

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTFLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 73

SONNABEND, 4. MAI 1929

Nr. 18

Deutsche Verkehrsflugzeuge

Von Dipl.-Ing. ERICH GOSSOW, Berlin

Die Jahre 1928 und 1929 sind Jubiläumsjahre in der Geschichte der Luftfahrt. — Entwicklung des deutschen Luftverkehrs in den Jahren 1927 und 1928. — Neben der Wirtschaftlichkeit sind die Verkehrssicherheit und die hierzu notwendigen Maßnahmen von besonderer Bedeutung. — Verkehrsflugzeuge der Firmen Arado-Handelsgesellschaft m. b. H., Fokke-Wulf Flugzeugbau A.-G., Bayerische Flugzeugwerke A.-G., Dornier-Metallbauten G. m. b. H. und Rohrbach Metall-Flugzeugbau G. m. b. H. werden beschrieben.

Die beiden Jahre 1928 und 1929 sind in der Geschichte der Luftfahrt, insbesondere der des Luftverkehrs, Jubiläumsjahre. Am 17. Dezember 1928 waren 25 Jahre vergangen, seitdem zum ersten Male von den Gebrütern Wilbur und Orville Wright mit einem motorgetriebenen Flugzeug ein Flug ausgeführt wurde, und vor zehn Jahren, am 5. Februar 1919, hat die Deutsche Luftreederei auf der Strecke Berlin-Weimar den Luftverkehr mit Verkehrsflugzeugen aufgenommen.

Entwicklung des deutschen Luftverkehrs 1927 und 1928

Die Entwicklung des deutschen Luftverkehrs bis zum Jahre 1926 ist in dieser Zeitschrift vor zwei Jahren behandelt worden¹⁾. In den Jahren 1927 und 1928 wurde das Streckennetz erweitert. Während der Sommermonate 1928 beflogen die Flugzeuge der Deutschen Luft-Hansa, A.-G., teilweise in Betriebsgemeinschaft mit ausländischen Luftverkehrsgesellschaften etwa 100 in- und ausländische Linien. Die tägliche Flugleistung betrug rd. 60 000 km.

Zahlentafel 1 gibt eine Übersicht über die Entwicklung des Luftverkehrs in den Jahren 1919 bis 1928. In organisatorischer Hinsicht ist bemerkenswert, daß Ex-

¹⁾ Z. Bd. 71 (1927) S. 617.

Zahlentafel 1

Entwicklung des deutschen Luftverkehrs
in den Jahren 1919 bis 1928.

Jahresflugstrecke Mill. km	Höchste Tagesstrecke km	Befördert wurden			
		Personen	Güter t	Post t	Zeitungen t
1919	0,58	2 042	—	—	—
1920	0,48	3 975	5,7	6,4	—
1921	1,654	6 820	—	—	—
1922	1,204	7 733	37	32	—
1923	0,718	8 507	39	5	—
1924	1,583	13 422	71	22	—
1925	4,95	55 185	521	287	—
1926	6,141	56 268	644	188 ¹⁾	114
1927	9,208	102 681	1463	274	206
1928	10,218	61 719	111 115	1892	318

¹⁾ Von 1926 ab Post- und Zeitungsdienst getrennt.

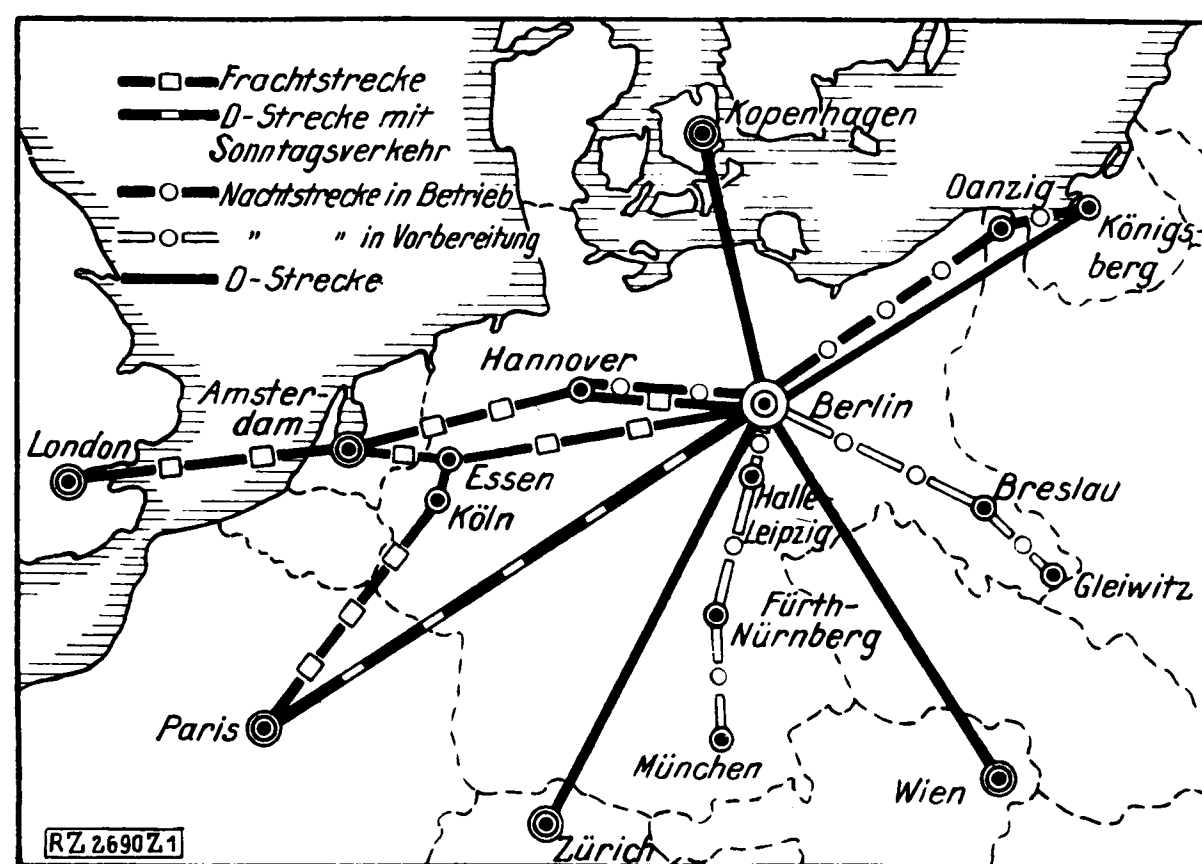


Abb. 1

Deutsche Expres-, Fracht- und Nachtstrecken

press- (D-)Strecken geschaffen wurden, um eine schnellere Verbindung zwischen den wichtigsten Industrie- und Wirtschaftsmittelpunkten zu ermöglichen. Ferner wurden reine Frachtstrecken eingerichtet. Ein Abkommen zwischen der Deutschen Luft-Hansa und der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über den Flug-Eisenbahn-Verkehr (Flugverkehr) erleichterte die Ausnutzungsmöglichkeit des Luftverkehrs für Personen und Fracht für die deutsche Wirtschaft ganz bedeutend. Unbedingt notwendig ist es aber, den Nachtluftverkehr weiter auszubauen. Neben der Strecke Berlin-Danzig besteht die Strecke Berlin-Hannover. Mit Nachtbefehrerung sollen noch, sobald die hierfür notwendigen Mittel vorhanden sind, die Strecken Berlin-Breslau-Gleiwitz und Berlin-Halle-Leipzig-München ausgerüstet werden. Abb. 1.

Geplant sind Luftverkehrsstrecken nach dem fernen Osten (10 000 km) und Amerika 6000 bis 12 000 km. Besonders sorgfältige Untersuchungen und eingehende Erfahrungen mit den hierfür erforderlichen Flugzeugen sind notwendig, um auf diesen großen Entfernungen regelmäßigen Luftverkehr zu betreiben. Die Vorbereitungen sind bereits im Gange. Die Erfahrungen bei dem Ostasienflug der Deutschen Luft-Hansa (24. Juli bis 26. September 1926), ihren beiden Sibirienflügen (27. August bis 2. September 1928 und 8. bis 24. September 1928) und dem erfolgreichen Ozeanflug von Köhl, Fitzmaurice und v. Hünefeld²⁾ in der Ost-West-Richtung, sowie den in der West-Ost-Richtung mehrfach durchgeführten Ozeanflügen, bieten wertvolle Unterlagen für diese Pläne.

²⁾ Z. Bd. 72 1928 S. 575.

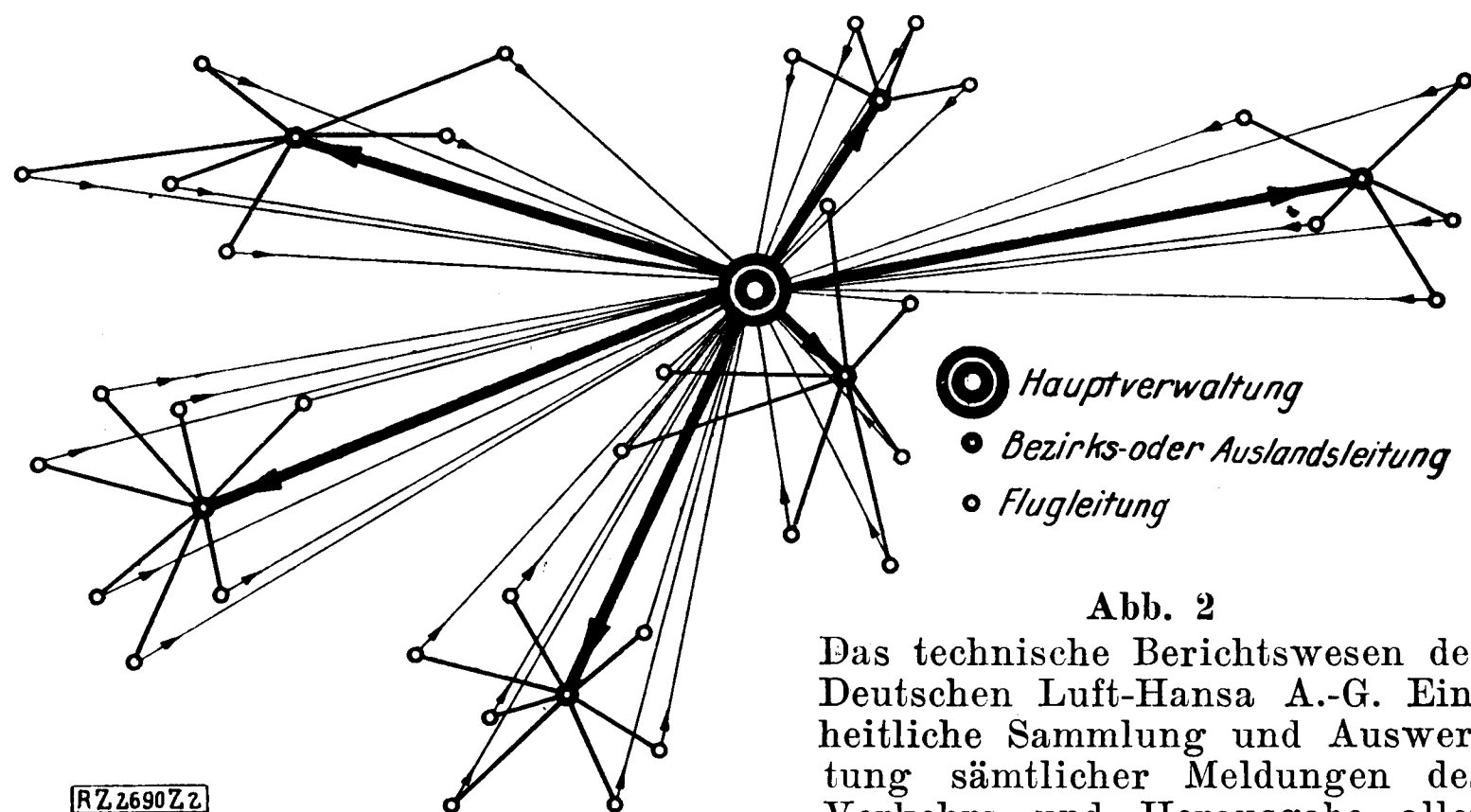


Abb. 2
Das technische Berichtswesen der Deutschen Luft-Hansa A.-G. Einheitliche Sammlung und Auswertung sämtlicher Meldungen des Verkehrs und Herausgabe aller technischen Anweisungen durch die Hauptverwaltung.

Sicherheit voran!

Eingehende Arbeiten wurden auf technischem Gebiet durchgeführt. Unter dem Leitwort „Sicherheit voran!“, zeigte die Deutsche Luft-Hansa auf der Internationalen Luftfahrttausstellung, Berlin 1928, eindringlich ihre der Verkehrssicherheit dienenden Maßnahmen. Nach der Abnahmeprüfung der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof, werden die für den Luftverkehr bestimmten Flugzeuge von technischen Sachverständigen der Deutschen Luft-Hansa geprüft und erst nach Beseitigung aller Beanstandungen dem Verkehr übergeben. Eine technische Überwachung der Flugzeuge erstreckt sich über die gesamte Zeit, während der sie in den Verkehr eingesetzt sind, Abb. 2. Die Hauptverwaltung übermittelt die gewonnenen Erfahrungen an die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt und die Herstellerwerke. Nach einer bestimmten Anzahl von Betriebsstunden, die für die einzelnen Flugzeugmuster verschieden ist, werden die Flugzeuge aus dem Verkehr genommen, die eingebauten Motoren, die Bordgeräte, die Flugzeugzellen und alle andern betriebswichtigen Teile einer sorgfältigen Grundüberholung unterworfen. Die Betriebstüchtigkeit wird sodann durch mehrere Probeflüge festgestellt.

Bemerkenswerte Einzelheiten über die Sicherheit im Luftverkehr enthält eine wertvolle Arbeit von E. Milch^{2a)}, Berlin, die auf Grund der Betriebsergebnisse der Deutschen Luft-Hansa A.-G. in den Jahren 1926 bis 1928 zusammengestellt worden ist. Die Regelmäßigkeit der am gleichen Tage bis zum Endhafen durchgeführten Flüge betrug 89,7 vH im Jahre 1927 und 91,9 vH im Jahre 1928. Im Jahre 1927 mußten infolge des Wetters 9,3 vH, infolge technischer Mängel 0,7 vH und infolge sonstiger Einflüsse 0,3 vH der Flüge ausfallen oder abgebrochen werden; die Zahlen für das Jahr 1928 sind: Wetter 7 vH, technische Mängel 0,8 vH und Sonstiges 0,3 vH. Die Anzahl der Zwischenlandungen betrug 916 1927 und 1169 1928, d. h. 12,5 vT und 15,3 vT der Gesamtflüge. Innerhalb und

^{2a)} Berlin 1929, Ernst Siegfried Mittler & Sohn.

außerhalb des Verkehrsbetriebes ereigneten sich 1926 128, 1927 144 und 1928 138 Brüche, d. h. 1926 bis 1928 zusammen 410 und im Mittel 2,04 vT der Gesamtflüge. Innerhalb des Verkehrsbetriebes betrug die Zahl der Brüche in den Jahren 1926 bis 1928 378; die Bruchursachen waren: Wetter 125, Flugzeugzelle 26, Motor 107 (hiervon 74 bei einmotorigen, 8 bei zweimotorigen und 25 bei drei- und mehrmotorigen Flugzeugen), Besatzung 18, Flugplatz 45 und Sonstiges 57. 32 Brüche kamen außerhalb des Verkehrsbetriebes vor. In den drei Betriebsjahren kamen 118 Personen zu Schaden; die Zahl der Verletzten betrug 89 und der Toten 29, d. h. 0,26 vT und 0,06 vT der beförderten Fluggäste. Die Statistik zeigt, daß die Häufigkeit der Personenschäden laufend zurückgegangen ist; das gleiche gilt von den Betriebszwischenfällen (Bruch, unvorhergesehene Zwischenlandungen.)

Sämtliche Großflugzeuge haben heute Bordfunkanlagen. Während der ganzen Dauer eines Fluges stehen sie mit den Erdstationen in Verbindung, um insbesondere stets über die Wetterlage unterrichtet zu sein. Aber immer noch ist der Nebel der schlimmste Feind des Flugzeuges. Der Führer verfügt heute an Bord über Hilfsgeräte³⁾ für sein Gleichgewichtsgefühl, die sich beim Flug im Nebel und beim Durchfliegen dicker Wolken-schichten ausgezeichnet bewähren. Auch beim Abwärts-gleiten verrichten sie ausgezeichnet ihren Dienst bis zu dem Augenblick, da sich das Flugzeug in Bodennähe befindet und landen soll. Die vollkommene Unsichtigkeit und das Fehlen jeglichen Anhaltspunktes für das menschliche Auge nimmt dem Flugzeugführer jede Möglichkeit, Hindernisse so rechtzeitig zu bemerken, daß er ihnen noch ausweichen könnte. Hier ist also die Flugsicherheit⁴⁾ noch ernstlich gefährdet.

Überblick

Im deutschen Luftverkehr ist in den letzten beiden Jahren eine Reihe neuer Verkehrsflugzeuge eingesetzt worden. Als Baustoff wird nur noch bei einigen Konstruktionen Holz verwendet. Bevorzugt wird die Gemischtbauweise, d. h. Stahlrohr, umkleidet mit Stoff, Holz oder Metallblech, und die Ganzmetallbauweise. In dieser Zeitschrift sind inzwischen das Dornier-Großflugboot „Superwal“⁵⁾, das Schul- und Verkehrsflugzeug von Focke-Wulf, Baumuster GL 18 c⁶⁾, das Junkers-Großflugzeug, Baumuster G 31⁷⁾ und das Junkers-Post- und Frachtflugzeug, Baumuster W 33⁸⁾, eine Weiterentwicklung des Baumusters A 20⁹⁾, ausführlich beschrieben worden. Weitere neue Flugzeuge folgen hier; die Konstruktionszahlen enthält Zahlentafel 2.

³⁾ Z. Bd. 72 (1928) S. 1426.
⁴⁾ Z. Bd. 72 (1928) S. 1268.
⁵⁾ Z. Bd. 71 (1927) S. 1403.
⁶⁾ Z. Bd. 71 (1927) S. 924.
⁷⁾ Z. Bd. 71 (1927) S. 648.
⁸⁾ Z. Bd. 72 (1928) S. 575 und 1435.
⁹⁾ Z. Bd. 70 (1926) S. 1641 u. f.

Zahlentafel 2. Konstruktionszahlen der

Hersteller	Bauart	Motor	Leistung PS	Spannweite m	Länge m	Flügelfläche m ²
Arado Handels-Ges. m. b. H., Berlin und Warnemünde	Ar V 1, Abb. 3 bis 5	Pratt & Whitney Hornett	500	18	12	47,24
Focke-Wulf Flugzeugbau A.-G., Bremen	A 17a, Abb. 6 bis 8 GL 22, Abb. 9	Bristol Jupiter Siemens & Halske SH 12	480 2 × 100	20 16	13 11	62,5 34,5
Bayerische Flugzeugwerke A.-G., Augsburg	BFW M 18, Abb. 10 und 11 BFW M 20, Abb. 12 bis 14	Siemens & Halske SH 12 BMW VI	108/125 500/720	15,7 25,5	8,05 14,9	24,8 65
Dornier-Metallbauten, G. m. b. H., Friedrichshafen a. B.	Delphin III, Abb. 15 bis 17	BMW VI	500/720	19,6	14,35	60
Rohrbach Metall-Flugzeugbau G. m. b. H., Berlin	Rocco, Abb. 18 und 19 Romar, Abb. 20 bis 23	Rolls Royce Condor III BMW VI	2 × 650 3 × 550/750	26 36,9	19,3 22	94 170

Arado-Verkehrsflugzeug

Das Verkehrsflugzeug, Baumuster Ar V 1, der Arado-Handelsgesellschaft m. b. H., Berlin und Warnemünde, Abb. 3 bis 5, ist ein halbfreitragender Hochdecker. Die Flächen sind am Rumpfobergurt gelenkig aufgehängt; V-Stiele stützen sie am Rumpf ab. Das Flächengerippe besteht aus Holz, Abb. 4, und ist von Hinterholm-Unterseite bis Hinterholm-Oberseite mit Sperrholz beplankt. Das hintere Flügelende hat Leinwandbespannung. Die Querruder haben einen Duraluminholm und angenietete Stahlrohrrippen und sind mit Leinwand überzogen.

Den Rumpf bildet eine Fachwerkkonstruktion aus Stahlrohren mit vier Längsholmen. Er ist mit Stoff bespannt; nur der abnehmbare Rumpfrücken ist aus Elektronblech hergestellt, damit man das Rumpfinnere leicht überwachen kann. Das Fahrgestell hat 3,51 m Spurweite. Vorn in den Rumpf ist ein luftgekühlter 500pferdiger eingebaut, der im Reiseflug nur zu etwa 50 vH ausgenutzt wird. Er gibt dem Führer also eine starke Reserve für Notfälle, kann aber auch durch einen 320pferdigen Junkers-Motor ersetzt werden.

Hinter dem Motor liegt erhöht, durch einen Brandschott geschützt, der vollkommen geschlossene Führerraum für zwei Flugzeugführer. Die 2,2 m lange, 1,35 m breite und 1,9 m hohe Kabine enthält Plätze für vier Personen. Hinter der Kabine befinden sich ein 0,95 m langer, 1,3 m breiter und 1,7 m hoher Gepäckraum. Nach Herausnehmen der Kabinenrückwand und der Sitze verfügt man über einen großen Gepäckraum für sperrige Stücke. Die Brennstoffbehälter liegen in den Flügeln unmittelbar am Rumpf. Das Höhen- und Seitenleitwerk sowie das Höhen- und Seitenruder sind mit Leinen bespannte Stahlrohrrahmen.

Focke-Wulf-Verkehrsflugzeuge

Der freitragende verspannungslose Hochdecker, Baumuster A 17 a, Möwe, der Firma Focke-Wulf, Flugzeugbau, A.-G., Bremen, Abb. 6 bis 8, ist mit einem luftgekühlten 480pferdigen Bristol-Jupiter-Motor mit Getriebe ausgerüstet. Der durchgehende, völlig freitragende Flügel mit dickem Profil in der Mitte und nach außen abnehmender Flügeltiefe und -dicke verläuft an der Flügeloberseite geradlinig, an der Unterseite leicht V-förmig. Die aus einem verdrehungsfesten Kastenholm und Sperrholzrippen bestehende Tragflügelkonstruktion ist außen ganz mit Sperrholz beplankt. Der Flügel ist mittels Stahlbolzen am Rumpf befestigt.

Der Rumpf besteht aus geschweißtem Stahlrohr, das mit Stahlseilen und -drähten verspannt ist. Der Kabinenraum ist mit Sperrholz bekleidet, die übrigen Teile des Rumpfes dagegen haben Stoffbespannung. Das Fahrgestell besteht aus zwei zu beiden Seiten des Rumpfes gelenkig befestigten Achsen, die durch je ein Paar Zug- und Druckstreben zum Rumpf und zum Flügel hin abgestrebt



Abb. 3. Halbfreitragender Hochdecker der Arado Handels-G. m. b. H., Berlin-Warnemünde.

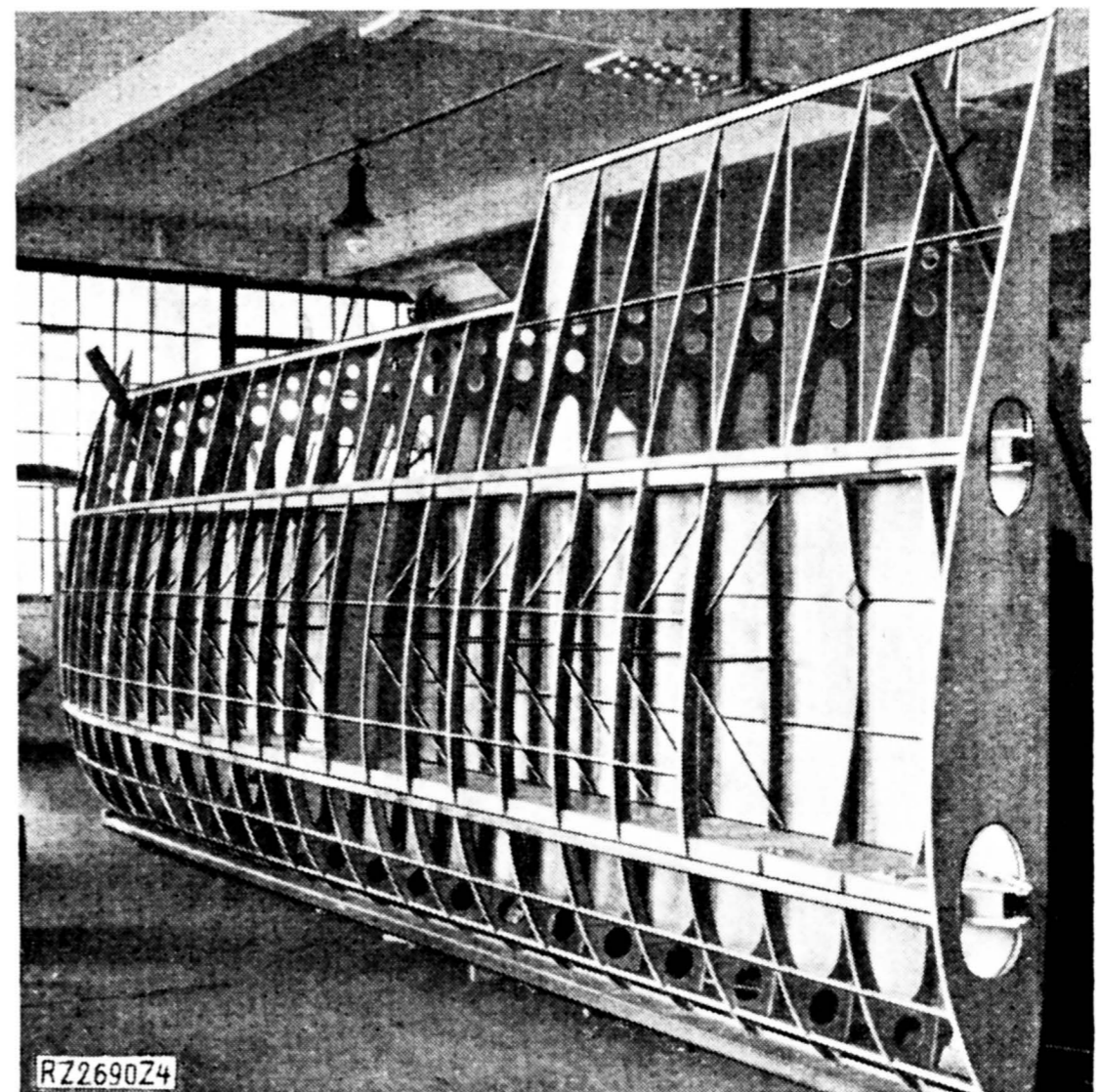


Abb. 4. Flächengerippe aus Holz des Flugzeuges, Abb. 3.

