaltung von Wecker auf Sprechapparat bewirkt.
Die an der Wand befestigte Anschlußrosette trägt den Dosenwecker.

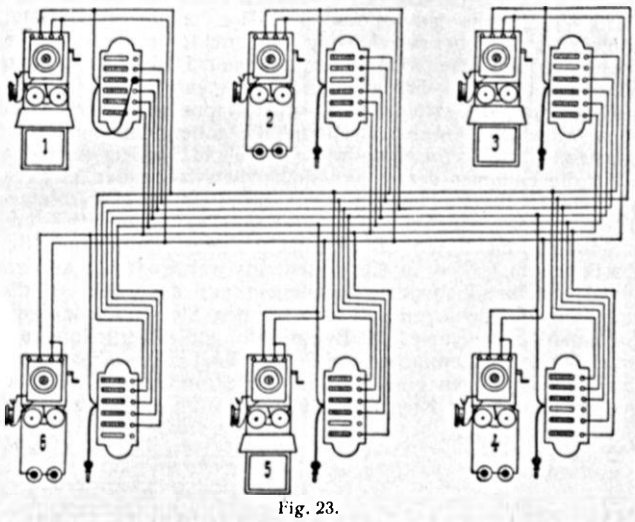


Fig. 23.

Fig. 22.

Wand- und Tischapparate mit Magnetinduktoranruf. Ihre Bauart entspricht den Typen der Reichstelephonie, nur bezüglich der äußeren Ausstattung zeigen sich Abweichungen; vgl. Telephonie.

2. Linienwähler und Klappenschränke. Soll bei Haustelephonanlagen mit mehreren Sprechstellen jede von diesen nach Belieben mit einer andern Sprechstelle in Verbindung treten können, ohne die übrigen zu stören, so verwendet man vorteilhaft Linienwähler, d. h. Umschalter, bei denen der eigne Sprechapparat mit Hilfe eines Stöpsels, einer Kurbel oder eines Hebels auf die gewünschte Leitung geschaltet wird. Linienwähler mit Stöpsel enthalten auf einer hölzernen Grundplatte die aus zusammengebogenen Messingfedern bestehenden Kontaktvorrichtungen und in einem daraufliegenden aufklappbaren Deckel die Stöpselbuchsen. Die Stöpselschnur ist mit dem eignen Sprechapparat und die Kontaktvorrichtungen sind mit den Leitungen verbunden, die nach den auf dem Deckel neben den Stöpselbuchsen bezeichneten Sprechstellen führen. Der in die Buchse gesteckte Stöpsel greift mit seiner Spitze zwischen die Federenden und wird von ihnen festgeklemmt, so daß eine gut leitende Verbindung gesichert ist. Nach Schluß des Gesprächs muß der Stöpsel wieder herausgezogen werden. Bei Wandapparaten wird der Linienwähler oft auf dem verbreiterten Grundbrett des Fernsprechgehäuses mit angebracht. Das Schema Fig. 23 stellt sechs miteinander verbundene Sprechstellen dar, deren jede neben einem Fernsprechgehäuse mit Induktoranruf einen Linienwähler besitzt; sechs Leitungen und eine gemeinsame Rückleitung führen an sämtlichen Stellen vorbei. Im Ruhezustande ist kein einziger geschlossener Stromkreis vorhanden. Steckt aber eine Sprechstelle, z. B. Nr. 1 (Kasse), den Stöpsel in eine Buchse des Linienwählers, z. B. in Nr. 3 (Werkstatt), so ist das Fernsprechgehäuse von Stelle 1 ebenso zwischen Leitung 3 und Rückleitung geschaltet wie der Apparat von Nr. 3; zwischen diesen beiden Apparaten ist dann also ein geschlossener Stromkreis hergestellt; die beiden Stellen können sich anrufen und miteinander sprechen. Wenn zufällig während dieses Gesprächs eine andre Stelle Leitung 1 oder 3 stöpselt, so vernimmt sie das Gesprochene ebenfalls und muß sich, um nicht zu stören, wieder ausschalten. Dagegen sind, während Nr. 1 und 3 spricht, zwischen den andern Stellen Gespräche zulässig, beispielsweise zwischen Nr. 2 mit 5 sowie zwischen 4 und 6, ohne daß sie sich gegenseitig stören.