Verkehrsflugzeuge.

Flächenbelastung kg/m ²	Leistungsbelastung kg/PS	Leergewicht t	Zuladung t	Gesamtgewicht t	Geschwindigkeit km/h	Landegeschwindigkeit km/h	Zahl der Fluggäste
50	4,7	1,35	1	2,35	200	80/85	4
64	8,3	2,45	1,55	4	200	90	8
52,5	9,1	1,33	0,49	1,82	156	80	1
49,3	11,4	0,675	0,55	1,225	140	75	4
71,5	9,3	2,6	2,05	4,65	175	90	10
62	7,4	2,4	1,3	3,7	160	95	10
103	7,5	6,21	3,49	9,7	202	125	10
114	11,8	10,2	9,3	19,5	206	121	12

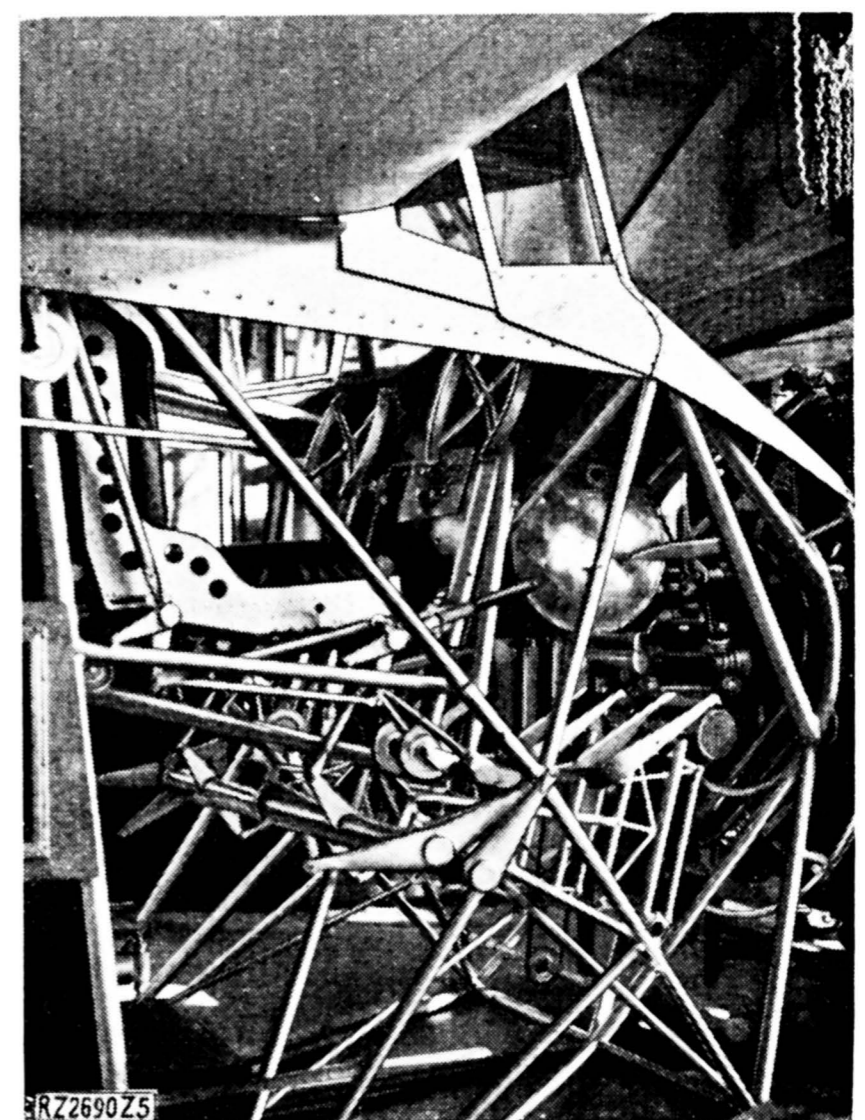


Abb. 5. Fachwerkkonstruktion aus Stahlrohren des Motoreinbaues und des Führerraumes des Flugzeuges, Abb. 3.

sind. Die Gummiscilabfederung der senkrechten Druckstrebe sitzt innerhalb der Flügelnase. Höhenflosse, Höhen- und Seitenruder bestehen aus Holz und sind mit Stoff bespannt. Die zum Ausgleich des Schraubensstrahls um 5° ausgeschwenkte Kielflosse ist aus Stahlrohr mit Stoffbespannung hergestellt. Die Brennstoffbehälter liegen rechts und links vom Führerraum in der Flügelnase. Hinter dem Motorspant folgt ein brandsicherer Raum, an den sich der durch ein Brandschott getrennte Führer- und Bordmonteurraum anschließt. Die Kabine bietet acht Fluggästen Raum. Dahinter liegen nebeneinander Abort und Gepäckraum.

Der verspannungslose, freitragende Hochdecker, Baumuster G L 22, Abb. 9, ist ein Schul- und Sportflugzeug und dient zum Umschulen beim Übergang vom ein- zum mehrmotorigen Flugzeug. Als Werkstoff verwenden die Erbauer Holz. Der verdrehungsfeste Kastenholm mit Sperrholzrippen bildet das Flügelgerippe, das an der Vorderkante mit Sperrholz, im übrigen mit Stoff verkleidet ist. Der Rumpf ist als Holzdrahtboot ausgebildet und mit Stoff bespannt.

Die beiden Siemens-Motoren, Baumuster SH 12, von je 100 PS, sind unter der Tragfläche zu beiden Seiten des Rumpfes eingebaut. Das Fahrgestell ist ähnlich wie beim Baumuster A 17 a durchgebildet. Vorn im Rumpf liegen die beiden Führersitze nebeneinander. Dahinter kommt die Kabine für einen Fluggast.

Verkehrsflugzeuge der Bayerischen Flugzeugwerke

Die Bayerischen Flugzeugwerke, A.-G., Augsburg, stellen das Kleinverkehrsflugzeug, Baumuster BFW M 18,

Abb. 10, her, bei dem für Träger, Spanten, Rippen und Metallbeplankung Duralumin, für Beschläge, Achse, Motoreinbau, Lager usw. hochwertige Stahlsorten verwendet werden. Bei dem freitragenden Ganzmetallhochdecker ist der stark profilierte durchgehende Flügel auf einem einzigen I-ähnlichen Flügelholm aufgebaut, der in Verbindung mit der drehsteif ausgebildeten Flügelnase sämtliche Verdrehungskräfte aufnimmt. Die Flügeloberkante ist gradlinig ausgebildet, während die Unterkante nach außen hin V-förmig verläuft. Bis zum Holm ist die Flügelnase mit glatten Duraluminblechen verkleidet, das Ende ist mit Stoff bespannt, ebenso die aus Endrippen zusammengesetzten Querruder. Die Fläche, in der auch die Brennstoffbehälter untergebracht sind, liegt auf dem Rumpf auf.

Die einzelnen Spanten des Rumpfes sind durch vier Längsurte miteinander verbunden. Die Querkräfte werden von den Spanten gemeinsam mit der glatten Außenhaut aufgenommen, zu deren Versteifung außen noch Längsprofile angenietet sind. Das Fahrwerk liegt im Innern des Rumpfes, aus dem nur zu beiden Seiten die die Räder tragenden Achsstummel herausragen, die stromlinienartig verkleidet sind. Die Achse ist mit Gummiseilen an einem nach Lösen von vier Bolzen leicht auszubauenden Fahrgestellrahmen aufgehängt. Höhen- und Seitenleitwerk bestehen aus Rippen, die an Trägern befestigt sind. Das Fachwerk hat Stoffbespannung.

Der neunzylindrige luftgekühlte Siemens & Halske-Motor Baumuster SH 12, von 108/128 PS, ist an einem Stahlrohrgerüst befestigt, das mittels fünf Bolzen am

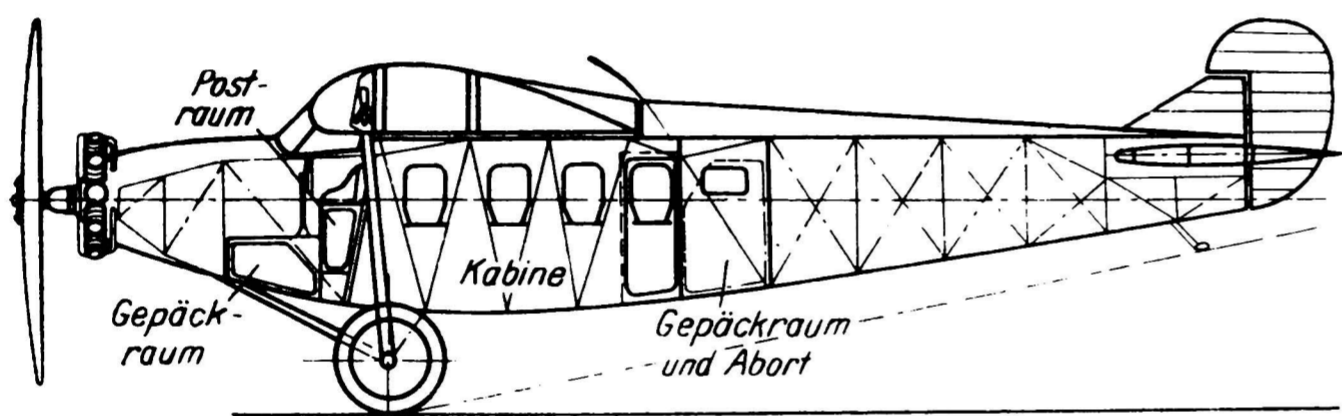


Abb. 6 bis 8
Verkehrsflugzeug mit einem
Getriebemotor.

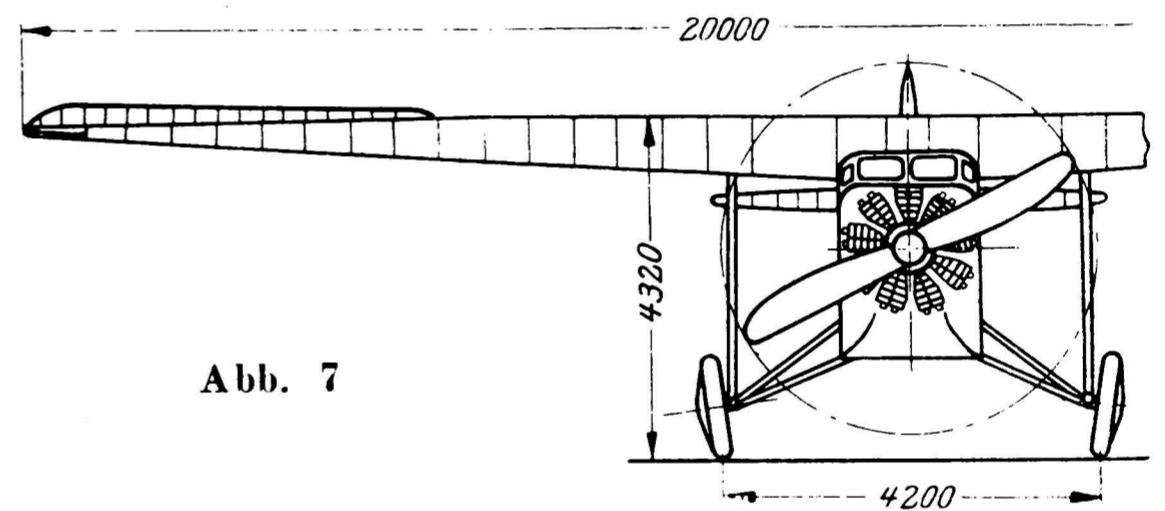
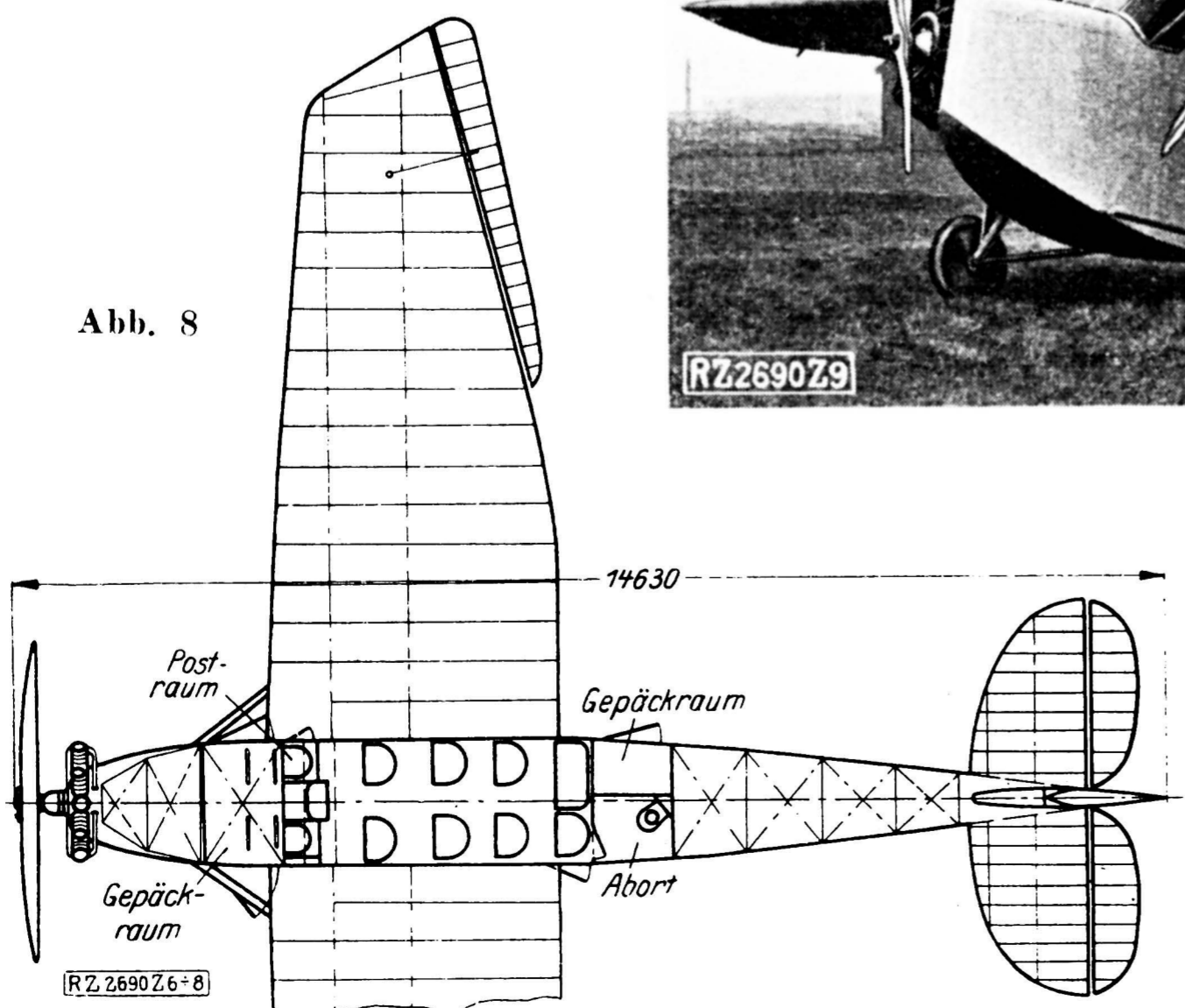


Abb. 7



Abb. 9
Zweimotoriges Schul- und Sportflugzeug.

Abb. 6 bis 9
Freitragende verspannungslose Hochdecker der
Firma Focke-Wulf Flugzeugbau A.-G., Bremen.



Abb. 10
bis 14
Freitragende
verspannungslose
Hochdecker
der Firma
Bayerische
Flugzeug-
werke A.-G.,
Augsburg.

Abb. 10
Kleinverkehrsflugzeug, Baumuster BFW M 18.

feuersicheren Spant vorn am Rumpf angeschraubt wird, Abb. 11. Hinter dem einsitzigen Führerraum liegt der Fluggastraum mit vier Plätzen¹⁰⁾.

Eine Weiterentwicklung des Baumusters BFW M 18 jedoch für 8 bis 10 Fluggäste oder rd. 1000 kg zahlende

¹⁰⁾ Ein neues Baumuster, BFW M 18 d, ist nach den jahrelangen Erfahrungen im mitteldeutschen Streckennetz aus dem Baumuster BFW M 18 entstanden. Die Fläche liegt nicht mehr auf dem Rumpf, sondern ist in den Rumpf eingesenkt. Die Sicht vom Führerraum aus wurde dadurch verbessert, daß man die Motorverkleidung nicht mehr an die Flügelnahe herangezogen hat. Der Fluggast- und der Gepäckraum wurden verbreitert und verlängert. Infolge des Einbaues eines stärkeren Motors, Siddeley Lynx von 200/220 PS. mußte man den Bodenabstand größer machen. Das Fahrgestell wurde deshalb aus dem Rumpf herausgenommen und durch je eine Federstrebe gegen den Flügel abgestützt.

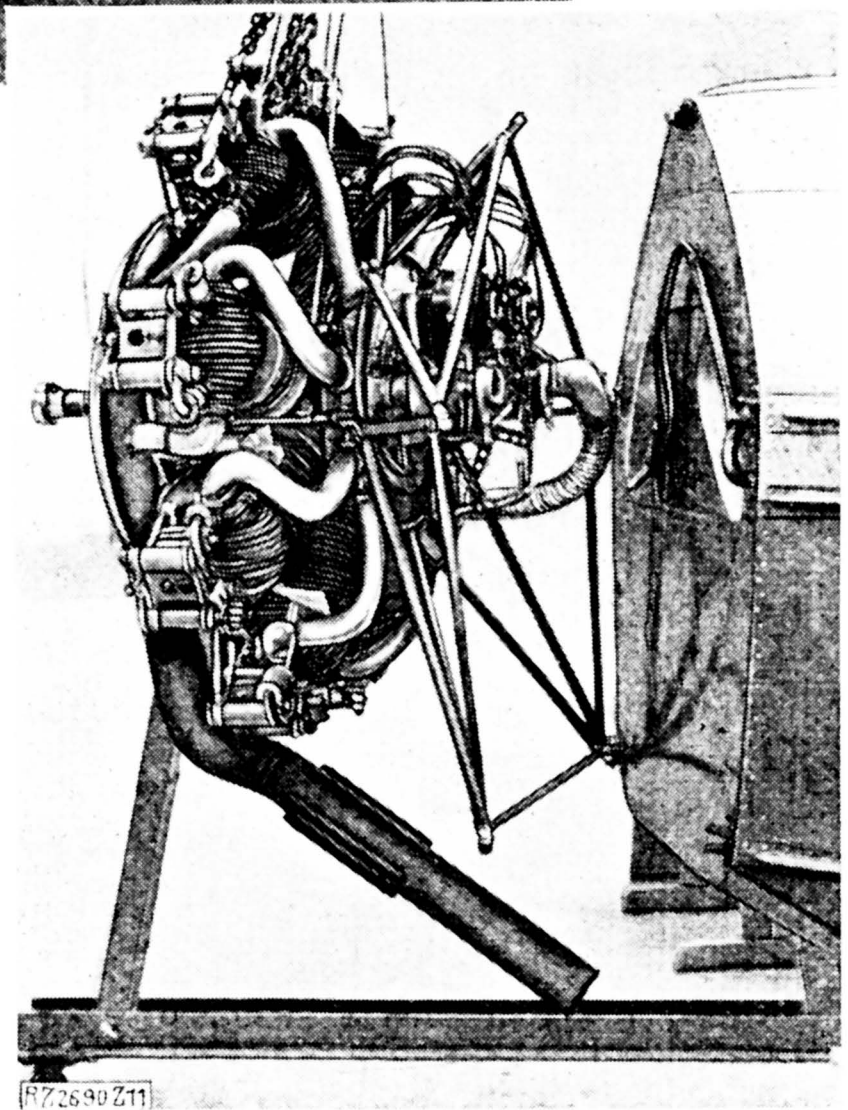


Abb. 11
Motor Stahlrohrgerüst,
mittels fünf Bolzen am
Brandschott befestigt, Flug-
zeug Abb. 10.

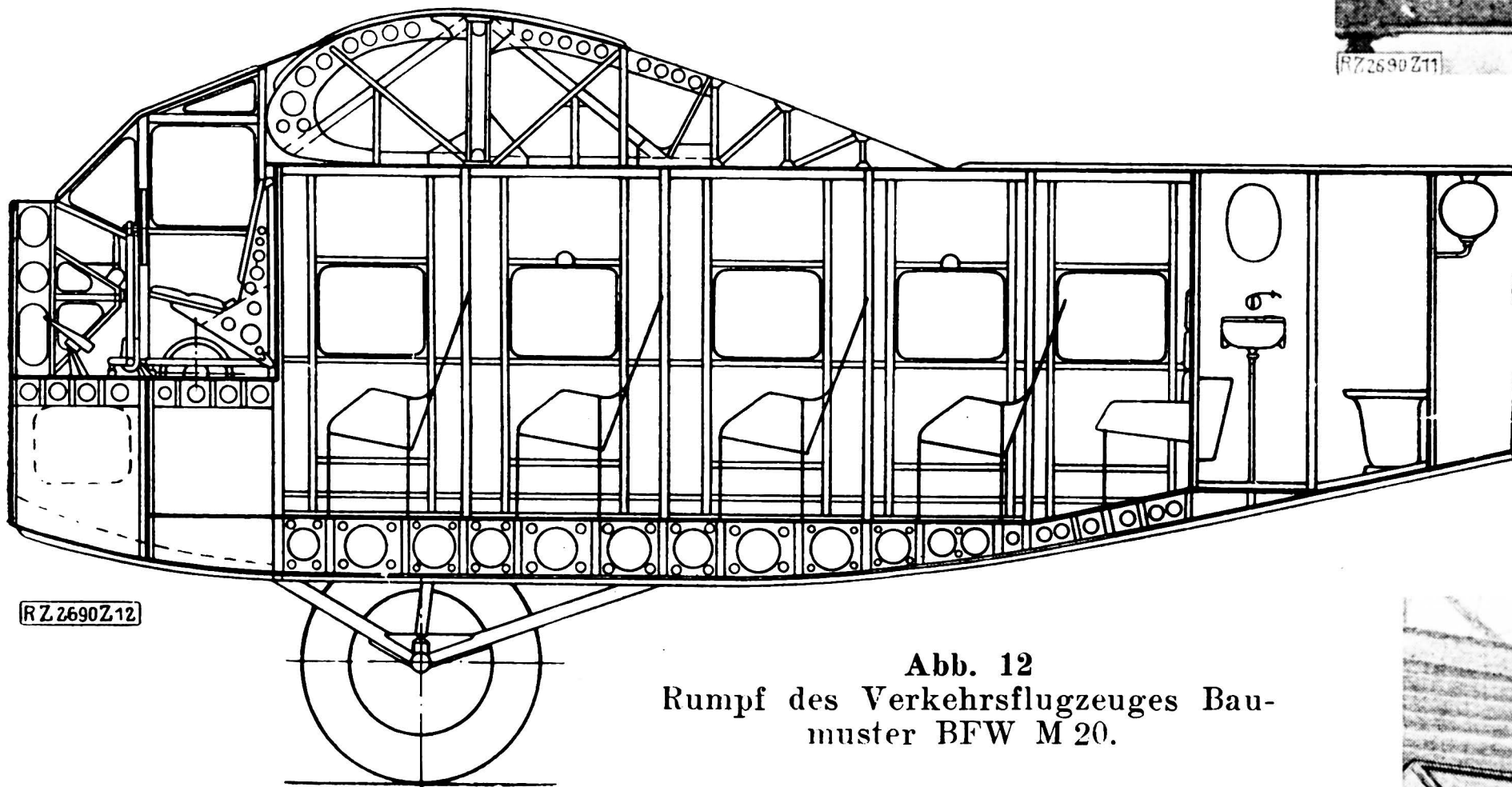


Abb. 12
Rumpf des Verkehrsflugzeuges Bau-
muster BFW M 20.

Abb. 14 (unten)
Motoreinbau
des Verkehrsflugzeuges
Baumuster BFW M 20.