Bei Kurbellinienwählern ist die Kurbel mit dem eignen Sprechapparat verbunden, während die Leitungen nach den andern Sprechstellen an die unterhalb der Kurbel auf dem Gehäuse befestigten Kontaktstücke herangeführt sind. Durch Drehen der Kurbel auf einen bestimmten Kontakt wird der Sprechapparat auf die betreffende Leitung geschaltet. Nach Beendigung des Gesprächs muß man die Kurbel wieder auf das erste Kontaktstück einstellen, damit die Stelle

von den andern Sprechſtellen aus angerufen werden kann. Bei der Verwendung von Linienwählern müſſen mindeſtens ebenſoviel Leitungen, als Sprechapparate vorhanden ſind, durch ſämtliche Sprechſtellen von der erſten bis zur letzten hindurchgeführt werden. Steigt daher in großen Betrieben die Zahl der Sprechſtellen über ein gewiſſes Maß, oder liegen auch bei nur wenigen Sprechſtellen dieſe in größeren Entfernungen voneinander, ſo wird es vorteilhafter, die einzelnen Sprechſtellen ſämtlich an eine Zentralſtelle anzuſchließen. Dieſe muß ſtändig unter Aufſicht ſtehen und hat die Aufgabe, die gewünſchten Verbindungen zwiſchen den einmündenden Leitungen herzuſtellen und nach Schluß eines Geſprächs jedesmal wieder aufzuheben. Zu dem Zwecke wird die Zentral- oder Vermittlungsſtelle mit einem Klappenſchrank oder Zentralumſchalter ausgerüſtet. Fig. 24 gibt das Schema für eine ſolche Zentralſtelle. Die von den Sprechſtellen kommenden Leitungen endigen an einem Klappenſchranke; die Zentralſtelle kann ſich mit Hilfe der an ihrem Fernſprechgehäuſe (Abfrageapparat) angebrachten Stöpſelſchnur mit jeder Leitung verbinden, ſei es, um einen Anruf zu beantworten oder um ſelbſt anzurufen und ein Geſpräch zu führen. Der Abfrageapparat kann auch durch Drähte mit der erſten Klinke des Klappenſchrankes feſt verbunden werden; die Einſchaltung erfolgt dann mittels gewöhnlicher Stöpſelſchnüre, indem ein Stöpſel in die erſte Klinke, der andre in die Klinke der betreffenden Leitung geſteckt wird. Die Verbindung zweier andrer Stellen miteinander erfolgt ebenfalls mittels einer ſolchen Stöpſelſchnur. Sehr zweckmäßig eingerichtet und auch von ungeſchultem Perſonal leicht zu bedienen ſind die Klappenſchränke mit Drehſchaltern von Siemens & Halske in Nonnendamm bei Berlin. Ein ſolcher Schrank enthält ſechs Anrufklappen, ſechs Drehſchalter und einen Wecker, der ertönt, ſobald eine Klappe gefallen iſt. Der erſte Drehſchalter dient zum Abfragen, Mithören, Anrufen, während die andern fünf zum Herſtellen der Verbindungen benutzt werden. Eine Verbindung wird hergeſtellt, indem man den Drehſchalter der einen Sprechſtelle auf die Nummer der andern ſtellt; die Klappe der letzteren bleibt für das Schlußzeichen eingeſchaltet. Ebenſo ſchaltet man eine Leitung auf Abfrageapparat, indem man den Knebel des erſten Schalters („Fernſprecher") auf die betreffende Nummer dreht. Es werden auch Schränke für 10, 15, 20 und mehr Leitungen gebaut. Bei den Klappenſchränken Syſtem E. Zwietuſch & Cie in Charlottenburg werden ſämtliche Verbindungen durch Umlegung von leicht zu handhabenden Kniehebeln aus der Ruhe- in die Arbeitsſtellung ausgeführt. Die Bedienung iſt ebenſo einfach wie bei den Siemens-Schränken.

In dem Pyramidenſchrank Syſtem Mix & Geneſt in Berlin erfolgt die Herſtellung der Verbindungen durch ſchnurloſe Stöpſel in ebenfalls einfacher und ſicherer Weiſe. Das Schaltungsſchema für einen ſolchen Schrank zu ſechs Leitungen gibt Fig. 25. Der Stromweg für jede der ſechs (Einfach- oder Doppelleitungen) führt von der Klemme 1 *a*/*b* bezw. 2 *a*/*b* u. ſ. w. zunächſt

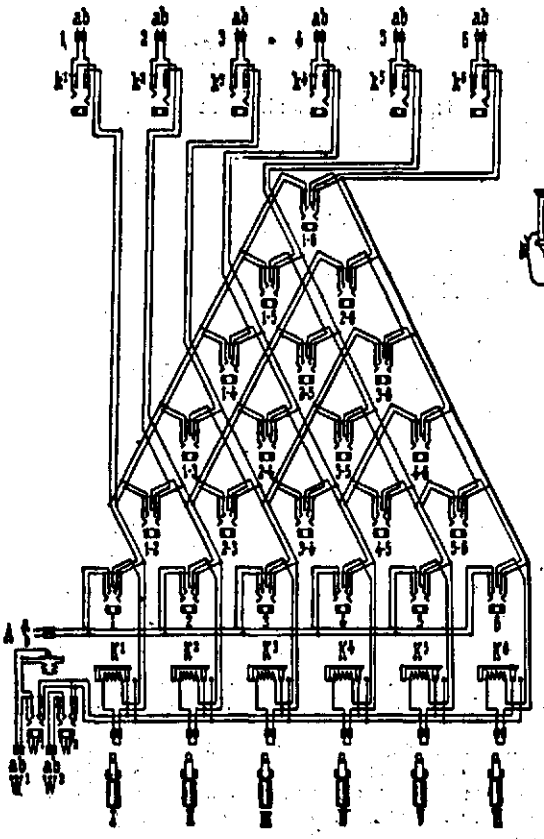


Fig. 25.

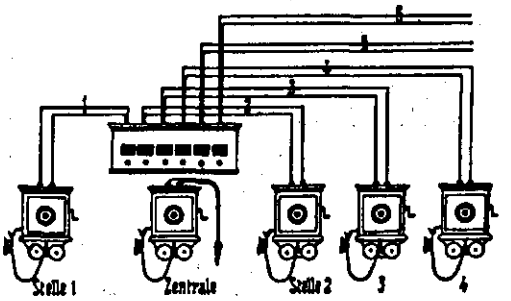


Fig. 24.

zur Aushilfsklinke (k^1—k^6), dann zu ihren Verbindungsklinken, die nebeneinander geſchaltet ſind, darauf zur Abfrageklinke (A 1—6) und ſchließlich zur Klappe (K^1—K^6). Der Abfrageapparat wird an die Klemme A *a*/*b* angeſchloſſen und ſteht mit zwei Federn jeder Abfrageklinke in Verbindung. Fällt z. B. die Klappe K^1, ſo nimmt man den Stöpſel I aus ſeiner Buchſe und ſteckt ihn in die Abfrageklinke 1; ſeine Spitze ſtellt dann eine Verbindung zwiſchen den beiden Vorderfedern, ſein Hals eine ſolche zwiſchen den beiden Hinterfedern her, während die Fortſetzung des Stromwegs nach der Klappe K^1 an der fünften Feder unterbrochen iſt. Um Leitung 1 beiſpielsweiſe mit Leitung 5 zu verbinden, ſetzt man den Stöpſel aus Klinke 1 in die Verbindungsklinke 1—5. Die *a*-Drähte der Leitungen 1 und 5 haben dann über die Stöpſelſpitze, die *b*-Drähte über den Stöpſelhals Verbindung, während die Klappe K^1 für das Schlußzeichen zwiſchen *a*- und *b*-Draht