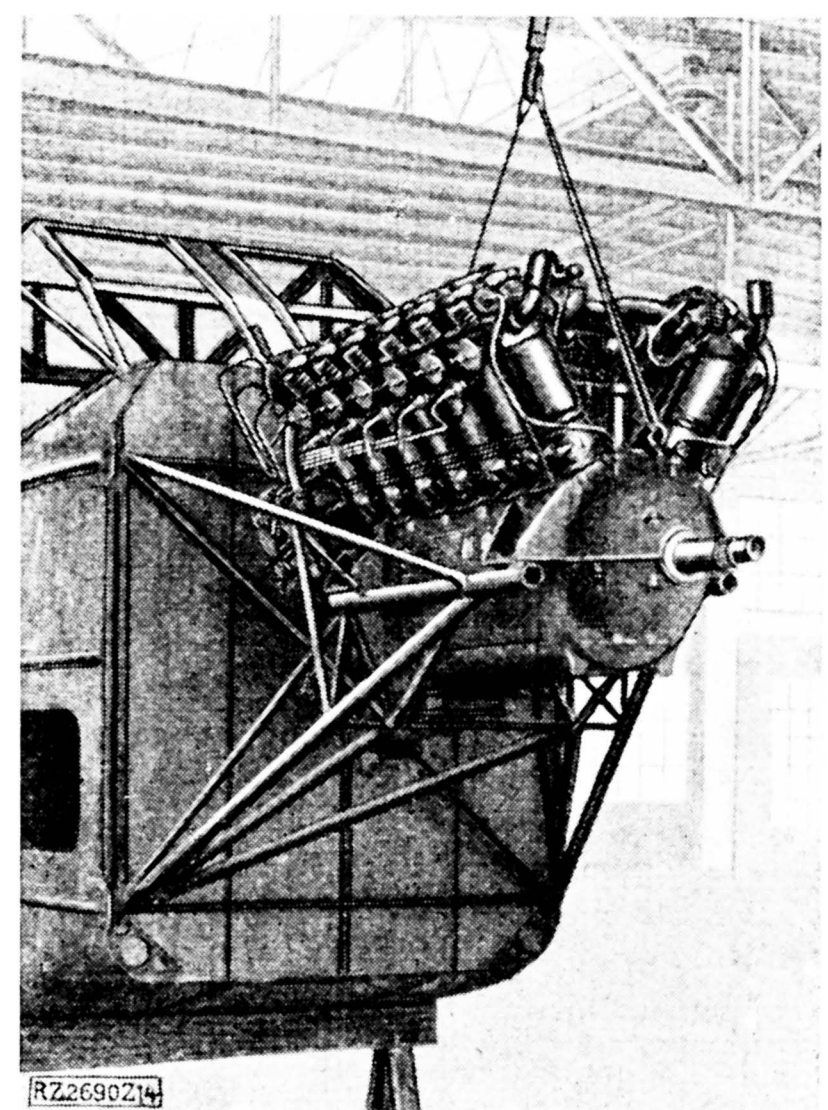
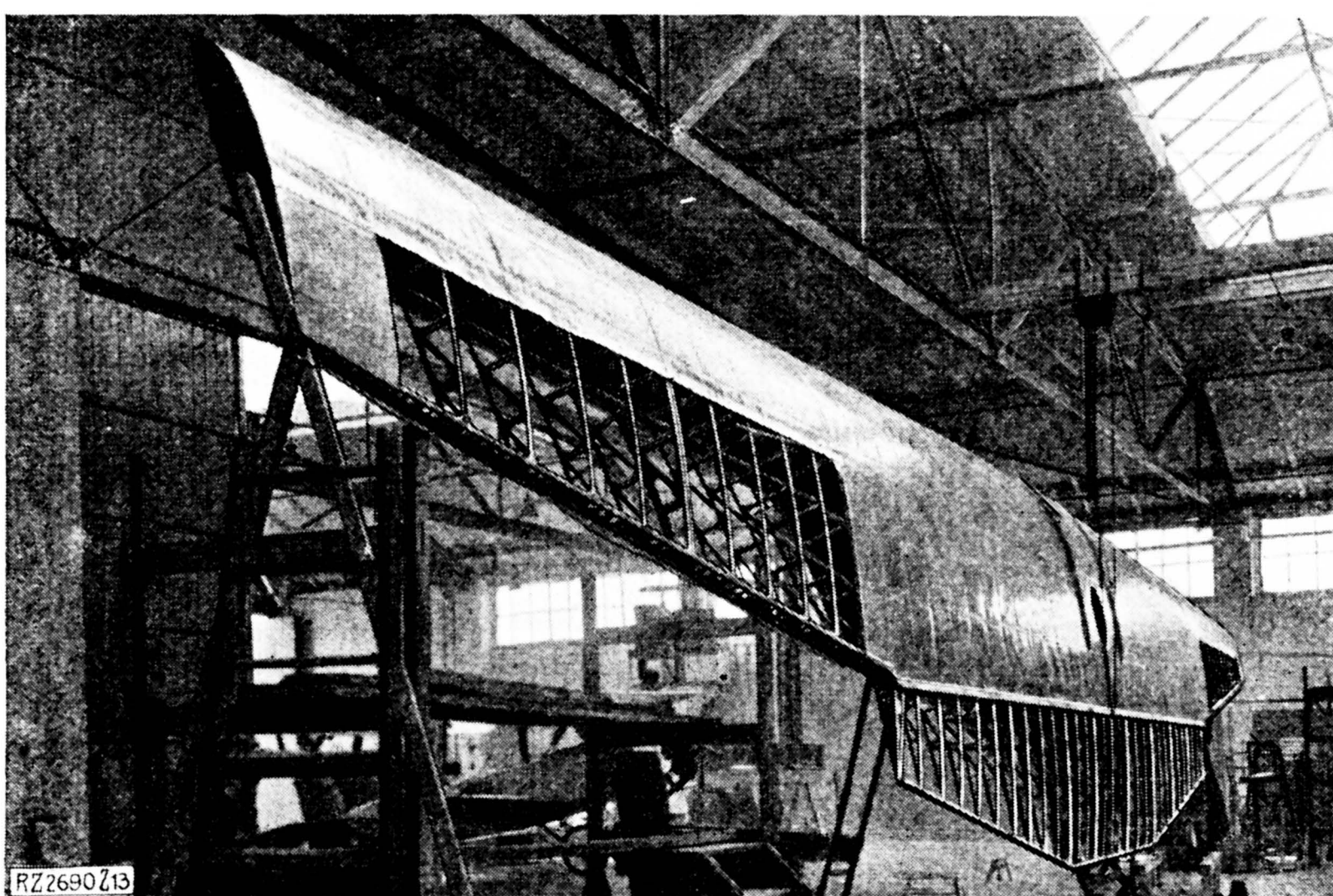
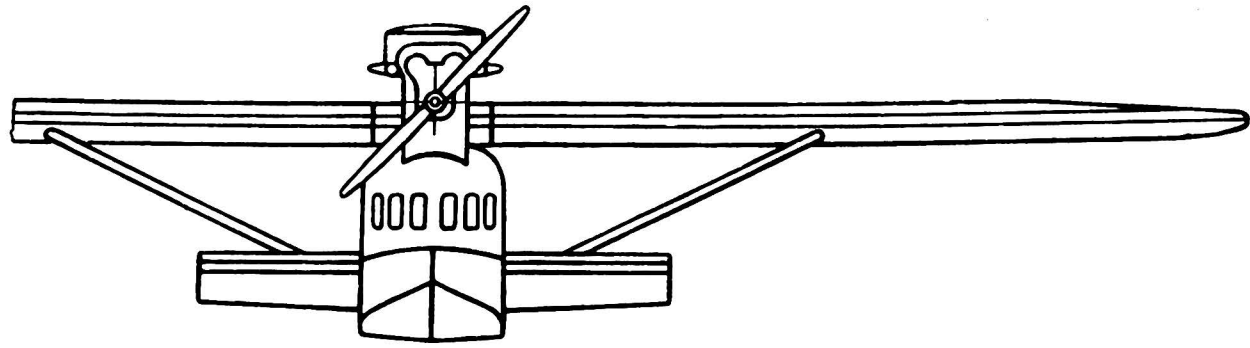


Abb. 13 (links)
Tragfläche des Verkehrs-
flugzeuges
Baumuster BFW M 20.



Last ist das Ganzmetallflugzeug, Baumuster BFW M.20, Abb. 12 bis 14. Es ist mit einem wassergekühlten zwölfzylindrigen BMW VI-Motor von 500/720 PS ausgerüstet. Der konstruktive Aufbau paßt sich dem Baumuster BFW M18 an. Hinter dem Fluggastraum liegen ein Waschraum, ein Abort und ein Gepäckraum. Das Fahrgerüst besteht aus je zwei seitlichen Auslegern, die mit Kugelgelenken am Rumpf befestigt und mit je einer Strebe gegen den Flügel abgestützt sind. In diese Strebe ist auch die Gummizugfederung eingebaut. Die Räder laufen auf Achsstummeln, die mit der zum Flügel laufenden Strebe starr verbunden sind. Sämtliche Streben sind tropfenförmig verkleidet. Die Spurweite beträgt 3,6 m.

Dornier-Verkehrsflugzeuge

Das einmotorige Ganzmetall-Flugboot, Baumuster Delphin III, der Firma Dornier-Metallbauten, G. m. b. H., Friedrichshafen am Bodensee, Abb. 15 bis 17, ist mit einem zwölfzylindrigen BMW VI-Motor von 500/720 PS ausgerüstet. Das Flügelmittelstück ist mit der Rumpfoberseite fest verbunden. Die beiderseitig angesetzten Flügel sind rechteckig mit schwach abgerundeten Ecken ausgebildet. Je zwei schräg nach unten zur Flosse führende Streben stützen sie zu beiden Seiten des Bootes ab. Die Flügelkonstruktion besteht aus zwei durchgehenden Stahlholmen mit Duraluminkastenrippen. Die zwischen den Rippen liegenden Flügelteile sind mit Duraluminblechbahnen belegt. Die durch kleine Hilfsflächen entlasteten Querruder sind mit Stoff bespannt.

Der vorn stark gekielte einstufige Rumpf und die Flossen sind durch Schottwände in mehrere wasserdichte Räume geteilt, die durch verschließbare Mannlöcher zugänglich sind. Der auf einen möglichst geringen Wellenwiderstand scharf zugeschnittene Bug des Bootes ist auf der Oberseite flach und niedrig, da die darüberliegende Schraube die Höhenlage des Motors bestimmt und man bestrebt ist, die schweren Lasten des Flugbootes möglichst tief zu legen. Unmittelbar hinter dem Bug ist der

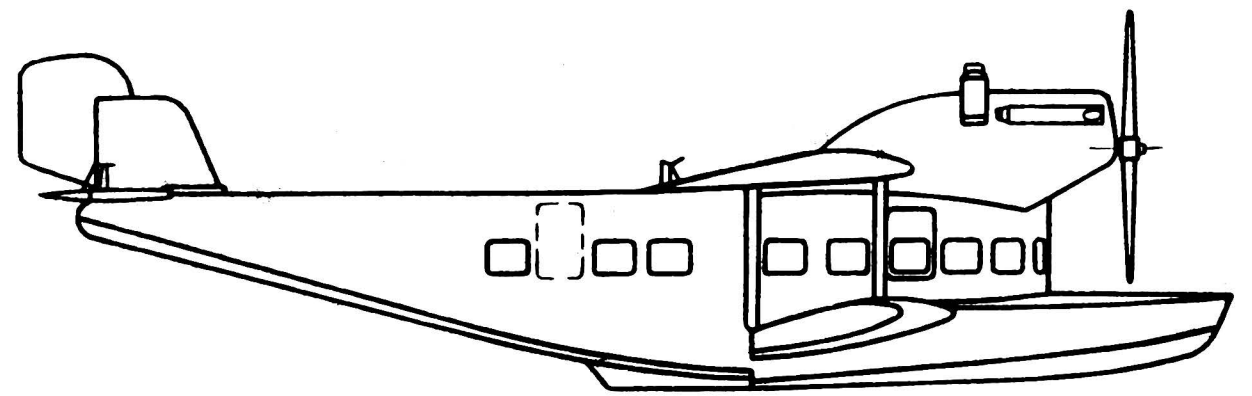
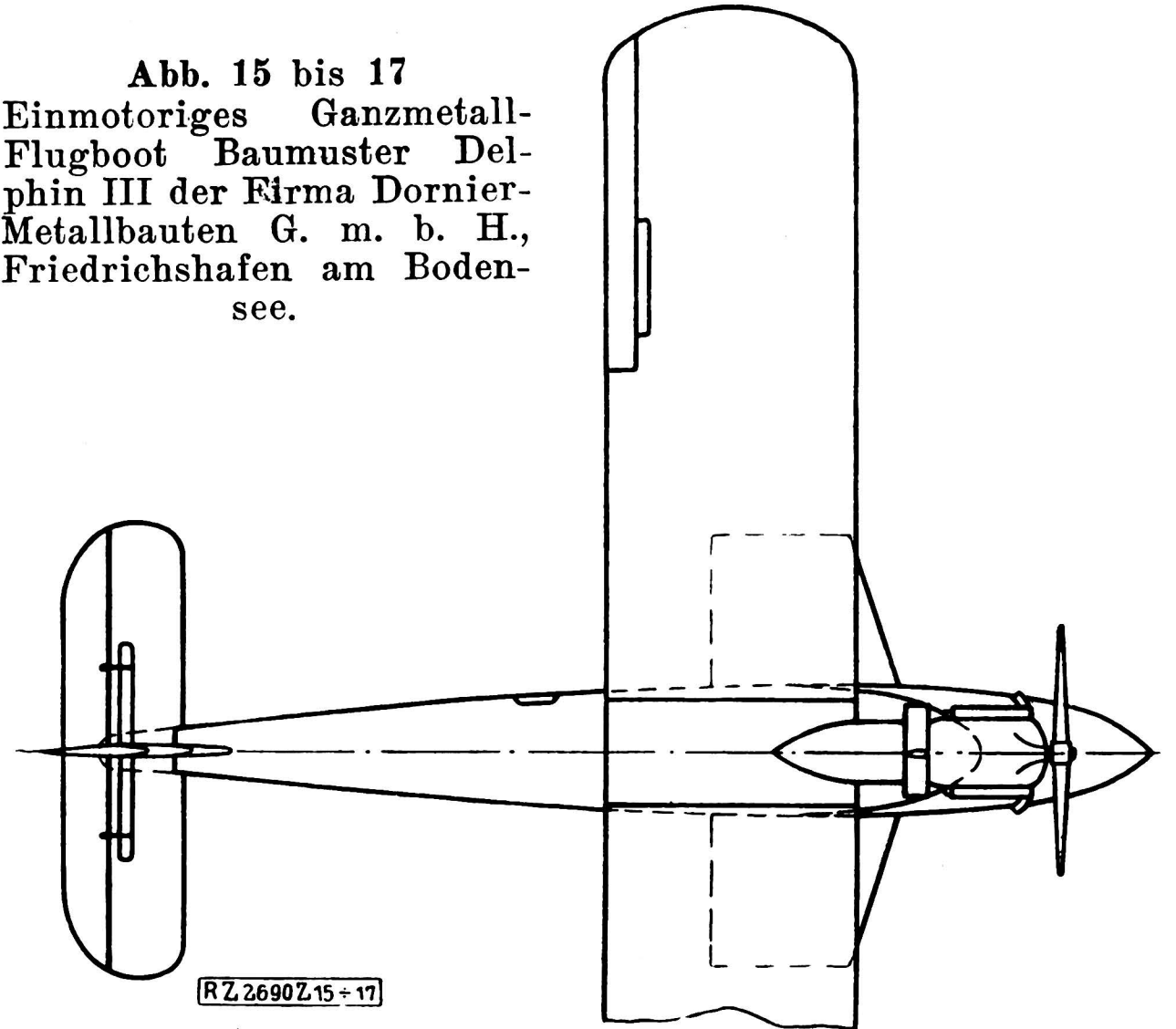


Abb. 15 bis 17
Einmotoriges Ganzmetall-
Flugboot Baumuster Del-
phin III der Firma Dornier-
Metallbauten G. m. b. H.,
Friedrichshafen am Boden-
see.



Führer- und Gasträum hochgezogen und trägt auf der Oberseite das Stützwerk für den Motor.

Unmittelbar unter dem Motor in dem abgerundeten, mit sechs großen Fenstern ausgerüsteten Vorderteil sind die Führer untergebracht. Dahinter folgt der Fluggastraum mit zehn Sitzen. Die beiden Brennstoffbehälter von je 285 l Fassungsvermögen liegen zwischen den beiden Holmen der Flügel zu beiden Seiten des Rumpfes.

Die zu einem Flächenkreuz vereinigten und durch kleine Hilfsflächen entlasteten Seiten- und Höhenflossen sind auf das Bootsende aufgesetzt.

Rohrbach-Verkehrsflugzeuge

Das als Hochdecker mit Stützschwimmern gebaute zweimotorige Verkehrsflugboot, Baumuster Rohrbach-Rocco, Abb. 18 und 19, der Firma Rohrbach Metall-Flug-

Abb. 18
Zweimotoriges Verkehrsflugboot,
Baumuster Rohrbach-Rocco, der Firma
Rohrbach-Metall-Flugzeugbau G. m. b. H.,
Berlin.

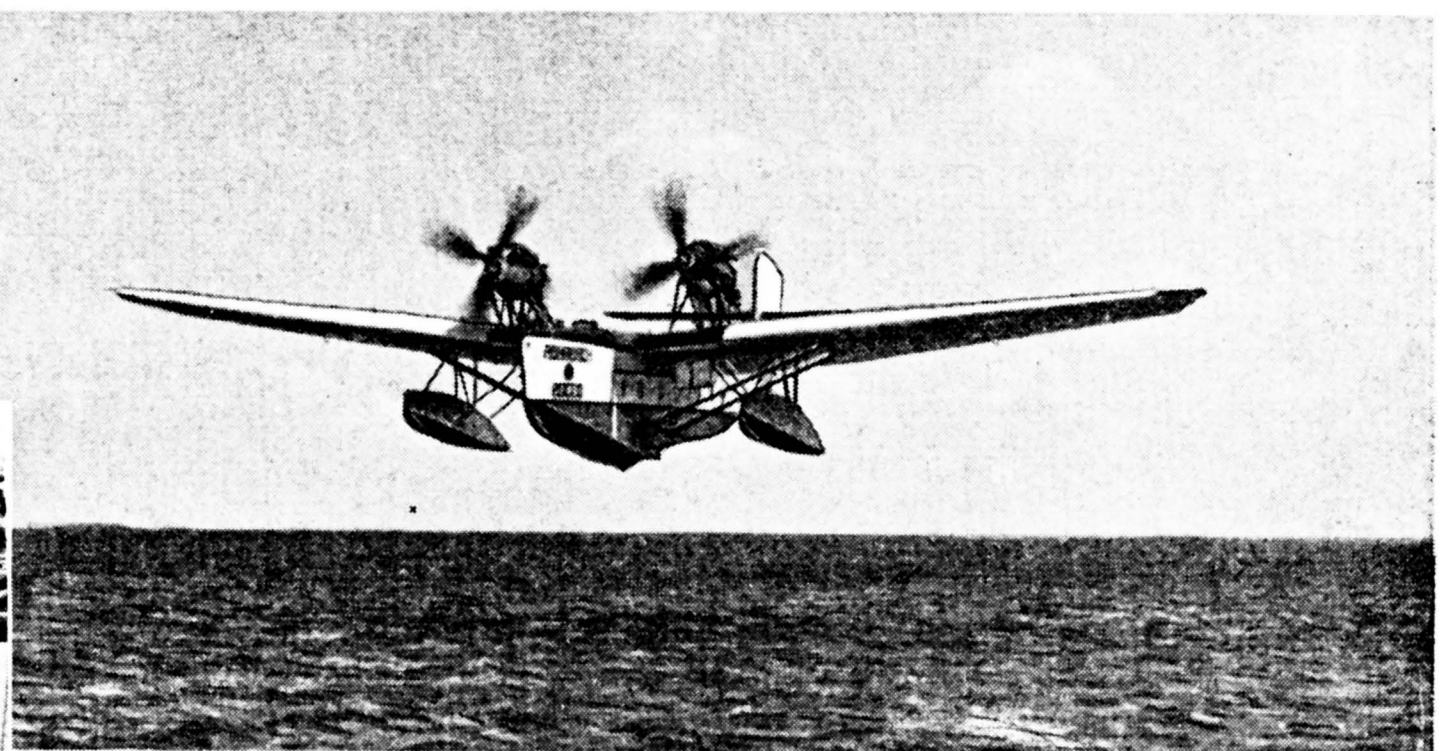
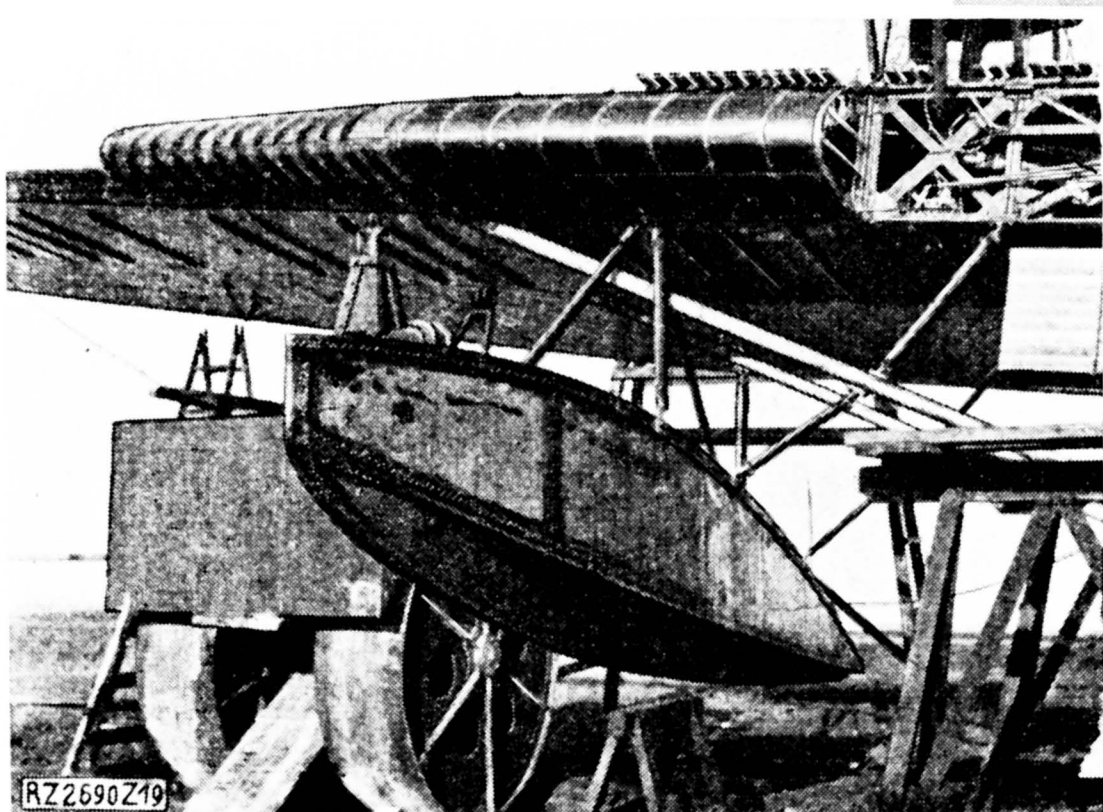


Abb. 19 (links)
Ein Stützschwimmer und ein zweirädriger Bergungs-
wagen des Verkehrsflugbootes, Baumuster Rohrbach-
Rocco.

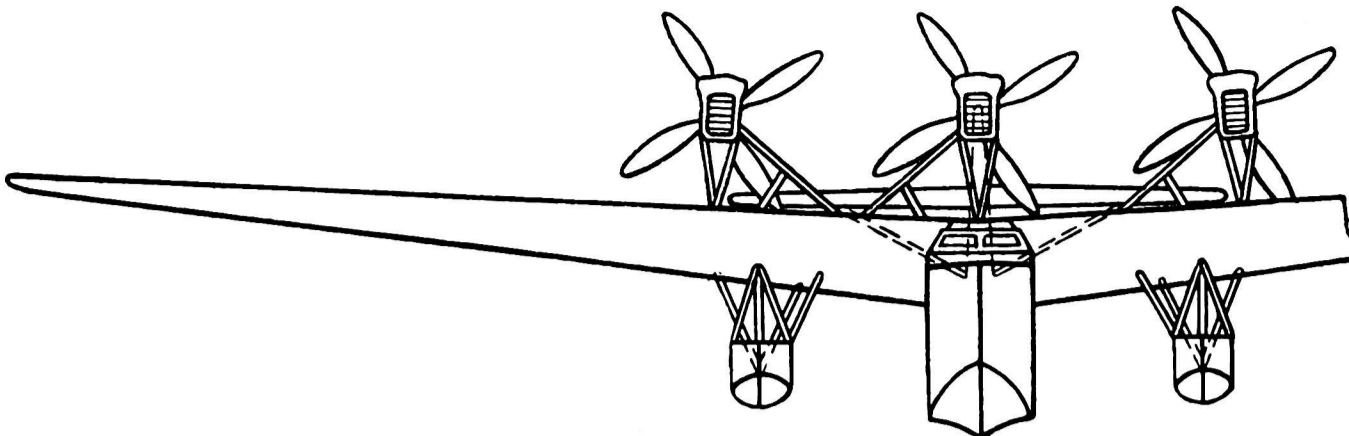
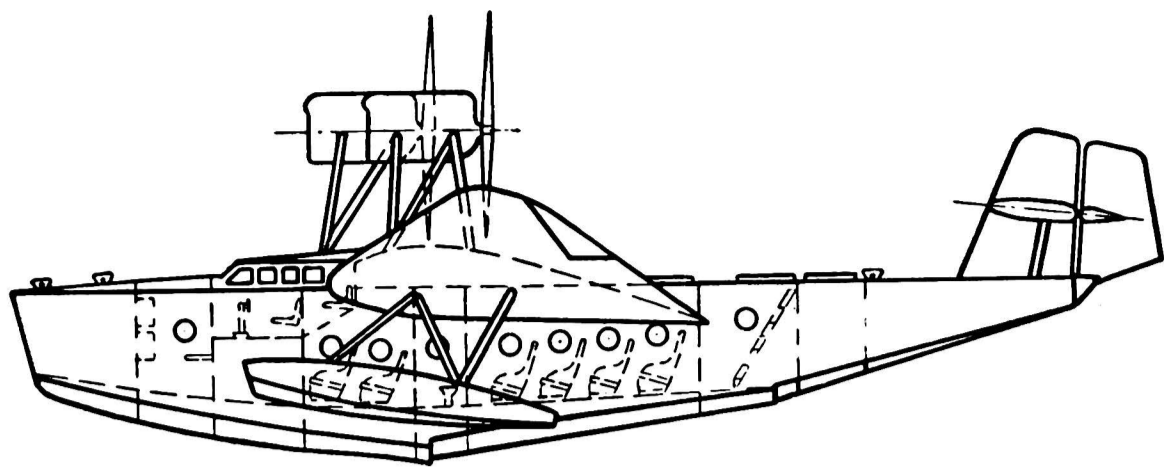
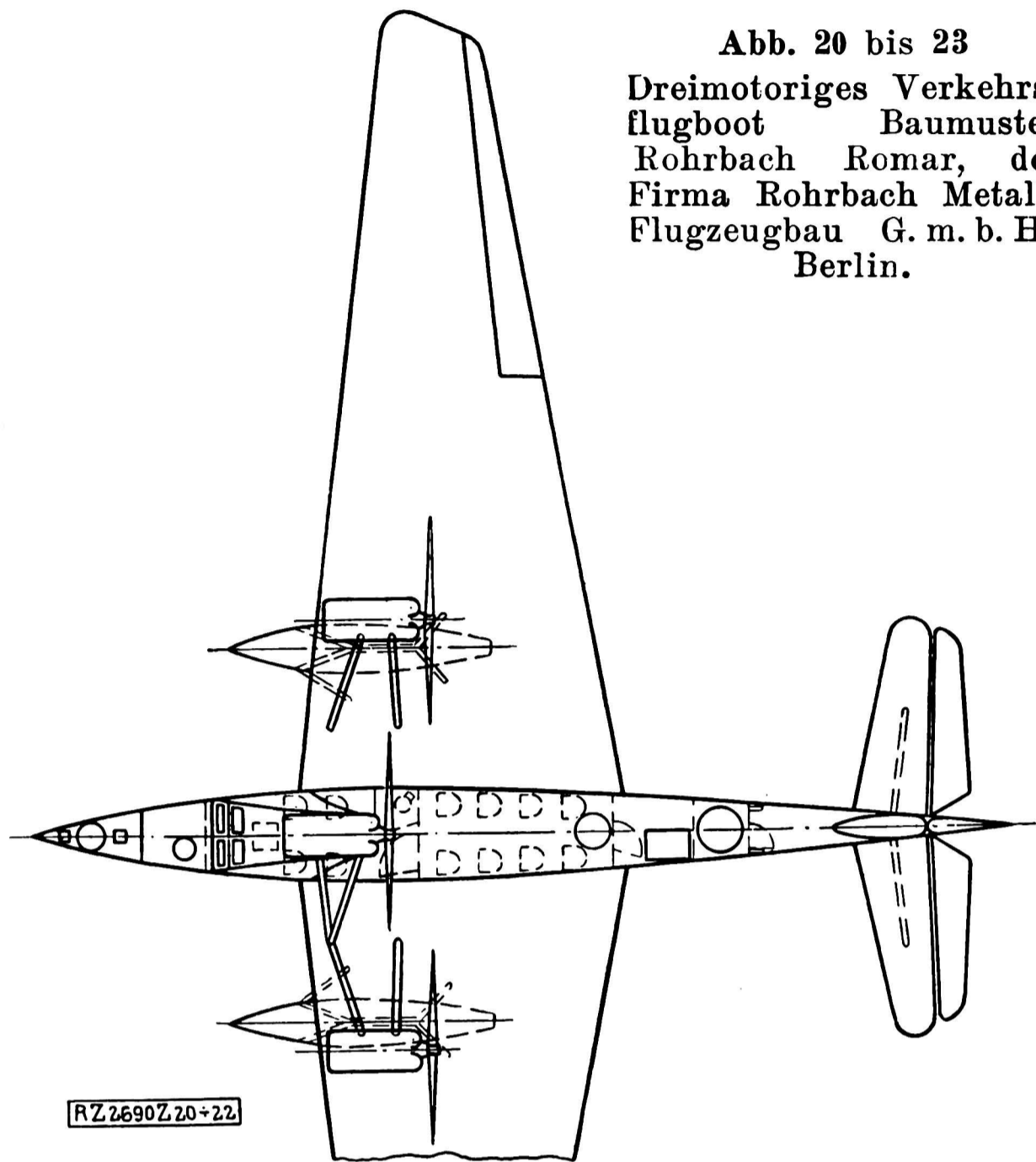


Abb. 20 bis 23

Dreimotoriges Verkehrsflugboot Baumuster Rohrbach Romar, der Firma Rohrbach Metall-Flugzeugbau G. m. b. H., Berlin.