geſchaltet iſt. Der Stromweg nach Klappe 5 iſt dagegen unterbrochen. Die Klinke W^4 ſteht mit einem Wecker und über die Klemmen WB mit einer Weckerbatterie in Verbindung. Wird dieſe Klinke geſtöpſelt, ſo ſpricht der Wecker an, ſobald eine Klappe fällt. Mit den Klemmen W^3 a/b kann ein zweiter Wecker in einem entfernten Raum verbunden werden; dieſer ſpricht gleichzeitig mit dem Schrankwecker an, wenn auch Klinke W^4 geſtöpſelt wird.

3. Verbindung von privaten Hausfernſprechſtellen mit den Fernſprechnebenanſchlüſſen der Reichstelephonie. Münden in eine Hauszentrale, die einen Hauptanſchluß an die Reichstelephonie beſitzt, außer den Nebenanſchlüſſen noch Privatanſchlüſſe ein, für die eine jährliche Gebühr an die Poſt nicht gezahlt wird, ſo iſt wohl der Sprechverkehr zwiſchen den Nebenanſchlüſſen und den Privatanſchlüſſen geſtattet, doch dürfen Verbindungen zwiſchen den Privatanſchlüſſen und der Vermittlungsanſtalt der Reichstelephonie nicht hergeſtellt werden. Um dies zu verhindern, müſſen die techniſchen Einrichtungen, insbeſondere der Klappenſchrank, ſo geſtaltet ſein, daß unzuläſſige Verbindungen überhaupt nicht ausführbar ſind. Jede größere Telephonapparatfabrik in Deutſchland hat jetzt bereits ein Umſchalteſyſtem konſtruiert, das ſolchen Anforderungen genügt. Es ſoll hier nur das Janus-Nebenſtellenſyſtem der Firma Mix & Geneſt in Berlin beſprochen werden. Der Name Janus ſoll die doppelte Benutzungsweiſe eines und desſelben Privatfernſprechers ſowohl als Poſt- wie als Haustelephon kennzeichnen. Fig. 26 ſtellt einen Janus-Klappenſchrank für ein Privatnetz von 11 Sprechſtellen dar, von denen fünf als Janusſtellen mit einer Hauptanſchlußleitung verbunden werden können. Die Hauptleitung liegt auf Klappe 1, die fünf Poſtnebenſtellen ſind auf die Klappen 2—6 geſchaltet. Ueber dieſen Klappen ſind ſechs Janusknöpfe angebracht; Knopf 1 ſchaltet die Hauptleitung auf den Abfrageapparat, die Knöpfe 2—6 verbinden die betreffende Nebenleitung mit der Hauptleitung. Der Knopf iſt dabei einzudrücken und durch eine kleine Drehung feſtzuſtellen. Auf den Klappen 7—12 liegen Privatanſchlüſſe. Die in den beiden unteren Reihen vorhandenen 11 Klinken geſtatten es mit Hilfe von Stöpſelſchnüren beliebige Verbindungen zwiſchen den fünf

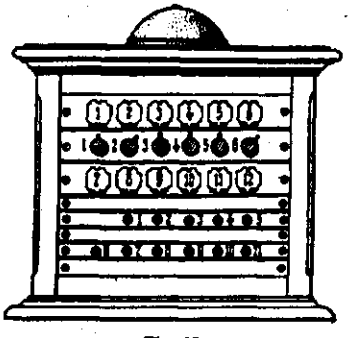


Fig. 26.

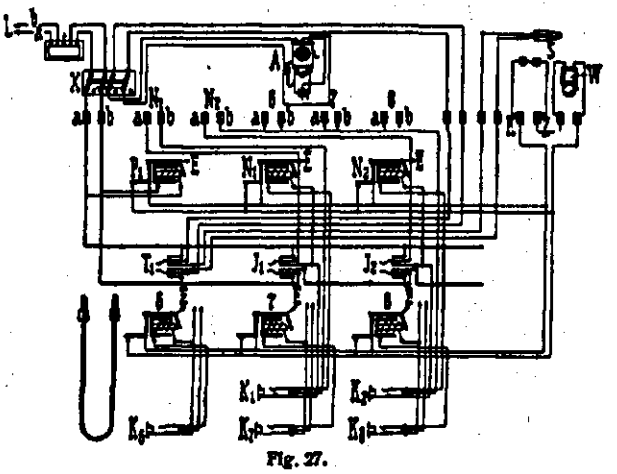


Fig. 27.

Poſtnebenſtellen und den ſechs Privatanſchlüſſen herzuſtellen; dagegen ſind Verbindungen der Privatanſchlüſſe mit der Hauptleitung, für die eine Klinke fehlt, nicht möglich. Zum Abfragen auf den Neben- und Privatleitungen dient eine vom erſten Janusknopf ausgehende Leitungsſchnur mit einem Stöpſel. Die innere Einrichtung und das Schaltungsſchema des Janusſchrankes werden durch Fig 27 veranſchaulicht. Die Hauptleitung $L\,a/b$ endigt an einem einfachen Kurbelumſchalter X und liegt bei Rechtsſtellung der Kurbeln auf dem von der Poſt gelieferten Fernſprechgehäuſe A, dagegen bei Linksſtellung auf dem Janusſchranke. In dieſem ſind mit der Verlängerung der Hauptleitung verbunden die Klappe P_1 und die Janusknöpfe T_1, J_1 und J_2. Der Janusknopf entſpricht einer doppelten Morſetaſte; die zweite und fünfte Feder, welche die Taſtenhebel vertreten, werden durch Eindrücken des Knopfes von den Ruhekontakten abgehoben und an die mit der Hauptleitung verbundenen äußeren Kontakte gelegt. Mit den beweglichen Federn des Janusknopfes T_1 ſteht bei Linksſtellung des Umſchalters X über deſſen Kurbeln 3 und 4 das Fernſprechgehäuſe A in Verbindung, mit den Ruhekontakten der Abfrageſtöpſel S; letzterer iſt daher abgeſchaltet, ſobald die Hauptleitung durch Eindrücken von T_1 auf den Apparat A gelegt wird. Die Nebenleitung N_1 führt über den Janusknopf J_1 zur Klinke K_1 und darauf zur Klappe N_1. Die Privatleitungen 6, 7, 8 u. ſ. w. liegen nur auf den gleichbezifferten Klappen und Klinken.

III. Pherophon- oder Mikrotelephonanlagen.

Die Verbindung von Telephonen mit elektriſchen Klingelanlagen findet neuerdings vielfach Verwendung. Man benutzt hierzu einen leichten Handapparat, der aus einem empfindlichen Telephon und Mikrophon beſteht und den man in Räumen, von denen aus geſprochen werden ſoll, an den Druckknöpfen in die Klingelleitungen einſchaltet. Man kann die gewöhnlichen Druckknöpfe benutzen, wenn es ſich um eine bleibende Einſchaltung des Sprechapparates in dem betreffenden Zimmer handelt, dagegen verwendet man Druckknöpfe oder Kontaktbirnen mit Oeſen bezw. Steckkontakten, wenn ein ſolcher tragbarer Sprechapparat für mehrere Zimmer benutzt werden ſoll. Mikrotelephone u. ſ. w. zur Einſchaltung in Haustelegraphenanlagen werden

Fig. 28.