RZ 2690 Z 20+22

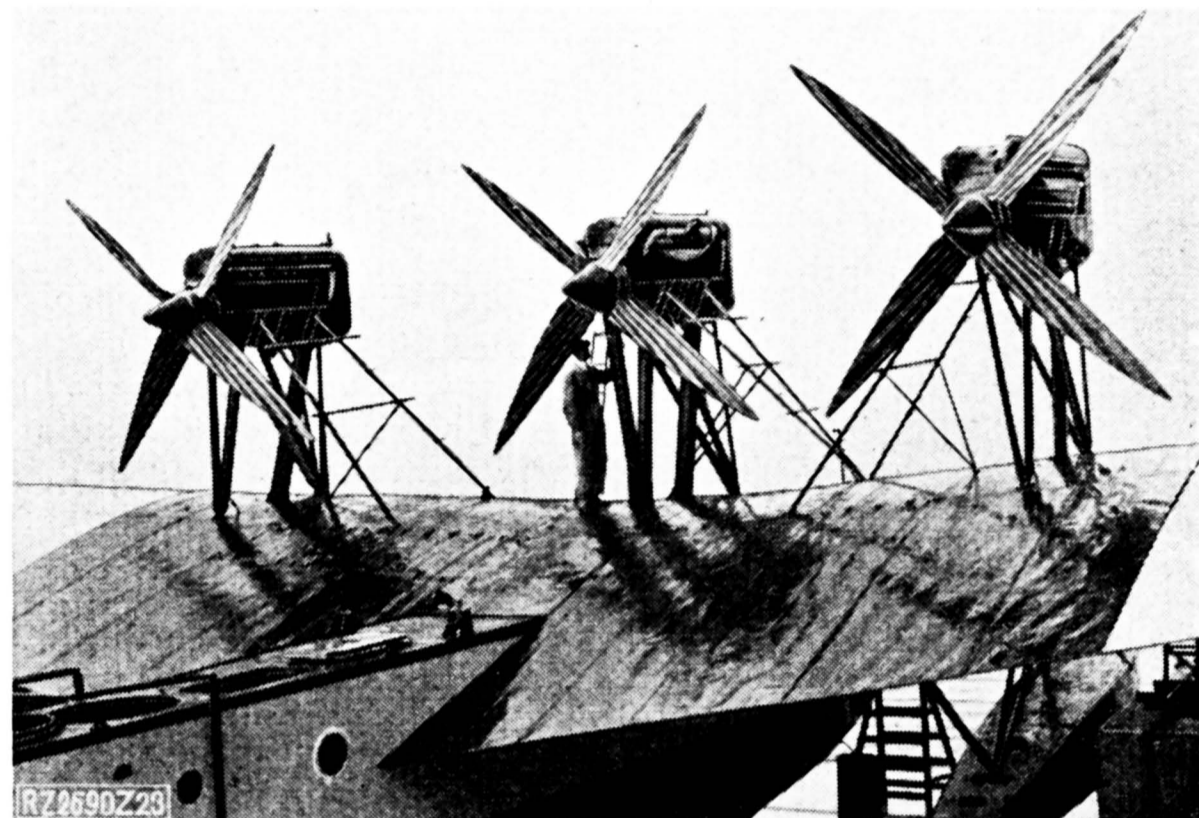


Abb. 23

Motorenanlage des Verkehrsflugbootes, Baumuster Rohrbach Romar.

zeugbau, G. m. b. H., Berlin, ist ganz aus Duralumin in Form von glatten Blechen, Bändern und offenen Profilen gebaut, nur die Befestigungsbeschläge und Bolzen der abnehmbaren Teile und die Streben bestehen aus Stahl und die Betriebsstoffbehälter aus Messingblech. Infolge Verwendung offener Profile sind sämtliche Nietköpfe und alle Knotenpunkte von beiden Seiten leicht nachprüfbar. Sämtliche Teile haben, da sie dem Seewasser ausgesetzt sind, einen seewasserbeständigen Schutzanstrich. Die beiden Flügelhälften sind am Rumpf mit je zwei Stahlbolzen befestigt und gegen den Rumpf durch je zwei Streben abgestützt. Jeder Flügel besteht aus einem Hohlkastenträger mit glatten Häuten; an diesem sitzen leicht abklappbare Nasen- und Endrippenkasten, die z. T. als Brennstoffbehälter ausgebildet sind. Die mit glatter Blechhaut versehenen Querruder sind an den äußeren Endrippenkasten gelagert.

Der schiffsförmige Rumpf ist zweistufig mit stark gekieltem Boden als Hohlkastenträger gebaut. Die zum Teil als wasserdichte Schotte ausgestalteten Hauptspanten und mehrere Zwischenspanten zur Bodenaussteifung bilden mit den vier Längsholmen und einem Kielwinkel das Rumpfgerüst, das mit Blechen wasserdicht verkleidet ist. Durch die Schotte, die wasserdicht schließende Türen haben, wird das Boot in mehrere wasserdichte Abteilungen unterteilt. Das Flugzeug bleibt noch schwimmfähig, wenn zwei benachbarte Abteilungen leck werden.

Die zu beiden Seiten des Rumpfes angeordneten, gegen die Flügel durch Streben abgestützten, bootartig mit scharfem Vorderstevan und mit gekieltem Boden gebauten Schwimmer geben auch beim Leckwerden dem Flugboot eine gute Querstabilität. Die Bauart des Leitwerks ist der der Flügel sehr ähnlich. Es ist mittels Stahlbeschlägen und Stahlbolzen am Rumpf befestigt.

Vorn in der Bootspitze befindet sich der Raum für die Bord- und Seeausrüstung; dann folgt der Führerraum für zwei Flugbootführer. In dem 0,92 m langen und 1,5 m breiten Funkerraum ist auch die Hilfsmaschinenanlage schalldicht untergebracht. Der 6,8 m lange, 1,7 m breite Fluggastraum für zehn Fluggäste ist durch ein Schott mit wasserdicht schließender Tür geteilt. Am hinteren Ende ist die Einsteigöffnung in die Decke eingebaut. Wasch- und Frachtraum schließen sich an.

Die Motorenanlage bilden zwei wassergekühlte auf je einem Strebengestell frei oberhalb der Flügel befestigte Rolls-Royce-Condor-Motoren von je 650 PS, die eine leicht abnehmbare Verkleidung haben. Die beiden Röhrenkühler sind als Stirnkühler ausgebildet. Der Brennstoff, der aus den in den Flügeln eingebauten Behältern einem Sammler zufließt, wird durch Motorpumpen zu den Motoren gefördert. Das Flugboot wird mittels zweier schwimmfähiger zweirädriger Bergungswagen, die unter den Flügeln befestigt werden, auf das Ufer gerollt.

Das Flugboot, Baumuster Rohrbach-Romar, Abb. 20 bis 23, ist eine Weiterentwicklung des Baumusters Rohrbach-Rocco. Flügel und Rumpf stimmen in den Bauelementen mit dem Baumuster Rocco überein; nur die Rumpfeinteilung ist eine andere: vorn Kollisionsraum, Funk- und Navigationsraum, Führerraum; hinter den beiden Führersitzen, oberhalb des Rumpfraumes, durch einen Gang zwischen den Führersitzen zu erreichen, liegt der Monteurräum. An den unter dem Führerraum liegenden Gang, durch ein Schott mit Tür getrennt, grenzt der geteilte Fluggastraum für zwölf Fluggäste. Durch ein Schott ist er in zwei Hälften geteilt. In der vorderen sind vier, in der hinteren acht Sitze eingebaut; dazwischen liegt der Waschräum und der Abort. Im Bootende ist der Vorräum zum Fluggastraum mit Einsteigöffnung und Treppe und der Gepäckraum untergebracht.

Die drei BMW VI Motoren von je 550/750 PS stehen auf hohen Stützgestellen, windschnittig verkleidet, über dem Flügel und haben vierflügelige Druckschrauben. Jeder Motor hat seine eigene Brennstoffanlage [2690]

Der Zerspanungsvorgang bei Kaltkreissägen¹⁾

Versuchsbedingungen

In sehr ausführlichen und gründlichen Untersuchungen haben *Wallichs* und *Hemscheidt* die grundlegenden Vorgänge bei der Zerspanung durch Kaltkreissägen und die verschiedenen Einflüsse von Zahnform, Zahnteilung u. a. klargestellt.

Die Versuche wurden, bedingt durch die Maschine, bei je einer Umdrehungszahl des Sägeblattes und für verschiedenen gestufte Vorschubgeschwindigkeiten angestellt. Schnittmoment und Vorschubkraft wurden getrennt gemessen, da der Vorschub durch einen besonderen Nebenschlußmotor betätigt wurde. Die Vorschübe lagen in dem Bereich zwischen 8,5 bis 83 mm/min. Die Schnittgeschwindigkeiten wurden bei einem Sägeblattdurchmesser von 550 mm in den Grenzen von 10 bis 36 m/min veränderlich gestaltet.

Die Brustwinkel konnten mittels der Sägeschärfmaschine bis zu 30° hinauf, die Anstellwinkel bis zu 0° herunter und die Form des Zahnrückens beliebig gestaltet werden. Die Kräfte wurden unter vorheriger Feststellung der elektrischen und mechanischen Verluste, die bei einer bestimmten mechanischen Leistung auftraten, mittelbar gemessen. Die Vorschubkräfte wurden hydraulisch angezeigt und aufgezeichnet. Die für den Schneidvorgang selbst aufzuwendende Leistung wurde gleichfalls mittelbar durch vorherige Ermittlung der mechanischen Wirkungsgrade mit Hilfe eines *Pronyschen* Zaumes gemessen, der auf einer von der Sägeblattspindel ins Schnelle übersetzten Welle angriff.

Die Versuche erstreckten sich auf die Untersuchung des Einflusses des Brustwinkels auf die Leistung. Hierbei wurden untersucht:

1. Weiches Gußeisen von 35 kg/mm² Festigkeit als bröckelnder Werkstoff,
2. Harter Perlitguß von 40 kg/mm² Festigkeit als halb bröckelnder, halb spanender Werkstoff,
3. Stahlguß von 45 kg/mm² Festigkeit als spanender, aber stark schweißender Werkstoff,
4. Stahl von 50 kg/mm² Festigkeit (in der Erstveröffentlichung wegen Raummangels fortgelassen),
5. Stahl von 85 kg/mm² Festigkeit, die beiden letzten Werkstoffe als sauber spanende Werkstoffe.

Für jeden Werkstoff wurden mit einer Schnittgeschwindigkeit 4 bis 5 verschiedene Vorschübe gefahren, wobei der Brustwinkel in den Stufen 0, 8, 12, 15, 18 und 30° verändert wurden. Gekühlt wurde auch bei Gußeisen mit Sodawasser, und zwar gleichmäßig mit 8 l/min.

Der Anstellwinkel von 7° wurde einheitlich eingehalten, ebenfalls eine nach Schablone geschliffene Zahn-lückenform. Als Werkstück wurden Stangen von 100 mm durchgesägt. Bei Stahl wurde die Walzhaut nicht entfernt, dagegen wurden bei Stahlguß, Perlitguß und Gußeisen die Wellen von 110 mm auf 100 mm Durchmesser abgedreht. Als Vergleichsleistung wurde der höchste Wert in der Stelle des größten Spanquerschnittes genommen.

Ergebnisse

Vergrößerung des Brustwinkels

Bei Gußeisen hat infolge der geringen Reibung und Stauchung des abgedrehten Spanes die Form der Zahn-lücke

¹⁾ Nach *A. Wallichs* und *H. Hemscheidt* Der Schneidvorgang bei der Zerspanung durch Kaltkreissägen, „Maschinenbau“ Bd. 7 Heft 20 (1928), S. 949 und 1059.

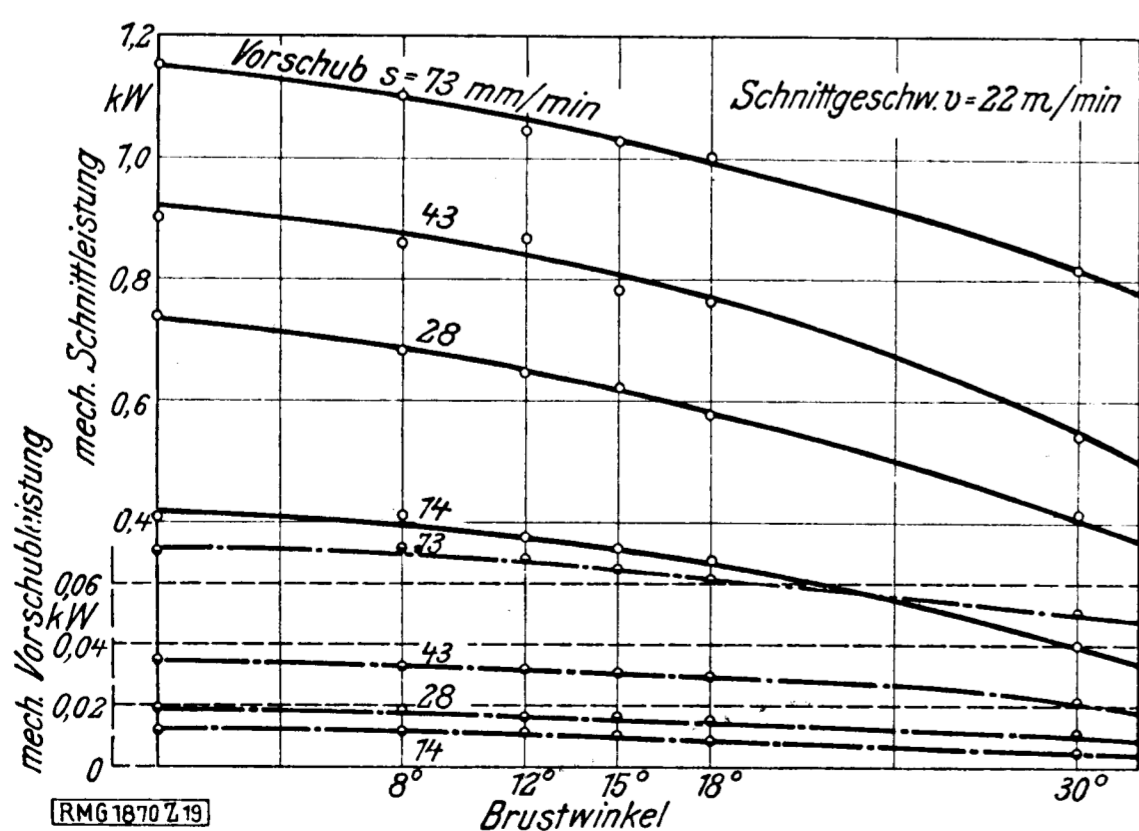


Abb. 1
Einfluß des Brustwinkels auf die Leistung;
Werkstoff: Gußeisen von 35 kg/mm² Festigkeit

fast keinen Einfluß. Die Energieersparnis durch Vergrößerung des Brustwinkels wirkt sich jedoch recht erheblich aus. In gleicher Weise, wie in Abb. 1 dargestellt, sind die Verhältnisse für die übrigen Werkstoffe untersucht.

Die tatsächlich auftretenden Energieersparnisse durch Vergrößerung des Brustwinkels von 0 auf 30° wurden in Schaubildern dargestellt und betragen bei Gußeisen 33 vH, bei Perlitguß 20 vH, bei Stahlguß 32 vH, bei Stahl von 85 kg/mm² 40 vH. Mit Ausnahme von Gußeisen, wo die Ersparnis der Vorschubleistung bei Vergrößerung des Brustwinkels kleiner als diejenige der Schnittleistung ist, wirken sich die verbesserten Schnittbedingungen infolge Vergrößerung der Brustwinkel auf die Vorschubleistung in ungleich stärkerem Maß aus. Die Energieersparnisse der Vorschubleistungen betragen: bei Gußeisen 33 vH, bei Perlitguß 38 vH, bei Stahlguß 58 vH, bei Stahl von 85 kg/mm² 50 vH. Besonders hervorzuheben sind die Energieersparnisse bei Stahlguß, da durch die Verbesserung des Brustwinkels die Gefahr des Kaltschweißens sehr stark vermindert wird.

Die Veränderung des Anstellwinkels

Der theoretisch erforderliche Anstellwinkel bei dem stärksten Vorschub von 48 mm/min hätte nur 0,13° zu erreichen brauchen. Ein zu großer Anstellwinkel ergibt leicht die Gefahr des Hakens. Die Anstellwinkel wurden in dem Bereich von 0,5 bis 25° gleichmäßig geändert. Bei mittleren Vorschüben ist der Einfluß der Winkelvergrößerung kaum bemerkbar. Von 38 mm/min Vorschubgeschwindigkeit an macht sich der Einfluß auf die Vorschubleistung jedoch schon recht erheblich bemerkbar, Abb. 2. Je größer der Spanabflußraum, desto geringer ist die erforderliche Leistung. Eine Vergrößerung des Durchmessers der Zahn-rundung von 5 auf 9 mm ergab eine Ersparnis von etwa 12 vH der Schnittleistung und etwa 20 vH der Vorschubkraft.

Schneidhaltigkeit

Als bedeutsam wurde ferner die Untersuchung des Einflusses der Zahnform auf die Schneidhaltigkeit erachtet. Bei einem Brustwinkel von 0° trat die Abstumpfung am raschesten ein. Bei 12° blieb die Schneidhaltigkeit am längsten gleichmäßig, während bei 30° trotz des geringen Energiebedarfs die Abstumpfung sich verhältnismäßig erheblich stärker auswirkte. Beim zehnten Schnitt erreichte der Kräftebedarf bereits einen um 16 vH höheren Betrag. Als Merkmal für die Abstumpfung diente die Zunahme des Kraftverbrauchs. Daraus ergab sich als günstigster Brustwinkel zur Erzielung einer möglichst gleichbleibenden Schneidhaltigkeit für Perlitguß 8 bis 12° und für Stahl von 85 kg/mm² Festigkeit rd. 18°.

Die Versuche ergeben zusammengefaßt folgendes:

1. Vergrößerung des Brustwinkels erzeugt bei sämtlichen Werkstoffen eine beträchtliche Leistungersparnis.
2. Der Anstellwinkel ist größer als für den notwendigen Freigang zu wählen, jedoch nicht größer als 7°.
3. Die Zahn-lückenrundung soll so groß wie möglich gewählt werden, um ein widerstandloses Aufrollen des Spanes zu ermöglichen.
4. Die Teilung der Spanbreite verringert die Reibung an den Materialwänden sehr stark und erzeugt einen glatteren Schnitt. [M 2405]

Dr. *Slu.*

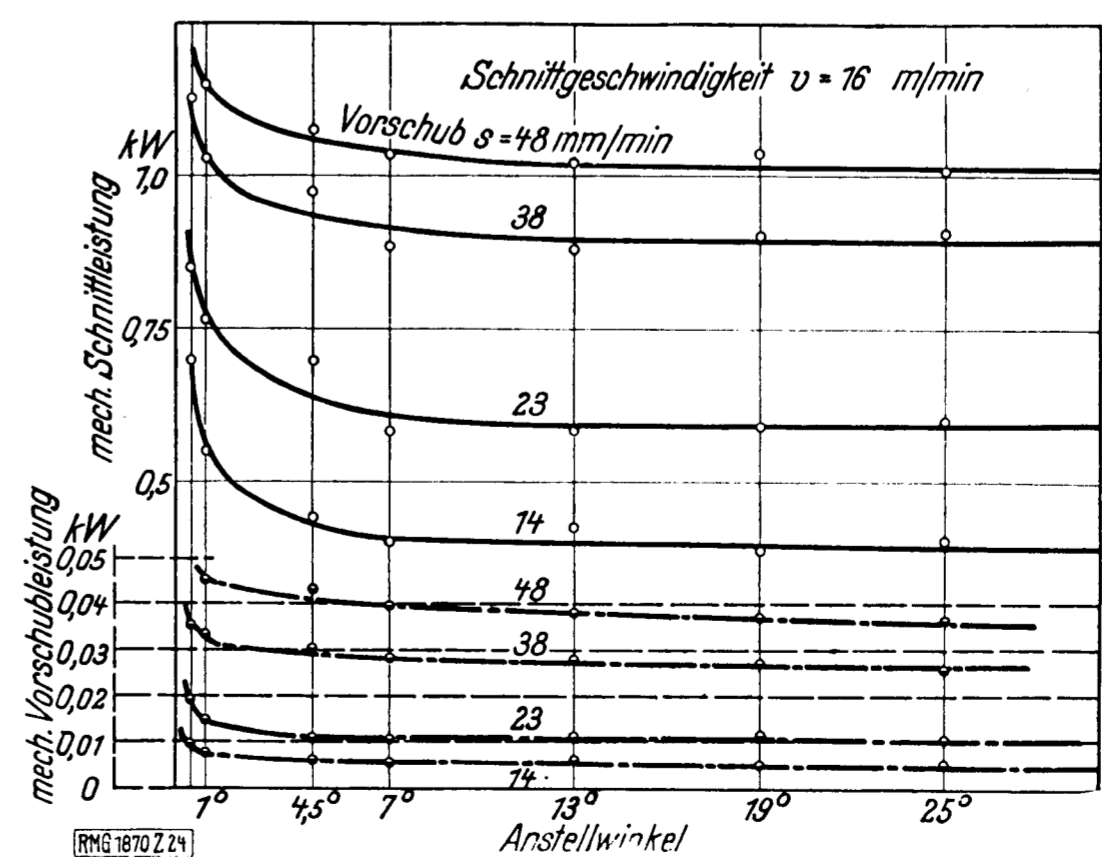


Abb. 2
Einfluß des Anstellwinkels auf die Leistung;
Werkstoff: Stahl von 85 kg/mm² Festigkeit.

Aufgaben des Elektromaschinenbaues¹⁾

Die neuen elektrotechnischen Institute der Technischen Hochschule Braunschweig

Von Prof. Dr. techn. FRANZ UNGER, Braunschweig



Abb. 1

Die neuen elektrotechnischen Institute.

Links das Institut für Hochspannungstechnik und Meßkunde, rechts das Institut für elektrische Maschinen, in den oberen Stockwerken das Institut für Fernmelde- und Hochfrequenztechnik.

Der Elektromaschinenbau hat im letzten Jahrzehnt große Fortschritte gemacht, die wesentlich gefördert oder überhaupt erst ermöglicht wurden durch die neuen Forschungen und Erkenntnisse der Wissenschaft. Die Formgebungsgesetze (Wachstumsgesetz, Verlustgesetz und Kostengesetz), die man erst in neuerer Zeit mehr und mehr erkannt hat, haben auf die innere und äußere Gestaltung der Maschinen großen Einfluß gehabt. Die Verbesserung der Werkstoffe und die fortschreitende Erkenntnis ihrer Eigenschaften ermöglicht ihre höchste Ausnutzung. Die verbesserte Wärmeabfuhr aus den Maschinen wirkt in gleicher Richtung. Die erwähnten Fortschritte stellen gleichzeitig neue Aufgaben für die Forschung. An der Weiterentwicklung dürften die neuen elektrotechnischen Institute der Technischen Hochschule Braunschweig, deren Einrichtungen hier kurz beschrieben werden, auch in Zukunft Anteil haben.

Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft und der schärfere wirtschaftliche Wettkampf zwingen den Elektromaschinenbau dazu, immer leistungsfähigere und billigere Maschinen zu bauen²⁾. Auch die Anforderungen an die Betriebsicherheit werden ständig höher. So kommt man naturgemäß zu immer größeren Maschineneinheiten und zur Reihenfertigung mittlerer und kleinerer Maschinen. Den Fortschritt erkennt man am besten, wenn man heutige Maschinen mit solchen vergleicht, die vor zehn Jahren gebaut wurden. Die neuen Maschinen sind wesentlich kleiner und einfacher in ihrer Form, trotzdem sind ihre Wirkungsgrade keineswegs schlechter geworden. Besonders auffallend ist die häufige Verwendung von Wälzlager, die man vor zehn Jahren noch allgemein ablehnte. Der Weg der Entwicklung geht auch weiterhin in Richtung der Verbesserung und Ausnutzung der Werk-

stoffe, der Verbesserung der elektromagnetischen Eigenschaften und der Kühlung der Maschinen sowie der weiteren Vervollkommnung der Fertigung. Eine solche Entwicklung ist nur möglich, wenn die Industrie mit der Forschung Hand in Hand geht, ihr Aufgaben stellt und sich ihre Ergebnisse zunutze macht.

Die Formgebungsgesetze

Um die Maschinen und Transformatoren richtig bemessen zu können, muß man vor allem die drei Gesetze der Formgebung beherrschen:

- das Wachstumsgesetz,
- das Verlustgesetz und
- das Kostengesetz.

Das Wachstumsgesetz läßt sich aus der *Maxwellschen* Kette entwickeln. In ganz einfacher Weise läßt sich für sämtliche Maschinenarten und Transformatoren ableiten, daß das Verhältnis Leistung: Frequenz — wir wollen es kurz „Moment“ nennen — verhältnisgleich ist dem Produkt aus magnetischem Kraftfluß und elektrischer Durchflutung³⁾. Unter elektrischer Durchflutung verstehen wir die Gesamtheit der elektrischen Strömung in der arbeitenden Wicklung. Kraftfluß und Durchflutung greifen bei elektrischen Maschinen und Transformatoren ineinander wie zwei benachbarte Kettenglieder: Die Durchflutung umschlingt den Kraftfluß und der Kraftfluß umschlingt die Durchflutung, daher rührt der Name „*Maxwellsche* Kette“.