Fig. 29.

von ſämtlichen größeren elektrotechniſchen Firmen, die ſich mit der Fabrikation von Telephonapparaten befaſſen, zu mäßigen Preiſen und in muſtergültiger Ausführung geliefert. Eine ausgedehnte Spezialfabrikation ſolcher Apparate betreiben die Pherophonwerke von C. Lorenz in Berlin. Das von ihnen unter dem Namen Pherophon in den Handel gebrachte Mikrotelephon beſteht aus einem Telephon mit doppelpoligem, aus mehreren Lamellen zuſammengeſetzten Magnetſyſtem und einem ſo empfindlichen Kohlenkörnermikrophon, daß der ſonſt übliche Schalltrichter des Mikrophons entbehrt werden kann. An Stelle des bei den Mikrotelephonen gebräuchlichen Handſchalthebels bewirkt bei dem Pherophon der Aufhänger ſelbſttätigdie Ein- und Ausſchaltung. Die Einſchaltung eines Pherophons in eine bereits vorhandene Klingelanlage erfolgt in einfacher Weiſe dadurch, daß man das Oberteil des gewöhnlichen Druckkontaktes abſchraubt und das Unterteil nach Löſung der Befeſtigungsſchrauben von der Wand abnimmt. Sodann wird die Leitungsſchnur des Pherophons von der Rückſeite durch die Durchbohrung des Druckknopfunterteils geführt und an den Schrauben des Druckknopfs feſtgelegt. Das Unterteil des Druckknopfes wird dann wieder an der Wand feſtgeſchraubt, der Aufhängehaken des Pherophons nach Fig. 28 angeklemmt und hierauf das Oberteil des Druckknopfs wieder aufgeſchraubt. Damit iſt das Pherophon, wie Fig. 29 darſtellt, dauernd an die Klingelanlage angeſchloſſen. Es wird durch einen automatiſch wirkenden Schalter in die Leitung eingeſchaltet, ſobald es von dem Aufhängehaken abgenommen wird, und ausgeſchaltet, ſobald es wieder im Haken hängt.

Fig. 30 gibt das Schaltungsſchema für eine Klingelleitung mit einem Zimmer- und einem Küchenpherophon. Das Zimmerpherophon wird in der vorbeſchriebenen Weiſe am Druckknopf befeſtigt; in der Küche wird eine der zur Glocke führenden Leitung unterbrochen und das Küchenpherophon dazwiſchen geſchaltet.

Fig. 31 gibt das Schema für die Einſchaltung von Pherophonen in eine Fallſcheibenanlage. Entweder werden an allen Kontakten Zimmerpherophone feſt angebracht oder ſämtliche Kontakte werden durch ſolche mit Einſteckvorrichtung erſetzt. In dieſem Falle werden transportable Zimmerpherophone angewandt, die an jeder beliebigen Stelle eingeſchaltet werden können.

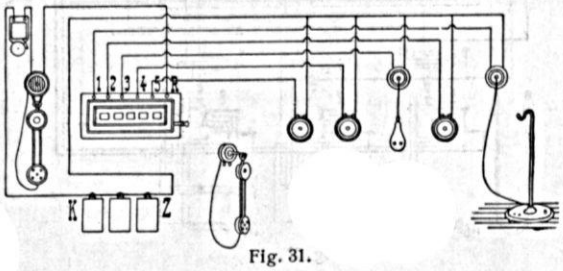


Fig. 31.

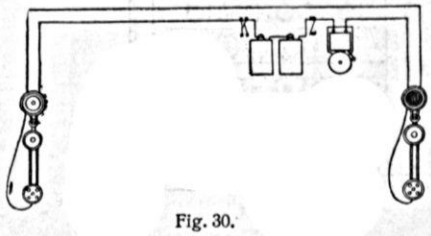


Fig. 30.

Literatur: [1] J. Nöbels Haustelegraphie und Privatternſprechanlagen mit beſonderer Berückſichtigung des Anſchluſſes an das Reichsfernſprechnetz, Leipzig 1905. — [2] Mix & Geneſt, Anleitung zum Bau elektriſcher Haustelegraphen-, Telephon- und Blitzableiteranlagen, Berlin.

Otto Jentsch.

Politechnika Łódzka
Biblioteka Główna
Nr. 2644