Mit steigendem „Moment“ wachsen sowohl Kraftfluß als auch Durchflutung. Bei ähnlicher Vergrößerung einer

³⁾ Bedeuten N = die Leistung, U die Spannung, I den Strom einer Maschine, f die Frequenz, Φ den Kraftfluß und a, b, c und $k = abc$ Unveränderliche, so kann man schreiben:

$$N = aUI = abf\psi;$$

$$I = cA,$$

worin A die Gesamtdurchflutung ist. Somit wird das „Moment“

$$M = \frac{N}{f} = abc\Phi A = k\Phi A,$$

das ist die *Maxwellsche* Kette.

¹⁾ Vorgetragen am 15. Februar 1929 zur Einweihung der neuen elektrotechnischen Institute an der Technischen Hochschule zu Braunschweig. Bei dieser Gelegenheit hat die Technische Hochschule Braunschweig eine Festschrift mit einem Umfang von 131 Seiten herausgegeben, in der die Entwicklung der Abteilung für Elektrotechnik und die Einrichtungen der neuen Institute ausführlich beschrieben sind.

²⁾ Vergl. a. *Niethammer*, Fortschritte im Bau elektrischer Maschinen, Z. Bd. 72 (1928) S. 129 u. f.

Maschine wächst die Durchflutung unter Beibehaltung gleicher Stromdichte mit dem Quadrat des Bohrungsdurchmessers der Maschine. Ebenso wächst der Kraftfluß bei gleicher Induktion und bei ähnlicher Vergrößerung der Maschine mit dem Quadrat der Länge des wirksamen Eisens. Unter diesen Voraussetzungen würde das Produkt Kraftfluß mal Durchflutung der vierten Potenz der Längenabmessung der Maschine verhältnismäßig sein. Da der Rauminhalt der dritten Potenz der Länge verhältnismäßig ist, kann man erkennen, daß das Produkt Kraftfluß mal Durchflutung also die Leistung einer Maschine, bei fester Frequenz verhältnismäßig ist der vierdrittelten Potenz des Rauminhaltes, der durch den Bohrungsdurchmesser und die axiale Länge des wirksamen Eisens gegeben ist.

Das Verlustgesetz besagt, daß bei gleicher Induktion und Stromdichte die Eisen- und Stromwärmeverluste in einer Maschine dem Wicklungsgewicht und dem Eisengewicht, also dem Rauminhalt, verhältnismäßig sind. Wir haben gesehen, daß das „Moment“ der vierdrittelten Potenz des Rauminhaltes verhältnismäßig ist, also der Rauminhalt der dreiviertelten Potenz des „Momentes“. Somit ändern sich die Verluste mit der dreiviertelten Potenz des „Momentes“ oder bei gleichbleibender Drehzahl mit der dreiviertelten Potenz der Leistung der Maschine. Je größer eine Maschine, um so verhältnismäßig weniger Verluste hat sie, um so höher wird ihr Wirkungsgrad.

Das Kostengesetz besagt, daß die Werkstoffkosten verhältnismäßig dem Gewicht sind, also der dritten Potenz der Längenabmessung, während die Bearbeitungskosten im Verhältnis stehen zur Fläche, also der zweiten Potenz der Längenabmessung. Die gesamten Kosten steigen mit einer etwas über zweidrittel liegenden Potenz des Rauminhaltes oder etwas stärker als mit der Wurzel aus dem „Moment“. Die gesamten Kosten für das Kilowatt Maschinenleistung sinken also mit zunehmender Größe der Maschineneinheit.

Diese Gesetze der Formgebung zeigen uns, warum die Elektrizitätswirtschaft immer größere Maschineneinheiten fordert. Raumbedarf sowohl, als auch Verluste und Preis für die Leistungseinheit der Maschinen werden mit zunehmender Leistung immer kleiner.

Werkstoffe

Die heutigen Maschinenriesen mit Leistungen von 100 000 kW und darüber können natürlich nur aus besten Werkstoffen gebaut werden, weil die mechanischen Beanspruchungen einzelner Teile sehr hoch werden.

Man unterscheidet wirksame Maschinenteile, die den magnetischen Kraftfluß oder den elektrischen Strom führen müssen, und tragende Maschinenteile. Vergleicht man die Eisen- und Stahllarten, die vor fünfzehn Jahren verwendet wurden, mit den heutigen, so zeigt sich, daß sowohl die magnetische Durchlässigkeit bedeutend gesteigert worden ist, als auch die Ummagnetisierungsverluste herabgesetzt werden konnten. Ein guter Dynamostahlguß aus dem Jahre 1910 brauchte für eine Induktion von 15 000 Gauß eine Magnetisierung von 33 Amperewindungen/cm. Heute braucht guter Dynamostahlguß bei derselben Induktion eine Magnetisierung von nur 22 Amperewindungen/cm. Die besten hochlegierten Transformatorbleche hatten bei 0,35 mm Dicke und einer Induktion von 10 000 Gauß vor fünfzehn Jahren eine Verlustziffer von 1,6 W/kg. Heute bekommt man Bleche mit einer Verlustziffer von 1,3 W/kg. Bemerkenswert ist auch die Verwendung von Chrom- und Kobaltstählen für Dauermagnete. Elektrolyteisen, das in jüngster Zeit wieder von sich reden macht, gestattet eine weit höhere Magnetisierung als gewöhnliches Dynamoblech.

Leider scheint allgemein festzustehen, daß die elektrische Leitfähigkeit der Legierungen niemals höher steigen kann, als die eines der legierenden Metalle. Wir werden also auch weiterhin gezwungen sein, in den elektrischen Maschinen Kupfer zu verwenden, solange Kupfer zu erschwinglichen Preisen zu haben ist. Sollte der Preis des Kupfers noch sehr steigen, so müßte Aluminium an seine Stelle treten, was aber unbedingt eine

Vergrößerung der ganzen Maschine zur Folge haben muß, weil man wegen der niedrigeren Leitfähigkeit des Aluminiums größere Leiterquerschnitte für dieselben Stromstärken verwenden muß.

Auch nach neuen Isolierstoffen sucht man; bisher mit wenig Erfolg. In der Hauptsache sind es heute noch dieselben Isolierstoffe wie vor fünfzehn Jahren, vor allem Baumwolle, Papier, Glimmer, Mikanit, Harze und Transformatoröl. Wesentlich anders geworden sind die Isolierverfahren, bei denen besondere Sorgfalt auf die Entfernung von Luft- und Wasserbläschen aus der Isolierschicht angewendet wird. Allgemein isoliert man heute bei höheren Temperaturen und unter Luftleere. Sehr verbessert wurden die Mikanisierungsverfahren⁴⁾. Von grundlegender Bedeutung wäre es, wenn man homogene, mineralische Isolierstoffe von ähnlichen Eigenschaften wie Porzellan fände, die aber plastisch sein müßten.

Die Festigkeitseigenschaften der tragenden Maschinenteile sind in den letzten Jahren sehr gesteigert worden. Wir verfügen heute über Stahlsorten mit Streckgrenzen bis etwa 6500 kg/cm² (ungehärtet). Die Fortschritte der Schweißtechnik haben zu leichteren und doch festeren Bauarten geführt⁵⁾.

Wärmeabfuhr

Große Aufgaben erwachsen dem Elektromaschinenbau aus der Forderung nach gesteigerter Wärmeabfuhr bei elektrischen Maschinen. Induktion und Stromdichte müssen immer weiter erhöht werden, um die Maschinen billiger bauen zu können; damit wachsen aber die Wärmeverluste quadratisch. Die Verlustwärme muß aus der Maschine herausgeführt werden, um ihren Temperaturanstieg in zulässigen Grenzen zu halten.

Hier hat die Axialkühlung, bei der das Kühlmittel mit großer Geschwindigkeit in der Achsrichtung durch die Maschine hindurch geleitet wird, umwälzend gewirkt. Dadurch, daß man sich von der Umfangsgeschwindigkeit des Läufers freimacht und zu einem besonderen Lüfter greift, kann man die Durchströmgeschwindigkeit des Kühlmittels unabhängig wählen.

Bis vor kurzem hat man noch, abgesehen von den Transformatoren, die mit Öl gekühlt werden, als Kühlmittel ausschließlich Luft verwendet. Man saugte die frische Luft durch die Maschine und blies sie wieder aus. Vollkommene Luftfilter gibt es nicht; ein Teil des in der Luft schwebenden Staubes kommt immer in die Maschine und bei jeder Richtungsänderung des Luftstromes wird Staub abgelagert. Da in den großen Kraftwerken durch die heutigen Maschinenriesen ungeheure Luftmengen hindurchgejagt werden müssen (eine 20 000 kW-Maschine schluckt rd. 25 bis 30 m³/s Luft), kann man sich denken, welche Staubmengen nach mehreren Betriebsmonaten in der Maschine abgelagert werden. Die Verstaubung der Luftkanäle bedeutet aber eine gewaltige Verschlechterung der Wärmeabfuhr. Versuche haben ergeben, daß eine Staubschicht von 1 mm Dicke die Wärmeabfuhr auf rd. ein Drittel herabsetzt, d. h. die Temperatur der warmen Maschinenteile auf das Dreifache erhöhen kann. Man führt daher heute große Maschinen allgemein mit Kreislaufkühlung aus⁶⁾. Zur Kühlung dient meistens Wasser in Kühlschlangen. Dieses Verfahren hat auch den Vorteil, bei Wicklungsbränden das Feuer durch Einblasen von Kohlensäure rasch ersticken zu können⁷⁾.

Bei mittleren und kleinen Maschinen hat die Kreislaufkühlung bisher noch verhältnismäßig wenig Anklang gefunden, wenn auch mehrere Firmen in den letzten Jahren derartige Maschinenreihen herausgebracht haben. Die Schwierigkeit liegt in der Hauptsache darin, daß eine Kühlung des Kühlrohrensystems mit Wasser bei kleineren Maschinen, die meist auch ortveränderlich sein sollen, unmöglich ist und die einfache Luftkühlung nicht ausreicht. Man hat daher eine Kühlmantelbauart entwickelt, bei der die Kühlluft nicht mehr in die Maschine selbst geleitet wird, sondern einen die Maschine umschließenden Mantel durchspült. Auch bei Kühlmanteltypen haben sich die Verstaubung

⁴⁾ Vergl. a. „Der Isolierstoff Glyptal“, Z. Bd. 71 (1927) S. 869.

⁵⁾ Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1449 u. 1760. ETZ Bd. 50 (1929) S. 145 u. 187.

⁶⁾ Vergl. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 155 u. 656, Arch. f. Elektr. Bd. 12 (1923) S. 361.

⁷⁾ Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 836, 894, 1308 u. 1886.

bungserscheinungen sehr unangenehm bemerkbar gemacht, und man hat daher für möglichst geradlinige Luftführung ganz besonders Sorge getragen. Durch Verbindung der Kreislauf- mit der Kühlmantelkühlung kann man eine Maschinenart entwickeln, die auch das Gegenstromprinzip auszunutzen gestattet.

Kühlmittel

Die guten Erfolge der Kreislaufkühlung haben dazu geführt, Betrachtungen darüber anzustellen, ob man die nun doch eingekapselte Luft nicht durch ein anderes, besser wirkendes Kühlmittel ersetzen könnte. *Field* hat auf der Weltkraftkonferenz in London 1924 die Ölkühlung bei elektrischen Maschinen als aussichtsreich für die Zukunft hingestellt⁸⁾. Ob er recht behalten wird, erscheint fraglich. Die Wärmeübergangszahl läßt sich durch eine Funktion des Produktes aus der Wärmeleitfähigkeit und der spezifischen Wärme des Kühlmittels darstellen. Vergleicht man die verschiedenen, als Kühlmittel in Frage kommenden Stoffe, so findet man, daß Transformatoröl eine 7½mal so große Wärmeleitfähigkeit hat wie Luft und eine etwa 2mal so große spezifische Wärme, Helium eine 6½mal so große Wärmeleitfähigkeit wie Luft und eine 5½mal so große spezifische Wärme (auf gleiches Gewicht bezogen), Wasserstoff ebenfalls eine 6½mal so große Wärmeleitfähigkeit und eine 14mal so große spezifische Wärme wie Luft. Alle übrigen bisher untersuchten Gase und Flüssigkeiten kommen, mit Ausnahme des Wassers, nicht in Betracht. Wasser kann man aus begrifflichen Gründen nicht in die Maschine hineinleiten. Mithin wäre Wasserstoff das geeignetste Kühlmittel⁹⁾. Leider bildet Wasserstoff mit Luft Knallgas. Es ist fraglich, ob es möglich sein wird, auf die Dauer eine Mischung mit Luft zu verhindern. Das ungefährliche Helium würde aber auch eine gewaltige Verbesserung gegenüber Luft bedeuten und müßte nur ab und zu erneuert werden.

Zweifellos kühlt Transformatoröl bedeutend besser als Luft, doch ist es fraglich, ob es möglich sein wird, die Maschinenwicklungen in Öl genügend zu isolieren. Beim Transformator ist die Aufgabe anders. Dort kann man die Abstände der Spulen beliebig wählen und damit der elektrischen Durchschlagfestigkeit des Öles Rechnung tragen. Bei Maschinen liegt die Wicklung in Nuten, man kann nur kleine Abstände zwischen Wicklungsmetall und Eisen zulassen, muß also ein Isoliermittel von hoher Durchschlagfestigkeit verwenden. Auch ist es nicht ratsam, Öl in sehr enge Kanäle zu leiten, die unter hoher elektrischer Spannung stehen. Vorläufig scheint es also noch, als ob Helium als Kühlmittel bessere Aussichten hätte als Öl.

Bei Transformatoren dürfte vorläufig Öl das ideale Kühlmittel bleiben. Man hat den Gesetzen der Ölbewegung noch viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt und dürfte sicher durch geeignete Maßnahmen eine Verstärkung der Ölströmung und damit eine Verbesserung der Kühlwirkung erreichen.

Elektromagnetische Eigenschaften

Die Gleichstrommaschine blickt auf ein Alter von mehr als 60 Jahren, die Wechselstrommaschine und der Transformator von mehr als 40 Jahren zurück; trotzdem sind ihre elektromagnetischen Eigenschaften noch nicht völlig erforscht. Das liegt wohl in erster Linie daran, daß die Untersuchungen der Oberwellen von Spannungen und Strömen verhältnismäßig jung sind. Es hat lange gedauert, bis sich die Erkenntnis Bahn brach, daß der Oszillograph¹⁰⁾ ein Feinmeßgerät ist und daß man mit ihm nicht nur qualitative, sondern auch quantitative Untersuchungen vornehmen kann¹¹⁾. So kam es, daß in den letzten Jahren die Forschung auf dem Gebiete der elektromagnetischen Erscheinungen neu einsetzte.

Die Magnetisierung von Maschinen und Transformatoren wird in jüngster Zeit wieder eingehend durchforscht. Über Magnetisierungsströme und ihre Oberwellen

sind verschiedene Arbeiten erschienen¹²⁾. Wenig erforscht sind noch die Einschaltstrom-Erscheinungen.

Ankerrückwirkung, Luftspalt-Leitfähigkeit und Stoßkurzschluß-Ströme sind in den letzten Jahren eingehend untersucht worden¹³⁾. Vor allem wurde und wird versucht, die Vektordiagramme der synchronen Wechselstrommaschinen, sowie auch ihre Stromdiagramme rechnerisch und experimentell festzulegen¹⁴⁾.

Die Streuung hat ebenfalls in den letzten Jahren zu neuen Forschungen Anlaß gegeben. Vor allem ist die Wickelkopfstreuung eingehender erforscht worden, sowie auch der Einfluß der Streuung auf Wirbelstromverluste in Gehäuseteilen¹⁵⁾. Untersuchungen über die Streuung bei unsymmetrischer Lage der Transformatorwicklungen sowie bei Vieleckschaltung von Transformatoren erscheinen wünschenswert.

Auch die Wirbelströme in massivem Eisen bilden einen Gegenstand der modernen Forschung. In den letzten Jahren sind mehrere Arbeiten auf diesem Gebiet erschienen¹⁶⁾, doch muß noch Vieles untersucht und geklärt werden.

Die Stromwendung bei Kollektormaschinen wird erforscht, seit es Gleichstrommaschinen gibt¹⁷⁾. Heute berechnet man sie in der Praxis immer noch nach dem *Pichel-mayerschen* Verfahren. Nur die Rundfeuererscheinungen bei Einanker-Umformern sind in der letzten Zeit einigermaßen geklärt worden¹⁸⁾. Eine grundlegende Wandlung in der Erforschung der Stromwendung wird erst möglich sein, wenn man sich die Erfindung des Kathodenoszillographen und des Kinematographen für experimentelle Untersuchungen auf diesem Gebiet zunutze macht.

Der Drehstrom-Induktionsmotor ist der Industrie noch nicht einfach genug. Bekanntlich hat die Induktionsmaschine die Eigenschaft, nur dann mit großem Anzugmoment anzufahren, wenn ihr Läuferwiderstand groß ist. Ein großer Läuferwiderstand bedingt aber einen schlechten Wirkungsgrad. Beim Anlassen des Schleifringläufer-Motors schaltet man in den Läuferkreis einen Widerstand, den man mit zunehmender Drehzahl verkleinert. Durch Kurzschließen der Schleifringe und Abheben der Bürsten kann der Wirkungsgrad des Motors verbessert werden; aus betriebstechnischen Gründen lehnt man aber heute mit Recht Kurzschlußvorrichtungen vielfach ab. Man will wie in Amerika heute einen Kurzschlußläufermotor mit hohem Anlaufmoment haben. Da ein Kurzschlußläufer-Motor nicht gegen eine größere Last anfahren kann, hat man Kuppelungen gebaut, die nach dem Anlauf des Motors die Last einkuppeln. Auch diese Lösung erscheint noch zu verwickelt. Man hat daher versucht, Drehstrommotoren zu bauen, deren Läuferwiderstand im Stillstand groß, bei Normaldrehzahl aber klein ist¹⁹⁾, teils nach den Grundsätzen *Boucherots*, teils nach dem *Fieldschen* Stromverdrängungsprinzip, teils mit Polumschaltung, teils auch mit Fliehkraftumschaltern²⁰⁾. Stromverdrängungs- und Doppelkäfig-Motoren haben naturgemäß einen schlechten Leistungsfaktor. Zu einer einwandfreien, einfachen Lösung dieser Aufgabe ist es bis heute nicht gekommen.

Kurz nach dem Kriege war die Verbesserung des Leistungsfaktors die große Mode. Es muß zugegeben werden, daß in der Inflationszeit besonders die Überlandwerke über sehr schlechte Leistungsfaktoren zu klagen hatten, was in der Hauptsache darauf zurückzuführen ist, daß überall viel zu große Drehstrommotoren in die Betriebe eingebaut waren. Damals tauchten die phasenkompensier-

¹²⁾ Vergl. *Mellenthin*, Dissertat., Braunschweig 1928; ETZ Bd. 50 (1929) S. 117.

¹³⁾ Vergl. *Rüdenberg*: „Kurzschlußströme usw.“, Berlin, 1925; *Biermanns*: „Überströme usw.“, Berlin, 1926.

¹⁴⁾ Vergl. E u. M. Bd. 43 (1925) S. 781; Arch. f. El. Bd. 13 (1924) S. 12; E u. M. Bd. 45 (1927) S. 1; *Grellmann*, Diplomarbeit, Braunschweig 1927.

¹⁵⁾ Vergl. ETZ Bd. 45 (1924) S. 37, 59, 539; Bd. 46 (1925) S. 1182; Siemens-Zeitschr. Bd. 6 (1926) S. 605.

¹⁶⁾ Vergl. *Rüdenberg*, Dissertat., Hannover 1906; ETZ Bd. 44 (1923) S. 513; Arch. f. El. Bd. 14 (1925) S. 433.

¹⁷⁾ Vergl. ETZ Bd. 17 (1896) S. 585; ETZ Bd. 20 (1899) S. 97; Arch. f. El. Bd. 12 (1923) S. 144; ebenda Bd. 12 (1923) S. 286, 398; ebenda Bd. 13 (1924) S. 67; *Rüdenberg*, „Theorie der Kommutation“, Stuttgart 1907; *Pichel-mayer*, „Dynamobau“, Leipzig 1908; *Gruber*, Diplomarbeit, Braunschweig 1927; *Schliephake*, Dissertation, Darmstadt 1927.

¹⁸⁾ Vergl. Journal of the I. E. E. Bd. 60 (1922) S. 501; ETZ Bd. 43 (1922) S. 1389; ETZ Bd. 48 (1927) S. 129.

¹⁹⁾ Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 375, Bd. 68 (1924) S. 173 u. Bd. 72 (1928) S. 1646; Arch. f. El. Bd. 15 (1925) S. 121; Bd. 21 (1928) S. 1; Bd. 21 (1928) S. 289

²⁰⁾ Z. Bd. 72 (1928) S. 707.

⁸⁾ Transact. First World Power Conference Bd. III S. 794, London 1925 (Vertrieb für Deutschland VDI-Buchhandlung).

⁹⁾ Z. Bd. 70 (1926) S. 889, Arch. f. El. Bd. 12 (1923) S. 361.

¹⁰⁾ Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 485, Bd. 69 (1925) S. 1198 u. Bd. 73 (1929) S. 30.

¹¹⁾ Vergl. „Technische Blätter“ Prag 1911 Heft 2 u. 3.

ten Motoren²¹⁾ auf, die recht gut arbeiteten; sie hatten nur einen Nachteil, sie waren recht verwickelt und schwerer zu warten. Große phasenkompensierte Induktionsmotoren werden immer noch gebaut. Auch heute ist die Frage des Leistungsfaktors der Kraftwerke wichtig. Man sucht sie meist dadurch zu lösen, daß man in Speisepunkten mit schlechtem Leistungsfaktor große Phasenschieber aufstellt. Der Bau von Blindleistungsmaschinen²²⁾ hat sich in den letzten Jahren sehr entwickelt, und hier sowohl wie überhaupt auf dem Gebiet der Drehstrom-Kollektormaschinen²³⁾ ist noch viel Neues und Wichtiges zu erwarten.

*

Man könnte meinen, daß mit den heutigen größten Maschinenleistungen, mit den heutigen höchsten Spannungen schon nahezu das Ende der Entwicklung erreicht sei. Bedenkt man aber die Fortschritte der letzten zehn Jahre, so wird man vorsichtig im Voraussagen. Die Entwicklung der Elektronik, vor allem des Quecksilber-Gleichrichterbaues²⁴⁾, hat in den letzten Jahren stürmisch eingesetzt, und es ist noch schwer abzusehen, wie weit diese Entwicklung zu Umwälzungen in der Elektrotechnik, vor allem im Elektromaschinenbau führen wird. Eines kann man vorläufig wohl voraussagen: Stromerzeuger und Motoren werden auch durch die schönsten Erfolge der Elektronik nicht verdrängt werden können, wohl aber vielleicht die verschiedenen Ausführungen der Maschinenumformer.

²¹⁾ Z. Bd. 70 (1926) S. 847. Arch. f. E. Bd. 15 (1926) S. 237; ETZ Bd. 45 (1924) S. 456; B.J. 44 (1923) S. 4.

²²⁾ Vergl. ETZ Bd. 33 (1917) S. 1079; Bd. 46 (1925) S. 142.

²³⁾ Vergl. ETZ Bd. 31 (1910) S. 228, 749, 785, 794, 1181, 1221; ETZ Bd. 32 (1911) S. 233; E. u. M. Bd. 28 (1910) S. 367; ETZ Bd. 33 (1912) S. 89; ETZ Bd. 46 (1925) S. 142.

²⁴⁾ Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 906 u. 1755.

Die deutsche Elektrotechnik war infolge der Kriegszeit gegenüber der amerikanischen zurückgeblieben. Heute ist der amerikanische Vorsprung eingeholt, ja zum Teil überholt. Was der gesamten deutschen Industrie fehlt, auch der Elektroindustrie, ist ein großes Absatzgebiet, und darin liegt auch die Gefahr, daß uns Amerika wieder überflügelt. Hoffen wir, daß es uns gelingen möge, trotz aller Schwierigkeiten im In- und Auslande neue Absatzgebiete zu erobern. Dann wird die deutsche Elektrotechnik und mit ihr der deutsche Elektromaschinenbau auch weiterhin führend bleiben.

Die neuen elektrotechnischen Institute

Die neuen elektrotechnischen Institute, Abb. 1, sind auf einem der alten Hochschule unmittelbar benachbarten 11 500 m² großen Grundstück erbaut worden. Dabei sind Teile eines sehr solide gebauten Fabrikgebäudes mit verwendet und ausgebaut worden. Die umbaute Grundfläche beträgt rund 1800 m², auf der drei große Institute entstanden sind.

Der Nordflügel umfaßt das Institut für elektrische Meßkunde und Hochspannungstechnik mit einem großen Hochspannungsraum von 500 m² Grundfläche und 14,5 m Höhe, in dem Spannungen von mehr als 1 Mill. V erzeugt werden können, Abb. 2. Vorgesehen sind drei 500 kV-Transformatoren, von denen einer bereits arbeitet; außerdem ist eine größere Anzahl Transformatoren für Spannungen bis zu 150 kV vorhanden. Eine große Stoßprüfanlage für mehr als 1 Mill. V und zwei große Tesla-Transformatoren, die Funken von über 4 m Länge geben können, vervollständigen die Einrichtung. In einem der kleineren Hochspannungsräume steht ein Kathodenzillograph nach *Rogowski*²⁵⁾. Insgesamt enthält dieses Institut in fünf Stockwerken 43 Räume, die für meßtechnische Übungen sowie für Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Meßkunde und Hochspannungstechnik eingerichtet sind. Ein Freiluft-Versuchsfeld ermöglicht, Isolatorenversuche und dergl. im Freien auszuführen.

Der Südflügel mit einem anschließenden Westflügel enthält in drei Stockwerken das Institut für elektrische Maschinen, dessen große dreischiffige Halle, Abb. 3, eine Grundfläche von 400 m² bedeckt und eine Hebezeuganlage enthält, die durch ein Krantor auf den Hof hinausreicht. Das Institut hat in 25 Räumen außer der großen Halle mehrere kleine Maschinsäle für Forschungsarbeiten, Transformatoren-Versuchsräume, einen großen Zeichensaal usw. Auf 35 Grundplatten und Spannrosten stehen rd. 100 Maschinen und 20 Transformatoren, sowie verschiedene Bremsenrichtungen.

Die obersten Stockwerke enthalten in 24 Räumen das Institut für Fernmelde- und Hochfrequenztechnik mit einer gesamten nutzbaren Grundfläche von 800 m². Außer einer großen Antennenanlage ist eine *Frankesche* Maschine²⁶⁾ im Kabelmeßzimmer aufgebaut, verschiedene Kurzwellensender für sehr kleine Wellenlängen, sowie Meßeinrichtungen für außerordentlich kleine Spannungen und Ströme sind vorhanden, ebenso ein Oszillograph mit sechs Schleifen.

Ein kleines galvanotechnisches Laboratorium und ein Laboratorium für technische Elektronik sind ebenfalls eingerichtet worden.

Die Institute sind angeschlossen an die 6000 V-Drehstromleitung des Städtischen Elektrizitätswerkes und an die 2 × 220 V-

²⁵⁾ Ein Bericht von Prof. *Rogowski* über neue Arbeiten mit dem Kathodenzillographen wird voraussichtlich in dieser Zeitschrift erscheinen.

²⁶⁾ Vergl. ETZ Bd. 34 (1913) S. 433.

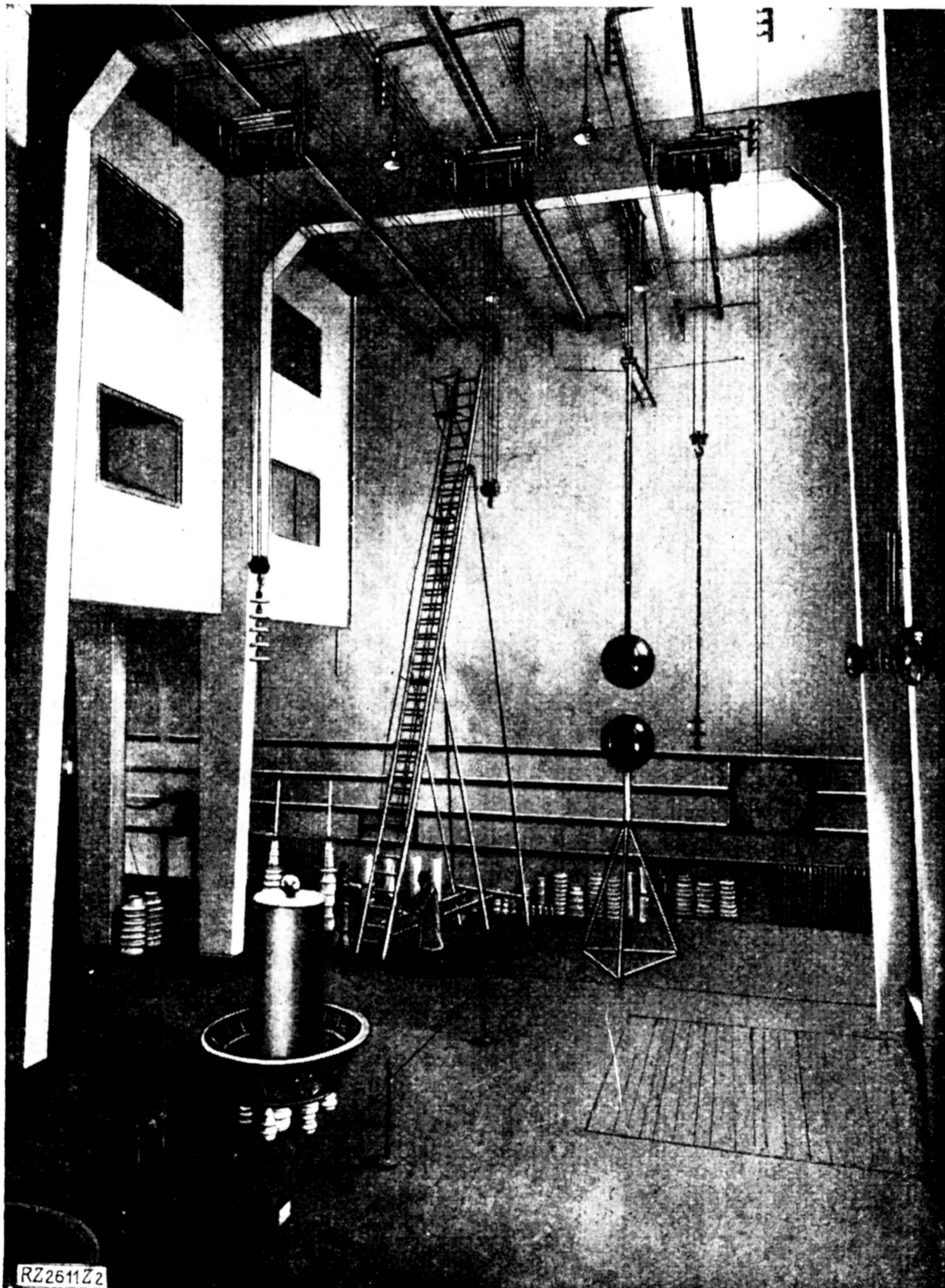


Abb. 2.
Großer Hochspannungsraum im Institut für Hochspannungstechnik in Braunschweig.
Blick von der Schaltbühne auf die Funkenstrecke und einen Tesla-Transformator.

Leitung sowohl des Städtischen Elektrizitätswerkes als auch der Hochschulzentrale. Gleichrichter und Umformer zur Umformung von Drehstrom in Gleichstrom und umgekehrt sind vorhanden.

Einstweilen sind im Neubau noch ein Zeichensaal von der Maschinenbauabteilung und mehrere Räume von dem Lehrstuhl für Schweißtechnik belegt die später auch für die elektrotechnische Anlage frei werden.

Entwicklungsarbeiten

Für die Entwicklung der Elektrotechnik sind auch im Institut für elektrische Maschinen an der Technischen Hochschule Braunschweig eine Reihe von Arbeiten durchgeführt worden; weitere sind im Gange. Sie umfassen: Wachstumsgesetze und Formgebung bei elektrischen Maschinen und Transformatoren²⁷⁾, Kapazitätstransformator²⁸⁾, Wälzlager bei Elektromotoren, Erwärmung und Wärmeabfuhr, Magnetisierungsströme bei Drehstrommotoren²⁹⁾, Ankerrückwirkung, Stromdiagramme und Quer- und Gegenfeldreaktanzen bei synchronen Wechselstrommaschinen³⁰⁾, Einphasen-Drehtransformatoren³¹⁾, Drehfeld-Wechselstrom-Transformation, Synchronzusatz- und Phasenschiebermaschinen, Luftausbreitung bei Elektromagneten, Streuung³²⁾, Wirbelströme in massivem Eisen, Elektromagnetische

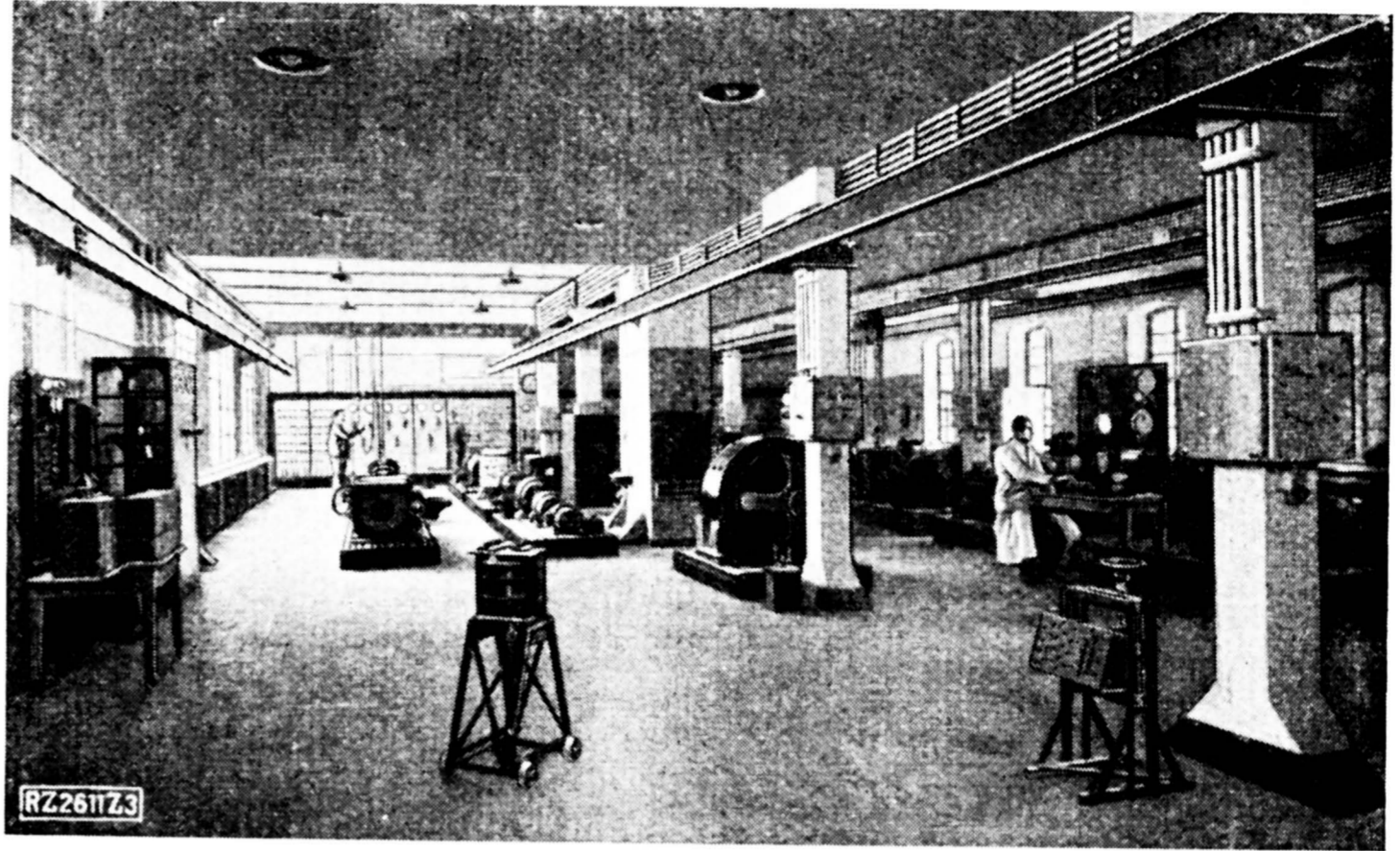


Abb. 3. Westliches Schiff der großen Halle im Institut für elektrische Maschinen.
Im Hintergrunde der Gleichstromteil der 14 m breiten Hauptschalttafel.

Werkstoffprüfung, Stromwendung, Doppelkäfig-Drehstrommotoren³³⁾ und selbsttätige Anlaßkupplungen.

Die Arbeiten sind zum Teil noch in den engen Keller-räumen des alten Instituts für Elektromaschinenbau durchgeführt worden. Es ist zu hoffen, daß in den neuen schönen Laboratoriumsräumen noch zahlreiche Forschungsarbeiten entstehen.

[B 2611]

³³⁾ Prüser, Dissert. Braunschweig 1927 u. Arch. f. Elektrotechn. Bd. 19 (1922) S. 289.

²⁷⁾ Unger, ETZ Bd. 41 (1920) S. 3; Weißensee, Arch. f. Elektrotechn. Bd. 19 (1928) S. 356, ETZ Bd. 49 (1928) S. 618 u. Dissert. Braunschweig 1928.

²⁸⁾ Probst, ETZ Bd. 45 (1924) S. 750 u. Dissert. Braunschweig 1924.

²⁹⁾ Mellenthin, Dissert. Braunschweig 1928.

³⁰⁾ Unger, ETZ Bd. 41 (1920) S. 306 u. Fachber. Jahresvers. 1926 Verb. deutsch. Elektrotechniker S. 3, Vossius, ETZ Bd. 46 (1925) S. 769 u. Dissert. Braunschweig 1923.

³¹⁾ Unger, Wiss. Veröff. Siemenskonzern Bd. 2 (1922) S. 128.

³²⁾ Unger, ETZ Bd. 41 (1920) S. 627 u. Bd. 48 (1927) S. 1229, Elektrotechn. u. Maschinenb. (Wien) Bd. 39 (1921) S. 17 u. Arch. f. Elektrotechn. Bd. 17 (1926) S. 467.

Brandgefahren durch Unterstellen von Kraftwagen in ungeeigneten Räumen

Infolge der starken Ausbreitung des Kraftwagenverkehrs in den letzten Jahren haben sich neue Brandgefahren durch die Unterstellung der Wagen in unvorschriftsmäßigen Räumen ergeben. Besonders durch die unzulängliche „vorläufige“ Unterbringung des soeben angeschafften Kraftwagens, die leicht zu einer ständigen wird, entstehen Brandgefahren, die noch viel zu wenig bekannt sind.

Auf dem Land ist man in dieser Hinsicht überaus sorglos; Tennen, Scheunen, Wagenschuppen werden wahllos zur Unterstellung benutzt. In den Städten sind die Verhältnisse günstiger infolge der schärferen Aufsicht.

Die hauptsächlichsten Gefahren bilden Vergaserbrände beim Anlassen der Kraftwagenmotoren. Sie sind bei mangelhafter Unterbringung der Wagen nur zu oft die Ursache von Gebäudebränden. Als wirksames Mittel zum Ablöschen dieser Brände hat sich die Bereithaltung eines Handfeuerlöschers im Kraftwagen und der Einbau eines zweiten, selbsttätig arbeitenden Feuerlöschers oberhalb des Vergasers als zweckmäßig erwiesen; bei einem Vergaserbrande wird dieser durch die unterhalb der Motorhaube entwickelte Hitze in Tätigkeit gesetzt und erstickt den Brand in der Regel selbsttätig, bevor ein größerer Schaden entsteht.

Die Ausbreitung solcher Brände, die auch auf andern Ursachen beruhen können, läßt sich nur verhindern, wenn man die Kraftwagenräume so herstellt, daß in feuerpolizeilicher Hinsicht keine Bedenken vorliegen.

Die Vorschriften über die Unterstellung von Kraftwagen enthalten aber auch noch Lücken, deren Beseitigung als dringend notwendig anzusehen ist. Es würde zu weit führen, diese hier zu besprechen. Viel zu wenig Wert wird noch auf die Entlüftung der Wagenräume gelegt. Viele Menschen werden alljährlich durch die sich entwickelnden giftigen Gase getötet.

Zur Verhütung von vermeidbaren Bränden, wodurch noch alljährlich unserer verarmten Volkswirtschaft große Werte unwiederbringlich verlorengehen, ist es daher erforderlich, beim Bau von Räumen zur Unterstellung von Kraftfahrzeugen die nachstehenden hauptsächlichsten Forderungen zu beachten:

1. Die Kraftwagen-Unterstellräume müssen in der Regel feuerbeständige (massive) Wände haben und dürfen keine Verbindung mit Nebenräumen erhalten.

2. Die Decken müssen feuerbeständig (massiv) oder feuerhemmend (verputzt), je nach Lage des Raumes, hergestellt werden.

3. Die Fußböden müssen unverbrennlich sein.

4. In den Kraftwagenräumen dürfen sich keine Feuerstätten und Reinigungsöffnungen für Schornsteine befinden. Ausbesserwerkstätten dürfen nicht mit den Wagenräumen in Verbindung stehen. Für eine genügende Entlüftung ist zu sorgen.

5. Die Kraftwagenräume müssen durch fugendichte, feuerbeständige, von außen zu heizende Kachelöfen oder durch andre geeignete Heizanlagen geheizt werden.

6. Elektrische Glühlampen, Schalter, Steckdosen und Sicherungen sind mindestens 1,50 m über dem Fußboden anzubringen. Sonstige Beleuchtungen sind als Außenbeleuchtung gestattet, wenn sie durch festeingemauerte Fenster von den Innenräumen dicht abgeschlossen sind.

7. An Betriebsstoffen ist in den Kraftwagenräumen nur die Unterbringung eines Kanisters bis zu 15 l Inhalt, der jedoch am Wagen befestigt sein muß, gestattet.

8. An den Zufahrten der Wagenräume ist durch Anschlag augenfällig und in dauerhafter Ausführung bekanntzugeben:

„Kraftanlage. Rauchen, offenes Licht und offenes Feuer verboten!“

Ferner ist in den Wagenräumen folgender Aushang anzubringen:

„Vorsicht beim Lauflassen der Motoren! Vergiftungsgefahr!“

9. Für jeden Kraftwagen ist geeignetes Löschgerät bereitzuhalten.

10. Auf Räume, in denen Kraftfahrzeuge mit Betriebsstoffbehältern von weniger als 15 l Fassungsvermögen einzeln untergebracht sind, brauchen diese Vorschriften nicht angewendet zu werden, wenn die Räume feuerbeständige Wände erhalten.

An vielen Stellen sind diese Anforderungen nicht erfüllt. Mit der weiteren Zunahme des Kraftwagenverkehrs werden ohne Zweifel auch die Brandschäden durch die Kraftwagenunterstellung in ungeeigneten Räumen zunehmen, wenn in dieser Hinsicht nicht rechtzeitig vorgebeugt wird.

Kiel [N 2511]

H. Clausen,
Techn. Landesoberinspektor

Fließarbeit in der Galvanotechnik

Von J. W. WOLF und W. MICHAELIS, Berlin-Frohnau

Da die betriebsmäßigen Grundbedingungen für die Fließarbeit ununterbrochenes Vorarbeiten vieler Einzelteile, in vielen Betrieben, auch für die Vorgänge des Galvanisierens gegeben sind, hat man besondere Verfahren und Geräte hierfür entwickelt. Bei den Ringbädern wird die Ware mit einer Förderkette an das Ringbad herangeschleppt, an die feste ringförmige Kathodenstange abgegeben und nach dem Galvanisieren wieder von der Förderkette übernommen.

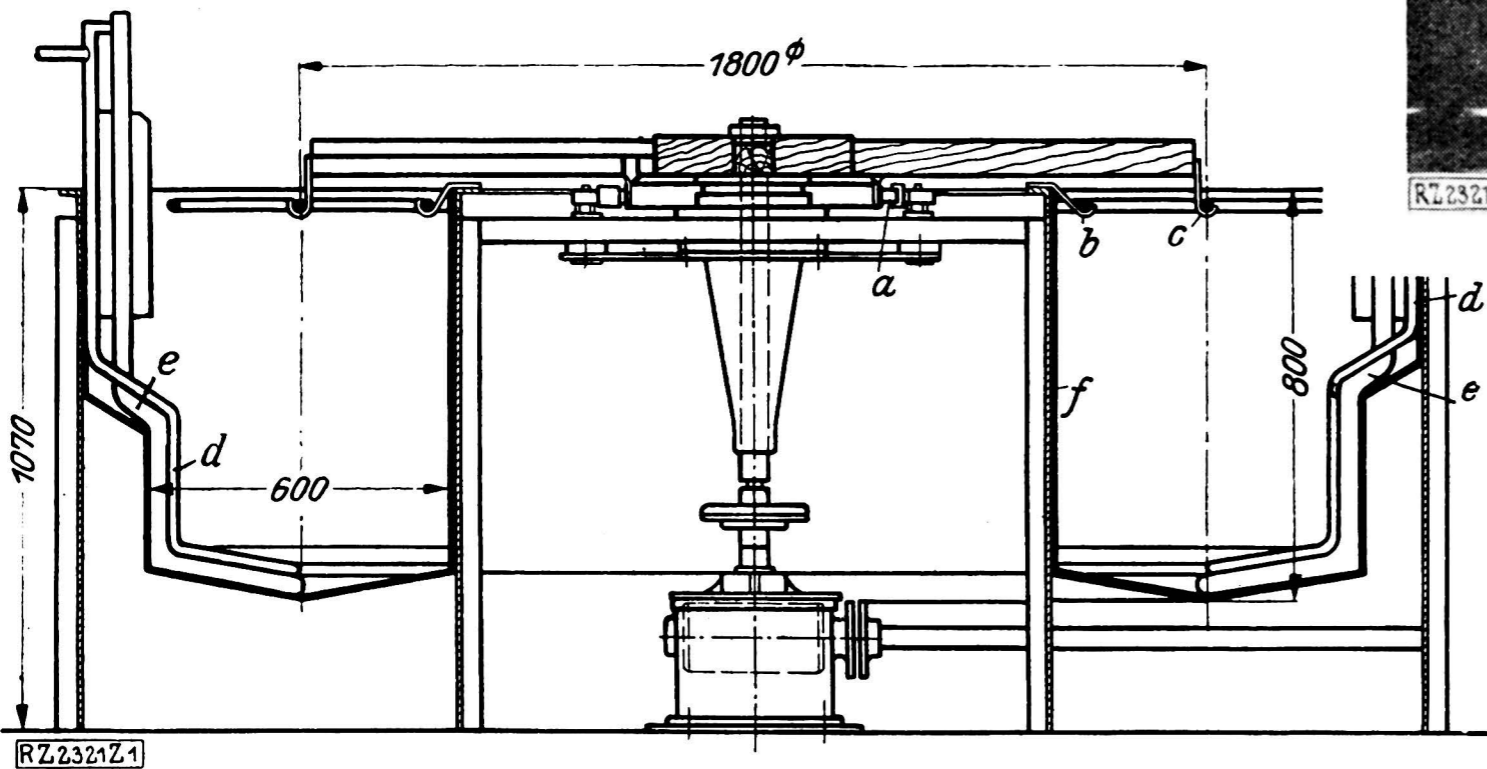
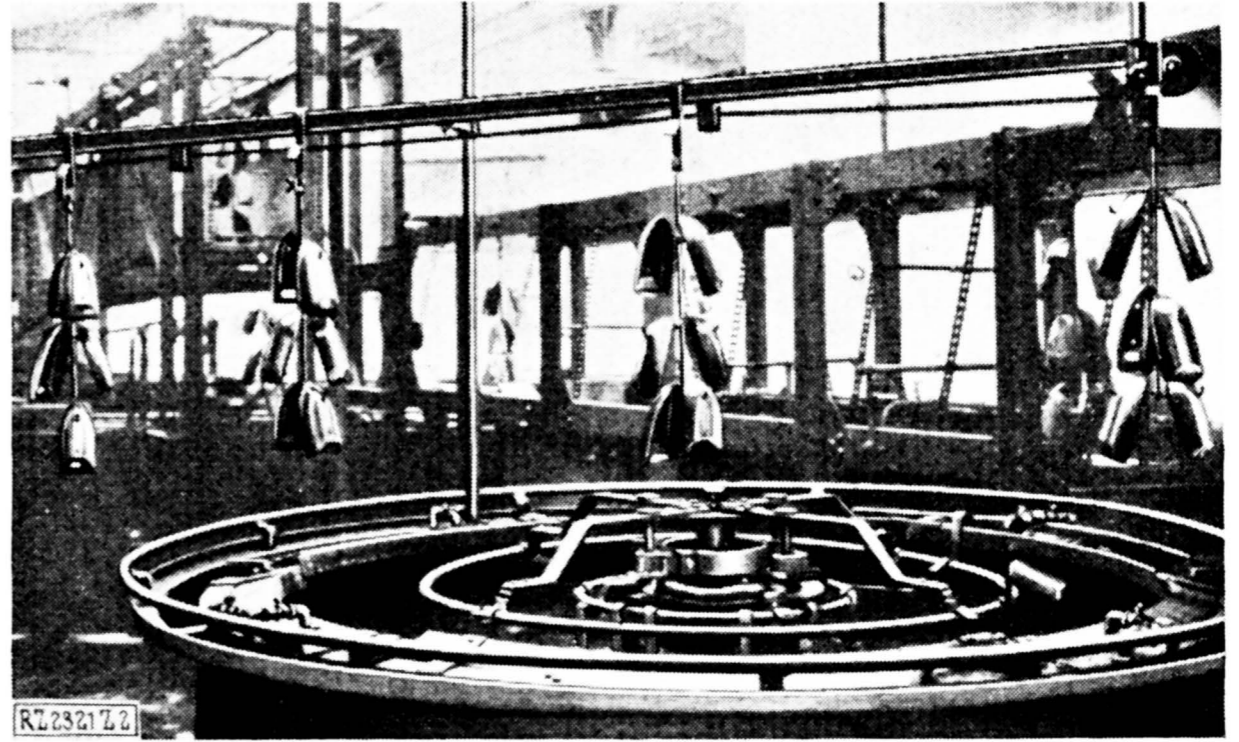


Abb. 1 und 2
Ansicht und Schnitt von einem Ringbad.

a Stromzufuhr zur Anode
b Anodenring
c Kathodenring (umlau-
fende Warenstange)
d Rohr zum Zufüh-
ren angewärmter
Luft
e Saugrohr
f Badbehälter

Die günstigen Erfahrungen, die man mit der Fließarbeit bei einer großen Zahl von Fertigungsarbeiten gemacht hat, haben auch in der Galvanotechnik mit ihrem vielfach auf Massenfertigung eingestellten Betriebe dazu geführt, die Arbeitsweise der Fließarbeit anzupassen und durchzubilden. Elektrizitätsfirmen, Kraftwagen-, Fahrrad- und Metallwarenfabriken haben häufig galvanische Anlagen, wo man große Mengen gleichartiger Einzelteile behandeln muß. Alle diese Betriebe weisen hohe Stückzahlen auf, so daß die Anwendung der Fließarbeit größere Wirtschaftlichkeit gewährleistet.

Das Galvanisieren, als Schutzmittel gegen Anfressung oder zum Verschönen angewandt, verlangt im Fließbetriebe die zwangläufige Schaltung folgender Arbeitsgänge: Zuführen der Werkstücke, Vorbehandlung, Galvanisieren, Nachbehandlung und Abführen der Arbeitsstücke. Die Vorbehandlung besteht aus einer chemischen und mechanischen Behandlung, aus dem Entfetten und unter Umständen dem Dekapieren. Die Nachbehandlung erstreckt sich auf das Spülen, Trocknen und Nachpolieren.

Mechanische und chemische Vorbehandlung

Jede Unebenheit der Oberfläche zeichnet sich auch im galvanischen Metallüberzug ab; die mechanische Vorbehandlung mit Bürsten und Schleifscheiben ist also sorgfältig auszuführen. Für die Fließarbeit kommt nur maschinelles Schleifen und Polieren in Frage. Es gibt einige Bauarten von selbsttätigen Schleifmaschinen, die für bestimmte Werkstücke eingerichtet sind. Eine Sonderbauart dient z. B. zum Planschleifen der Bügeleisensohlen. Runde Körper, wie Rohre, Töpfe u. a., können ebenfalls auf selbsttätigen Schleif- und Poliermaschinen bearbeitet werden; die zu bearbeitenden Teile müssen jedoch mit der Hand eingesetzt werden. Für alle Teile, die man nur im Handbetrieb poliert und schleift, muß ein größerer Betrag in die Kostenberechnung eingesetzt werden. Unter Umständen ist noch eine chemische Vorbehandlung notwendig, z. B. müssen verzünderte Stücke oder rohe Gußwaren in die Beize, Messingguß in die Gelbbrenne gebracht werden. Hierfür hat man ebenfalls selbsttätig arbeitende Anlagen ausgebildet. Vorbedingung für das Haften der galvanischen Niederschläge auf dem Grundmetall ist die völlige Glätte der zu schützenden Oberfläche und die vollständige Oxyd-, Fett- und Schmutzfreiheit.

Entfetten

Da das Entfetten so wichtig für gute Arbeitsergebnisse ist, seien die üblichen Entfettungsverfahren kurz aufgeführt:

1. Verseifen in kochender Lauge,
2. Anwendung geeigneter Fettlösungsmittel, hauptsächlich Benzin und nicht feuergefährliches Trichloräthylen,
3. elektrolytische Entfettung.

Dabei ist zu beachten, daß einzelne Metalle und Legierungen, z. B. Aluminium, Messing, Zink und Zinn, von Alkalien bei gewisser Temperatur und Dichte angegriffen werden können. Verschiedentlich hat man versucht, maschinell mit Lösungsmitteln zu entfetten. Zu diesem Zwecke werden die zu entfettenden Teile und das unter Umständen erwärmte Lösungsmittel in einem geschlossenen Gefäß zusammengebracht. Das fetthaltige Lösungsmittel wird abdestilliert, kondensiert und im Kreislauf für neue Verwendung zurückgewonnen. Solche Einrichtungen wurden bisher von Pfannhauser, Heller-Christ und Wacker in den Handel gebracht. Im Betriebe hat sich in letzter Zeit auch die aus Amerika stammende Crescent-Waschmaschine bewährt, wo das mechanische Reinigen mit der Entfettung vereinigt ist.

Einen wichtigen Fortschritt bietet die elektrolytische Entfettung: Ein Eisenblech ist Anode, der zu entfettende Gegenstand ist Kathode. Als Elektrolyt dienen z. B. Lösungen von Soda, Pottasche oder bestimmter Salze von Alkalien. Die lebhaft Gasentwicklung an der Kathode sprengt die dem Gegenstande anhaftende Fetthaut und das Fett wird von der Lauge, die sich während der Elektrolyse bildet verseift. Die entfetteten Gegenstände müssen so rasch wie möglich in das Galvanisierbad gebracht werden, um der Bildung hauchfeiner, nicht metallischer Niederschläge, z. B. von Oxyden, zuvorzukommen. Diese wirken sonst beim Galvanisieren als trennende Schicht zwischen dem Grundmetall und dem niederzuschlagenden Überzuge.

Sind solche Niederschläge dennoch entstanden, so ist ein neuer Arbeitsgang erforderlich: das sogenannte Dekapieren. Angelaufene Stücke werden in einem Bade behandelt, das die Oxyd- oder Sulfidschicht löst. Dieses Nachreinigen kann man bei Eisen, Blei und Zink als

Grundmetallen durch elektrolytisches Entfetten mit sogleich anschließendem Verkupfern vermeiden. Das Verkupfern ist gleichzeitig die Probe für einwandfreie Entfettung, da Spuren noch anhaftenden Fettes den Kupfer-niederschlag verhindern würden.

Bäder mit bewegter Ware

Von der richtigen Wahl der Stromdichte hängt das Gelingen einwandfreier galvanischer Überzüge wesentlich ab. In ruhenden Bädern arbeitete man bis vor kurzem mit den aus Zahlentafel 1 ersichtlichen Stromstärken.

Wurden die für jedes Bad zulässigen Grenzen der Stromdichte überschritten, so traten an den Niederschlägen störende Eigenschaften auf.

Zahlentafel 1
Stromdichten für ruhende Bäder

	Dichte ° Bé	Strom A/dm ²
Nickelbäder	15 bis 16	0,6 bis 0,8
saure Kupferbäder	15 „ 20	1 „ 3
Zyankali	7 „ 8	0,3 „ 0,4
saure Zinkbäder . .	24 „ 26	1 „ 3
Kadmiumbäder . . .	8 „ 10	1 „ 1,5

Bei neuzeitlichen Anlagen kann man mit größeren Stromdichten arbeiten, ohne verfärbte, abblättrnde oder rauhe Niederschläge zu erhalten. Erhöhte Stromdichte bedingt die Bewegung der Ware im Bade, eine gute Filtration und höhere Badtemperatur. Die zweckmäßigste Bewegung der zu galvanisierenden Gegenstände und die Form des Galvanisierungsbades müssen einander angepaßt sein. Wanderbäder mit Kettenförderung und Stromzuführung über die Kette haben mitunter zu Störungen und Stromverlusten geführt, infolge gelegentlich ungenauen Kontaktes und des Oxydierens der Fördervorrichtung. Eine grundsätzlich andere Anordnung der Waren- und der Stromzuführung weisen die *Riedelschen* Ringbäder, Abb. 1, auf.

Ihre Hauptmerkmale sind die starre Warenstange mit sicherer Stromzuführung und Kontaktgebung und die Arbeitsteilung zwischen der Förderkette und der festen Warenstange. Im Gegensatz zu anderen Anordnungen schleppt hier die Förderkette die Waren nicht durch die Bäder, sondern führt sie ihnen nur zu, gibt sie dort an die feste Warenstange ab und übernimmt sie von dieser nach dem Galvanisieren wieder zur Weiterförderung durch die Spül- und Trockenanlage. Die Führung innerhalb der Bäder fällt ausschließlich der ringförmigen, sich drehenden Kathodenwarenstange zu, Abb. 2.

Die Fördervorrichtung besteht aus zwei Förderketten *a*, Abb. 3, oder einer einfachen Kreuzgelenkkette, die in regelmäßigen Abständen durch besonders geformte Mitnehmerstangen miteinander verbunden sind. An diesen Bindegliedern hängt ein Doppelhaken *c*, an dem die Aufhängevorrichtungen angehängt oder eingeschraubt werden können. In der Mitte des Bades sind der Antrieb und der Verdichter eingebaut. Die Badflüssigkeit befindet sich in einem zylindrischen Ring. An einem Drehgestell ist die kreisrunde Warenstange über der Badflüssigkeit angebracht. Die Umlaufzeit des Drehgestelles kann auf mehrere Geschwindigkeiten eingestellt werden. Ein Umlauf entspricht der gesamten Behandlungszeit. Hohlkörper und große Teile können während des Kreislaufes im Bade mittels einer Sondervorrichtung noch um ihre eigene Achse gedreht werden.

Die kupferne, nickelplattierte Warenstange ist leicht zugänglich und wird mit einer umlaufenden Formbürste oder durch eine Gummiabstreichvorrichtung unter Benetzung mit reinem Spülwasser dauernd mechanisch gereinigt. Kräftige Stromabnehmer (Stromschiene, Schleifbürsten und Kontaktringe) sind an die Warenstange starr so angeschlossen, daß sie nicht von den oxydierenden Baddämpfen getroffen werden. Eine besondere Fangvorrichtung verhindert, daß der ausgebleite Badbehälter durch hineinfallende schwere Gegenstände beschädigt wird; gleichzeitig wird dem Liegenbleiben hineingefallener Ge-

genstände vorgebeugt und damit den unerwünschten Reaktionen zwischen dem Metalle dieser Gegenstände und dem Elektrolyten. Diese Fangvorrichtungen können unter den mechanischen Ein- und Aushängevorrichtungen angebracht werden.

Das Bad wird mittels Heizschlangen erwärmt. Acht bis zwölf getrennt eingebaute Umlauffilter (Zirkular-Elektrolytfilter) sorgen für die Reinhaltung. Glasklare Badflüssigkeiten sind nötig, um einwandfreie, dichte Niederschläge in bewegten Bädern zu erhalten. Die Art des Filterns muß man sorgfältig auswählen. Das Sauberhalten der Badflüssigkeit, insbesondere das Filtern und das Absaugen des Schlammes, wird durch die Form des Badbehälters unterstützt, dessen Boden nach der Mitte hin abgechrägt ist. Infolgedessen kann der angehäuften Schmutz nicht aufgewirbelt werden und so die Güte des Niederschlages beeinträchtigen. Die Badflüssigkeit wird durch dauernd zugeführte angewärmte Luft ständig in Bewegung gehalten. Alle Verunreinigungen werden nach den Absaugrohren der Pumpen gespült, dort restlos erfaßt und abgesogen. Jede der acht Pumpen leistet 25 l/min, so daß man bis 18 m²/h filtern kann.

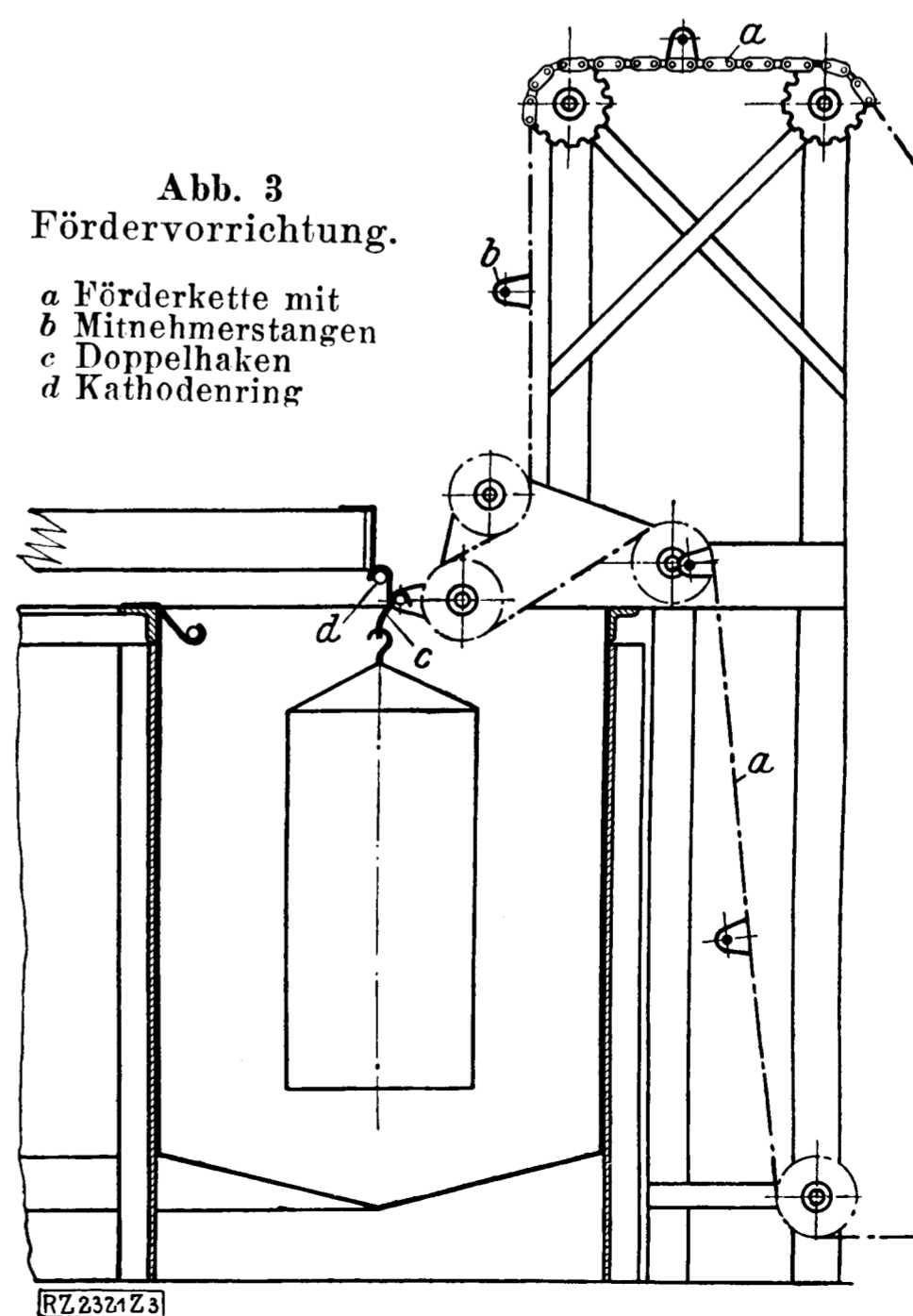
Zum Einführen der Warmluft und zum Ansaugen der Badflüssigkeit in die Filter sind in der Mitte des Badbehälterbodens Bleirohre angeordnet. Eine Anlage braucht in der Minute etwa 50 l ölfreie Druckluft von 0,2 bis 0,5 at.

Die erwähnten acht bis zwölf Umlaufelektrofilter sind bei den *Riedelschen* Ringbädern über den ganzen Badumfang gleichmäßig verteilt. Der ringförmige Badbehälter hat an seiner Stirnseite zur Aufnahme der Filter Ausbauten. Jeder Filterkasten ist rd. 12 cm breit.

Der erzeugte Badumlauf soll auch die Bildung von Poren (Sommersprossen) im Niederschlag verhindern. Sie entstehen durch kleine Wasserstoffblasen, die sich abscheiden und am Niederschlag fest haften bleiben.

Das Entfetten wird zweckmäßig in einem nach gleichen Grundsätzen gebauten Entfettungsbad vorgenommen. Eine selbsttätig arbeitende Oberflächen-Reinigungsanlage sorgt dann dafür, daß die entfettete Ware in einem vollkommen fett- und schaumfreien Gebiet herausgehoben wird. Die Größe des Ringbades läßt sich jedem Betrieb anpassen. Aus Gründen der Raumausnutzung ist dies von großer Bedeutung. Besonderen Betriebsverhältnissen angepaßte Fließanlagen zeigen Abb. 2, 4 und 5.

Ein Ringbad hat die gleiche Leistung wie z. B. zwölf ruhende, leichte Nickelbäder, erfordert aber höchstens ein



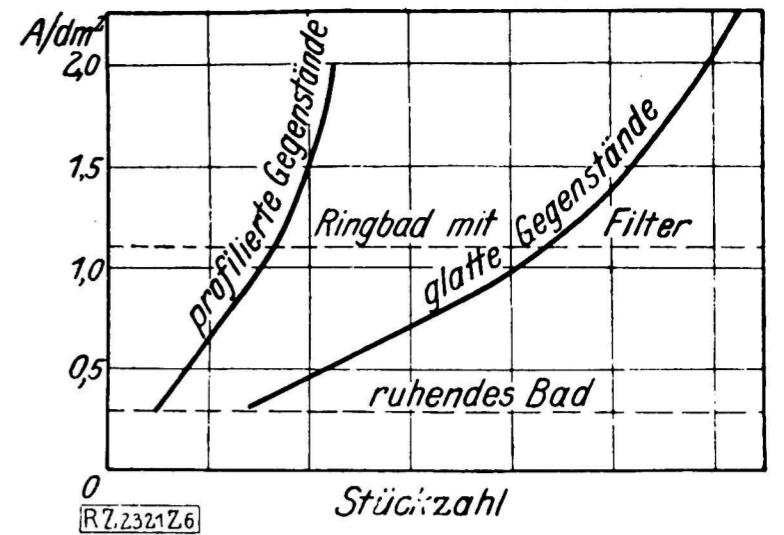
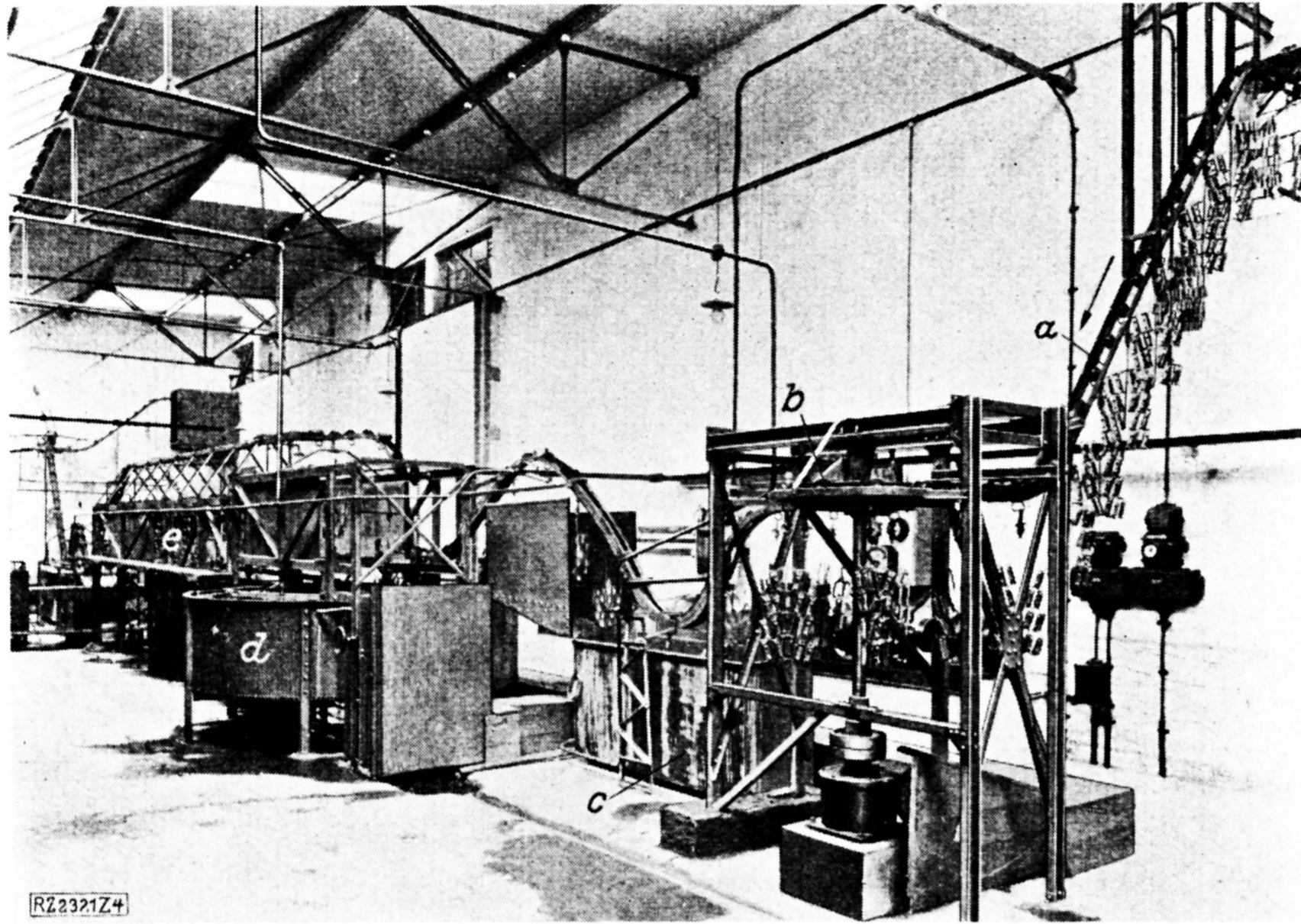


Abb. 6 Leistungssteigerung (Stückzahl in der Zeiteinheit) bei bewegter Ware gegenüber ruhender Ware.

Abb. 4 (links) Teilansicht einer selbsttätigen Galvanisierungsanlage.
 a Förderkette
 b Antrieb
 c Vorreinigung
 d Entfetten im Ringbad
 e Vorbehandlung

Drittel der Bedienungsmannschaft. Die Leistungssteigerung geht aus Abb. 6 hervor. Der Platzbedarf würde für zwölf ruhende Bäder 45 m², für das Ringbad 22 m² betragen. Die verwendete Stromdichte steigt von 0,3 A/dm² auf 1,2 A/dm² bis zu 3 A/dm². Die beschränkte Anoden-Lösungsgeschwindigkeit bedingt jedoch praktisch die Anwendung einer Kathoden-Stromdichte bis zu 2 A/dm². Das in den Anoden angelegte Kapital verringert sich bei dem Ringbade gegenüber den zwölf Nickelbädern um einen Betrag, der dem Unterschiede der gebrauchten Anodengewichte entspricht. Beispiele für die Zahl der in einem Ringbade zu vernickelnden Gegenstände gibt Zahlentafel 2, S. 611. Danach kann man mit dieser Anlage die Einzelteile für 450 bis 500 Fahrräder, ohne die Lenkstangen, in 8 h vernickeln.

Zahlentafel 2. Mindestleistungen eines Ringbades mit einem Warenring von 3 m Dmr.

Ware	Vernickelungsmenge je Radbeschickung Stück	Leistung in 1 min Stück	Zeit für 1000 Stück min
Lenkstangen, gewöhnliche deutsche (40 min)	80	2	500
Kettenräder, gewöhnliche (30 min)	90	3	332
Kurbeln "	225	8	134
Sattelwinkel "	225	8	134
Nabenhülsen "	675	23	46
Bremshebel "	225	8	134
Bremsschuhe "	225	8	134
Schutzblechstreben "	450	15	66
Kurbelachsen "	1125	38	28
Bremshebelkloben "	1312	43	24
Gabelringe "	1500	50	20
Obersteuerkopfkegel "	1950	65	16
Steuerschalen "	1312	43	24
Vorderradnaben "	1050	35	28

Im Auslande versucht man die Fließarbeit in der Galvanotechnik mit Hilfe der einfachen Kettenförderung derart durchzuführen, daß die Ware von der Kette selbst durch das Bad geschleppt wird. [B 2321]

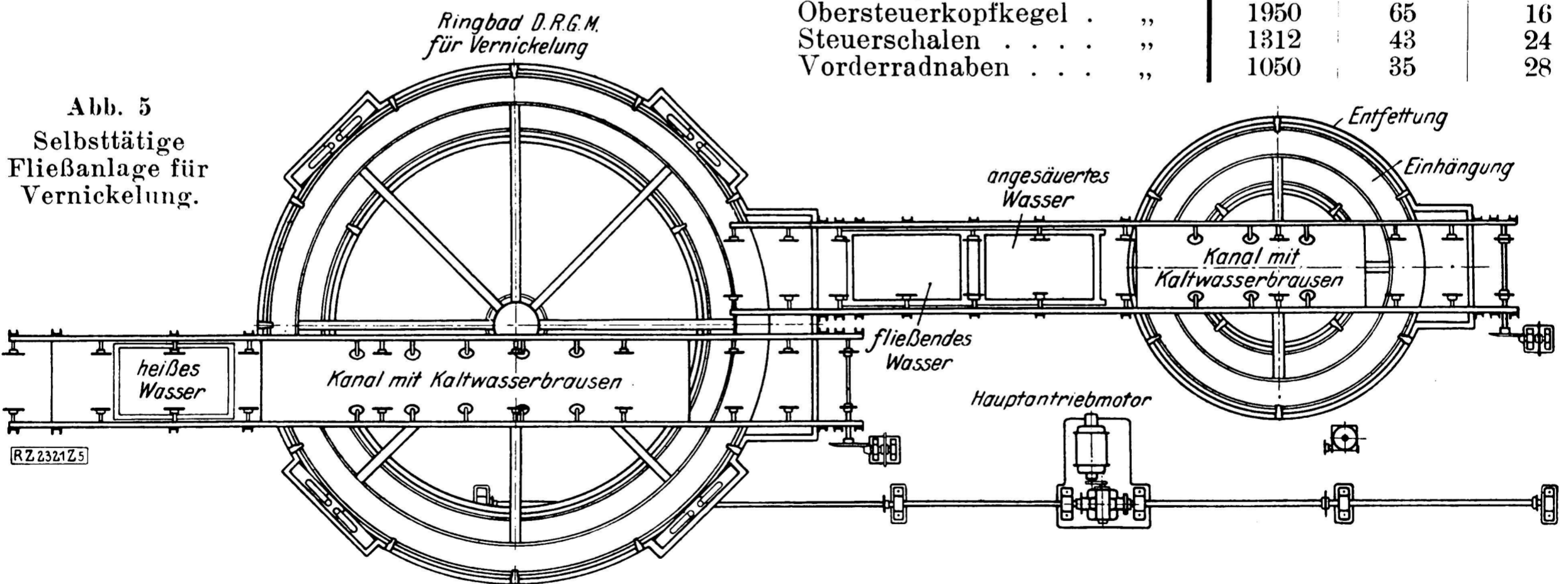


Abb. 5 Selbsttätige Fließanlage für Vernickelung.

Temperaturmessung durch Farbumschlag

Naeser entwickelte auf der 15. Vollsitzung des Werkstoffausschusses des Vereines deutscher Eisenhüttenleute¹⁾ ein optisches Temperaturmeßgerät, das nach folgenden Grundsätzen arbeitet:

Der Grad der Helligkeit eines strahlenden Körpers ist von der Oberflächenbeschaffung abhängig; die auf der Gesamtstrahlung beruhenden Pyrometer zeigen erfahrungsgemäß zu niedrige Werte an. Dagegen deckt sich

die durch die Farbe des grauen Strahlers auf Grund der spektralen Verteilung des Lichtes bestimmte Temperatur fast genau mit der wirklichen. Zur Farbmessung benutzt man zwei keilförmige Filter von Komplementärfarben, die im Spektrum entgegengesetzt liegen. Die Filter werden so lange gegeneinander verschoben, bis der Farbton wechselt und das durchfallende Licht weiß erscheint. An einer Skala kann man dann die richtige Temperatur ablesen. Bei einfacher und schneller Handhabung gestattet dieses Meßgerät zwischen 900 und 2000 ° eine Genauigkeit von ± 13 °. [N 2949] Stg.

¹⁾ „Stahl und Eisen“ 4. April 1929 S. 464.

Über Kokillenguß

Von Dipl.-Ing. HERMANN OBERMÜLLER, Stuttgart¹⁾

Die verschiedenen Verfahren des Gießens in Dauerformen werden angeführt, Sand-, Spritz- und Kokillenguß einander gegenübergestellt. Die für den Gang des Verfahrens wesentlichsten Punkte, wie die Gestaltung der Kokille (Werkstoff, Anschnitt und Einguß, Entlüftung, Schräge der Seitenwände, Kerne) und das Gießen selbst werden beschrieben. Schließlich wird noch kurz die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens besprochen.

Das Gießen in Dauerformen unterscheidet sich zunächst gegenüber dem sonst üblichen Verfahren des Gießens in Sandformen dadurch, daß die Form nicht nach jedem Guß zerstört wird, sondern daß sie aus einem hitzebeständigen Stoff besteht und so gestaltet ist, daß sie zum Herausnehmen des Teils geöffnet und nachher wieder geschlossen werden kann und damit wieder zu weiteren Güssen bereit steht. Diese Art des Gießens hat sich besonders bei der Massenherstellung von Gußteilen aus Aluminiumlegierungen bewährt, und man spricht daher von Aluminium-Kokillenguß, obgleich heute auch Gußeisen und verschiedene Kupferlegierungen in Dauerformen — als Formstoff verwendet man Gußeisen — vergossen werden:

Beim Gießen von Formteilen in Dauerformen können nun folgende Verfahren unterschieden werden:

1. Guß in ruhende Dauerformen mittels der Schwerkraft, d. h. Kokillenguß,
2. Guß in ruhende Dauerformen, unter Druck, d. h. Spritzguß,
3. Guß in umlaufende Dauerformen, d. h. Schleuderguß.

Außerdem kommen noch zwei Verfahren von z. Z. geringerer Bedeutung zur Anwendung, nämlich

4. Guß in ruhende Dauerformen mit Nachverdichtung, d. h. Preßguß. Das in der Form befindliche flüssige Metall wird durch einen Stempel unter Druck gesetzt; hierdurch soll es gezwungen werden, die feinsten Ecken und Kanten der Form auszufüllen und soll außerdem ein sehr dichtes Gefüge erhalten.
5. Sturzguß. Das Metall wird in die Eisenform eingegossen; sofort nach dem Eingießen wird die Form umgedreht und das noch flüssige Metall wieder ausgegossen. Das Metall, das mit den Formwänden in Berührung kam, ist inzwischen erstarrt und zeigt nach dem Herausnehmen eine schöne glänzende Oberfläche. Dieses Verfahren wird vielfach zur Herstellung von Spielwaren verwendet.

In den folgenden Ausführungen soll nun lediglich das Kokillenguß-Verfahren behandelt werden, das in den letzten Jahren dank seiner mannigfaltigen Vorzüge eine wachsende Bedeutung in der Industrie gefunden hat. Um dieser Bedeutung des Verfahrens gerecht zu werden, ist es notwendig, zunächst seine Vorzüge gegenüber den andern Gießverfahren, besonders gegenüber dem Sandguß und Spritzgußverfahren zu erörtern.

Gegenüber der rauhen Oberfläche der Sandgußteile zeigen die in der Kokille gegossenen Stücke eine hellglän-

zende, glatte Oberfläche, die eine Bearbeitung, außer an Paßflächen, überflüssig macht. Die zu erreichende Maßgenauigkeit ist wesentlich größer als beim Sandguß; infolgedessen ist es möglich, beim Kokillenguß mit geringerer Werkstoffzugabe (0,5 bis 1 mm) als beim Sandguß (rd. 2 mm) an bearbeiteten Stellen auszukommen. Die bei Kokillenguß erreichbare Maßgenauigkeit ist von einer Reihe von Punkten abhängig, z. B. von der Größe und Gestaltung des Gußstücks, von der Gestaltung und Herstellung der Form, zum geringeren Teil auch noch von der Legierung. Im allgemeinen wird eine Genauigkeit von $\pm 0,1$ bis 0,3 mm gewährleistet; diese ist jedoch bei kleinen Gußstücken wesentlich besser einzuhalten als bei großen, da hier die Schwindung eine große Rolle spielt. Auch nimmt die Maßgenauigkeit um so stärker ab, je mehr Teile aus einer Form hergestellt werden, da die Form und auch die Kerne sich unter dem Einfluß der dauernden Wärmeschwankungen verziehen.

Im Gegensatz zum Sandformguß, wo die Form nach jedem Guß zerstört und wieder neu hergestellt werden muß, lassen sich in einer Kokille aus Gußeisen 10 bis 50 000 Stück gießen, die nach Eigenschaften und Maßgenauigkeit größte Gleichmäßigkeit aufweisen. Die beim Kokillenguß stattfindende rasche Abkühlung ergibt ein sehr druckdichtes Gefüge und läßt Festigkeitswerte erzielen, die beim Sandgußverfahren nicht erreicht werden, Abb. 1 bis 4 und Zahlentafel 1 und 2.

Kokillengußstücke können durch ungelernete Arbeiter gegossen werden, gelernte Former und Modelltischler sind nicht notwendig, wohl aber geübte Werkzeugmacher für die Herstellung der Kokillen. Hier gleichen sich also Vorzüge und Nachteile ungefähr aus. Ebenso ist dies der Fall hinsichtlich des Zeitverbrauchs bei verhältnismäßig geringen Stückzahlen. Während die Gußstücke sehr rasch hergestellt werden können, wenn erst die Form gebrauchsfertig vorhanden ist, so dauert häufig die betriebsmäßige Fertigstellung einer Form so lange, daß man mit dem Gießen in Sandformen, die auf einer Formmaschine hergestellt werden, bei geringeren Stückzahlen rascher zum Ziel kommt. Dieses Bild ändert sich jedoch, sobald die Fertigungszeit der Gußstücke im Verhältnis zur Fertigungszeit der Form größer wird; d. h. bei größerer Stückzahl. Kokillenguß wird im allgemeinen erst wirtschaftlich bei Stückzahlen über 1000. In manchen Fällen können auch kleinere Stückzahlen, z. B. 400, noch wirtschaftlich sein, wenn nämlich die Bearbeitungskosten nachher größer sind als die Kosten für die Herstellung einer Form.

Kokillengußteile lassen sich besser polieren und bearbeiten als Sandgußteile, auch soll die Beständigkeit gegen Anfressungen bei Kokillenguß besser sein als bei Sand-

¹⁾ Nach einem Vortrag in der Fachsitzung „Metallkunde“ der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Essen am 9. Juni 1928. Eine ausführliche Behandlung dieses Themas erscheint demnächst als Buch im VDI-Verlag.

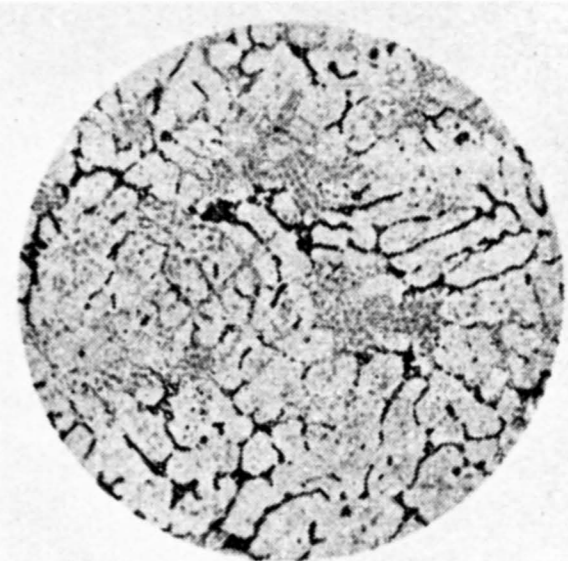
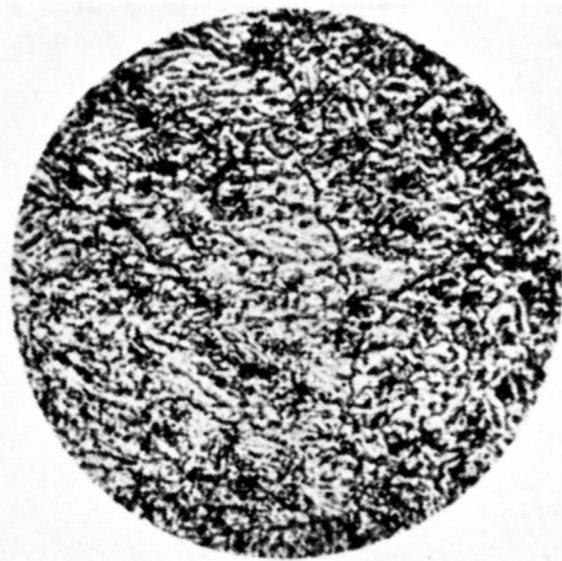
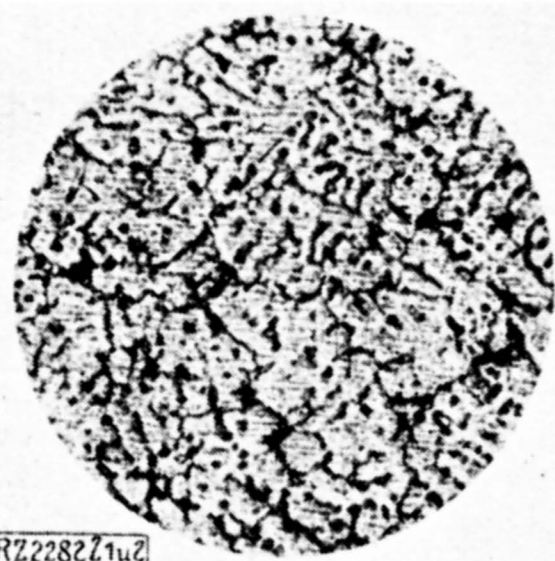


Abb. 1. Sandguß.

Abb. 2. Kokillenguß.

Abb. 3. Sandguß.

Abb. 4. Kokillenguß.

Abb. 1 und 2

Abb. 3 und 4

Deutsche Legierung (3 vH Cu, 10 vH Zn, Rest Al).

Amerikanische Legierung (Cu-Al-Legierung mit 8 vH Cu).

Zahlentafel 1

Festigkeitseigenschaften von Sand- und
Kokillenguß von Lautal nach *Fuß*Lautal als Gußmaterial wird zum Unterschied gegen
das durchgeknetete mit „L IV“ bezeichnet (Schwind-
maß rd. 1,5 vH).

Zugfestigkeit kg/mm ²	Sandguß		Kokillenguß	
	unvergütet 12 bis 20	vergütet 16 bis 25	unvergütet 17 bis 25	vergütet 20 bis 30
Dehnung vH	bis 4	bis 4	bis 10	bis 10
Brinellhärte (5/250/30) kg/mm ²	55 bis 60	65 bis 70	66 bis 80	90 bis 110

Die höheren Festigkeits- und Dehnungswerte entsprechen
den geringeren, die niedrigen den größeren Wanddicken.

guß. Trotz der großen Vorzüge des Kokillengußverfahrens wird jedoch das Sandgußverfahren für kleinere Stückzahlen, für geringe Wanddicken sowie für sehr große oder verwickelte Teile nicht entbehrt werden können.

Auch beim Spritzguß ist gleich wie bei dem Kokillenguß als Massenfertigungsverfahren die Herstellung einer oft sehr verwickelten Form notwendig, die sich erst bei größeren Stückzahlen bezahlt macht. Während jedoch die Herstellkosten einer Kokille 50 bis 100 vH geringer sind als die einer Spritzgußform, ist außerdem die Lebensdauer einer Kokille wesentlich größer als die einer Spritzgußform. Ferner sind beim Spritzgußverfahren noch verwickelte Gießmaschinen erforderlich, während beim Kokillenguß nur einfache Vorrichtungen zum Halten und Bewegen der Formhälften gebraucht werden.

Die erreichbare Maßgenauigkeit ist beim Spritzgußverfahren wesentlich größer als beim Kokillenguß, so daß beim Spritzguß die Kosten für eine Weiterbearbeitung fast vollständig gespart werden können. Infolge der beim Spritzguß unvermeidlichen Schwindungsporen sind aber Festigkeit und Dichte der Spritzgußteile meist geringer als die von Kokillenguß.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß die Vergütung durch Wärmebehandlung, die einen Vorzug der Aluminium-Gußlegierungen bildet, am besten bei Kokillenguß anwendbar ist, während Sandguß und Spritzguß hierfür weniger geeignet sind.

Bei allen diesen Vorzügen erhält man beim Gießen in Dauerformen keineswegs immer nur gute Stücke. Hier ist wie beim Sandguß größter Wert zu legen auf beste Ausgangstoffe, sorgfältiges Schmelzen und Gießen, richtige Lage und Abmessung der Eingüsse, zweckmäßige Gestaltung der Form sowie noch auf eine Reihe weiterer Punkte, von denen später noch gesprochen wird.

Das geschmolzene Metall wird in die mit einem Eingußtrichter versehene, vorgewärmte Kokillenform mittels eines Löffels eingegossen. Kurz darauf werden die Kerne, die die Aussparungen des Gußstücks erzeugen, herausgezogen, die Form wird geöffnet und das Gußstück herausgenommen. Hierauf werden die beiden Formhälften wieder zusammengebracht, die Kerne eingesteckt und die Form verschlossen, die jetzt wieder zu einem neuen Guß bereit ist.

Für die Gewinnung einwandfreier Gußstücke nach diesem Verfahren sind folgende Punkte von ausschlaggebender Bedeutung:

1. Verhalten und Eigenschaften des zu vergießenden Metalls,
2. Gestaltung und Behandlung der Form.
3. der Gießvorgang selbst, d. h. die Berücksichtigung der aus den Eigenschaften des Metalls und der Form sich ergebenden Forderungen.

Im folgenden soll nun auf das Gießverfahren, und zwar hauptsächlich auf die Gestaltung der Form etwas näher eingegangen werden, wobei als Gußmetall Aluminiumlegierungen verschiedenster Art gedacht sind, auf deren Eigenschaften ich hier nicht näher eingehen kann.

Gestaltung der Kokillen

Um das Entfernen des Gußstücks aus der Form zu ermöglichen, ist es notwendig, die Kokillen zweiteilig auszuführen, wobei die beiden Formhälften sich mittels besonderer Vorrichtungen zusammen- und auseinanderziehen

Zahlentafel 2

Festigkeitseigenschaften von Sand-, Kokillen- und Spritzguß von KS-Seewasser*),
nach *Stern-Rainer*.Spezifisches Gewicht 2,8, Schwindmaß 1 bis 1,5 vH,
Schmelzintervall 620 bis 640 °.

	Sandguß	Kokillenguß	Spritzguß
Elastizitätsgrenze (0,03) kg/mm ²	10	12	—
Zugfestigkeit	16	19	23
Dehnung vH	2,8	3,8	1,6
Härte (10/1000/30) . . . kg/mm ²	68	70	81
Einschnürung vH	7,5	12	—
Kerbzähigkeit mkg/cm ²	0,65	1,16	—
Ermüdungsfestigkeit (0,5 kg-Hammer)	10 000	40 000	—

*) Z. Bd. 69 (1925) S. 1324.

oder -klappen lassen. Damit ein wirtschaftliches Arbeiten gewährleistet ist, muß sich die Form sehr rasch und sicher öffnen und schließen lassen. Aus diesem Grunde sind die beiden Formhälften geführt und außerdem mit Paßstiften versehen, die zur Einhaltung der richtigen Stellung während des Gießens dienen. Die Befestigung oder Aufstellung der Kokillen erfolgt meist derart, daß die Trennfläche der Formhälften senkrecht oder unter einem bestimmten Winkel zur Senkrechten liegt.

Die zur Erzeugung von Aussparungen oder Hohlräumen dienenden Kerne sind in den Formhälften so angebracht, daß sie mittels Hebels oder ähnlich leicht verschiebbar und aus dem Gußstück entfernbar sind.

Als Werkstoff für Kokillen benutzt man in erster Linie Grauguß oder für manche Zwecke auch Stahlguß. Die Graugußblöcke müssen sehr dicht und porenfrei sein und sich gut bearbeiten lassen. Phosphor- und Schwefelgehalt sollen gering sein.

Die Beanspruchung des Werkstoffes besteht hauptsächlich in dem ständigen Wechsel der Temperatur, der ein dauerndes Sichausdehnen und -zusammenziehen der Form und besonders der Formoberfläche mit sich bringt. Aus diesem Grunde weisen auch diejenigen Formen die größte Lebensdauer auf, in denen immer sehr viel Güsse nacheinander ausgeführt wurden, die Form sich also verhältnismäßig selten von der Temperatur während des Gießens auf gewöhnliche Temperatur abkühlte. Ebenso ist natürlich gleichmäßige Anwärmung und Warmhaltung, sowie vorsichtige Abkühlung besonders bei verwickelten Teilen Hauptbedingung für eine lange Lebensdauer der Formen, die sich bei längerem Arbeiten häufig bis auf dunkle Rotglut erhitzt. Auch durch Ausglühen der Blöcke vor dem Bearbeiten soll es möglich sein, den Kokillen eine längere Lebensdauer zu verschaffen.

Im übrigen wird die Lebensdauer der Kokillen weniger durch stoffliche Vorgänge beeinflusst, als durch Änderungen an der Form der zu gießenden Teile oder durch zu geringe Stückzahlen. Risse und Anfrönserscheinungen treten dagegen häufiger bei Kernen auf, die noch größere Temperaturschwankungen zu ertragen haben als die Form selbst. Die Kerne werden daher meist aus Stahl, z. B. Kohlenstoffstahl mit rd. 0,5 vH C hergestellt; für besonders hoch beanspruchte Kerne verwendet man auch Chromnickel- oder Chrom-Vanadium-Stahl.

Der der Gestaltung von Kokillen zugrunde liegende Hauptgesichtspunkt ist die leichte Entfernbarkeit der gegossenen Stücke sofort nach dem Guß. Außerdem sind bei der Gestaltung noch eine Reihe von Aufgaben zu lösen, die sich zwar bei jedem Gußstück wiederholen, aber je nach seiner Art immer wieder neue Ausführungsformen bedingen. Dabei ist es durchaus nicht möglich, alle in Frage kommenden Punkte schon am Reißbrett zu berücksichtigen, vielmehr gibt in den meisten Fällen erst der praktische Versuch die endgültige Ausführungsform der Kokille.

Die Abmessungen sind abhängig vom Schwindmaß der vergossenen Legierung und von der mittleren Ausdehnungszahl des Kokillenwerkstoffes bei erhöhter Temperatur.

Anschnitt und Einguß

Unter dem Einguß einschließlich Eingußtrichter sei der Kanal verstanden, in dem das flüssige Metall an die eigentliche Gußform herangebracht wird, unter dem Anschnitt dagegen die Stelle, an der der Einguß in die Form einmündet. Beide bilden dadurch, daß sie in die Trennungsfäche der Form gelegt werden müssen, einen wesentlichen Punkt für die Gestaltung der Kokille.

Im einen Fall ist es zweckmäßig, am stärksten Querschnitt anzuschneiden, damit genügend flüssiges Metall nachgegossen werden kann; im andern Fall kann es vorteilhaft sein, an einem schwachen Querschnitt anzuschneiden, wenn das Metall bis zum stärksten Querschnitt eine längere Strecke durchläuft, auf der es abkühlen kann. Während im ersten Fall die Erstarrung vom schwächsten bis zum stärksten Querschnitt allmählich fortschreitet, wird im zweiten Fall die Erstarrung ziemlich gleichzeitig durch das ganze Gußstück hindurch eintreten. Diese Art der Erstarrung ist jedoch nur dann vorteilhaft, wenn die starken Querschnitte zu den schwachen in einem bestimmten, nicht zu großen Verhältnis stehen. Dies gilt in entsprechender Weise auch dann, wenn der Anschnitt zwischen dem Punkt, von dem aus die Erstarrung beginnt und dem stärksten, zuletzt erstarrenden Querschnitt eine Mittelstellung etwas mehr nach dem letzteren zu gelegen, einnimmt. Auch in diesem Fall können, wenn die Masse des zuletzt erstarrenden Querschnitts sehr groß ist, Schwindungserscheinungen auftreten, die durch Nachgießen kaum behoben werden können. Um bei sehr großen Querschnittunterschieden Lunkerbildungen zu verhüten, muß daher der Anschnitt am längsten flüssig bleiben, d. h. daß am stärksten Querschnitt angeschnitten wird und die Erstarrung vom schwächsten zum stärksten Querschnitt allmählich fortschreitet.

Für das Anschneiden gilt außerdem die Forderung, daß das Metall die Form möglichst ruhig und gleichmäßig füllen soll. Es wird daher meist tangential angeschnitten und steigend gegossen, wobei der Einguß kurvenförmig gestaltet ist oder unter einem bestimmten Winkel zur Senkrechten erfolgt. Der Einguß muß sich durch Absägen usw. leicht vom Gußstück abtrennen lassen. Steiger spielen beim Kokillenguß keine so große Rolle wie beim Sandguß. Immerhin kann ihre Anwendung in manchen Fällen über gewisse Schwindungserscheinungen hinweghelfen. Sie dienen hauptsächlich für die Luftabfuhr aus der Kokille während des Gießens.

Die Abmessungen des Eingusses müssen im Hinblick auf möglichst geringen Werkstoffverbrauch so klein wie möglich gehalten werden. Andererseits hängt der Querschnitt des Eingusses davon ab, mit welcher Geschwindigkeit das Metall die Form füllen muß, da es sich zu stark abkühlt, ehe die Form ganz gefüllt ist, wenn der Eingußquerschnitt zu knapp bemessen ist.

Die endgültige Form und die Bemessung von Anschnitt und Einguß kann in den meisten Fällen erst auf dem Versuchstand festgelegt werden, sie hängen nicht zuletzt auch von der Beschaffenheit, d. h. von der Zusammensetzung und dem Reinheitsgrad der vergossenen Legierung, gegebenenfalls auch von der Gießtemperatur und von dem Flüssigkeitsgrad ab.

Entlüftung

Die Luft soll beim Gießen im allgemeinen durch einen am höchsten Punkt der Form angebrachten Steiger austreten. Häufig gibt es jedoch Ecken und Winkel, aus denen die Luft nicht rasch genug entweichen kann. Hier bilden sich dann die Stellen, an denen das Gußstück nicht vollständig ausläuft oder abgerundete Ecken und Kanten zeigt. Man hilft sich in solchen Fällen dadurch, daß man kleine Luftlöcher bohrt, die entweder durch Stifte wieder ausgefüllt oder auch offen gelassen werden, wenn sie klein genug sind. Häufig kann man scharfe Kanten auch dadurch bekommen, daß man sie in die Trennungsfäche der Form legt, oder eine besondere Trennfuge längs der Kante anbringt.

Schräge der Seitenwände usw.

Um die Risse und Brüche infolge der Schwindung möglichst zu vermeiden, muß man die Teile nach dem Gießen, sobald sie einigermaßen fest geworden sind, aus der Kokille herausnehmen. Um dies zu erleichtern,

wird den Seitenwänden und auch den Kernen eine gewisse Schräge gegeben. Sie beträgt bei Seitenwänden rd. 0,5 vH, d. h. auf 100 mm Länge 0,5 mm Anzug, bei Kernen rd. 1,5 vH, d. h. auf 100 mm Länge 1,5 mm Anzug.

Die Mehrzahl der Gußstücke wird aus der Form mittels eines zentrischen Kerns ausgestoßen; wo dieser nicht genügt oder nicht vorhanden ist, müssen besondere Auswerferstifte, die durch einen Hebel gemeinsam bewegt werden, vorgesehen werden.

Kerne

Man unterscheidet zwischen festen, beweglichen und teilbaren Kernen aus Metall und solchen aus Sand. Fest aufgeschraubt in der Form werden in der Regel nur solche Kerne, die einen großen Anzug haben oder die nur Aussparungen von geringer Tiefe bilden. Sobald das Auftreten von Schrumpfspannungen zu befürchten ist, wie z. B. bei sehr tiefen Aussparungen, werden die Kerne beweglich gemacht, um sie sofort nach Erstarren des Gußstücks, meist mittels eines Gelenkhebels, der außen an der Form angebracht ist, herausziehen zu können.

Um die Herstellung des Kerns möglichst zu erleichtern, erhalten die Aussparungen gern einen kreisrunden oder sonst einfach herzustellenden Querschnitt; vergrößert sich die Aussparung nach dem Inneren der Form, so wird der Kern unterteilt, d. h. er erhält einige Stücke aufgesetzt, die dem nach innen zu vergrößerten Querschnitt entsprechen. Diese Stücke verbleiben dann beim Herausziehen des Kerns zunächst im Innern des Gußstücks und werden erst nach dem Ausheben des Gußstücks aus der Form herausgenommen. Sind die Aussparungen so verwickelt, daß auch teilbare Kerne nicht mehr angewendet werden können, so benutzt man Sandkerne, die sich nach dem Erkalten leicht aus dem Gußstück herausklopfen lassen.

In vielen Fällen haben die Kerne eine sehr geringe Masse und erwärmen sich deshalb während des Gießens rascher als die übrige Form. Die Kerne muß man daher von Zeit zu Zeit in ein geeignetes Kühlmittel, z. B. Wasser, Öl, eintauchen. Die Aussparungen müssen deshalb regelmäßig überwacht werden.

Der Gießvorgang

Bei der Massenerzeugung von Aluminiumgußteilen in Dauerformen ist der einwandfreie Verlauf des Gießvorgangs auf einer Reihe von Voraussetzungen hinsichtlich des Metalls und der Form aufgebaut.

Metall

Als Grundbedingung gilt die genaue Einhaltung der auf dem Versuchstand festgestellten Gießtemperatur. Schwankungen in der Gießtemperatur, die über $\pm 10^\circ$ hinausgehen, verursachen Fehlgüsse und müssen deshalb vermieden werden. Gut anzeigende Pyrometer sind unerlässlich und bilden das beste Mittel, den Ausschuß stets so niedrig wie möglich zu halten.

Ist die Gießtemperatur zu niedrig, so ist das Metall nicht imstande, die Form vollständig auszufüllen; es erstarrt zu früh. Bei zu hoher Gießtemperatur dagegen tritt Porosität auf, was allerlei unliebsame Erscheinungen mit sich bringt, ganz abgesehen von dem ungünstigen Einfluß auf die Festigkeitseigenschaften.

In der Kokillengießerei verwendet man daher meist einen Schmelzofen, in dem das gesamte Metall geschmolzen wird, und außerdem bei jedem Gießtisch einen geheizten Tiegel, in dem das Metall auf gleichmäßiger Gießtemperatur gehalten wird, aus dem gegossen wird und der stets wieder mit flüssigem Metall nachgefüllt wird. Dieser Einrichtung ist der Vorzug zu geben gegenüber der andern Möglichkeit, an jedem Gießtisch einen Schmelzofen aufzustellen, der das bereits legierte und in Masselformen umgeschmolzene Metall wieder einschmilzt. Hierbei müssen immer wieder kalte Massen zugegeben werden, wobei es unmöglich ist, die Badtemperatur auf der erforderlichen gleichmäßigen Höhe zu halten. In der amerikanischen Praxis sollen sich elektrisch beheizte Gießtöpfe besonders gut bewährt haben.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist, die Gleichmäßigkeit der Legierungszusammensetzung zu überwachen.

Eine Abweichung vom Soll der Legierungszusammensetzung kann z. B. eintreten durch absichtliches oder unabsichtliches Versehen des Lagerhalters, Schmelzers oder Gießers. Häufig wird versucht, durch Zugabe von Altmetall (Steiger, Eingüsse usw.) eine Legierung besser gießbar zu machen. Hierdurch kann die in Frage kommende Legierung sehr stark verunreinigt werden. In gewissen Zeitabständen soll man Legierungsproben aus der Gießpfanne entnehmen und sofort analysieren, wenn man Wert auf eine gleichmäßig und richtig zusammengesetzte Legierung legt. In diesem Zusammenhang soll auf die Schädlichkeit von geringen Zinkgehalten in Cu-Al-Legierungen hingewiesen werden, ferner auf die Schwierigkeiten beim Vergießen der deutschen Legierung (2,5 bis 3 vH Cu, 10 vH Zn, Rest Al), wenn der Cu-Gehalt im Verhältnis zum Zn-Gehalt zu hoch ist.

Von schädlicher Wirkung für die Legierung ist das Eisen, das in das Metallbad durch Angriff der Tiegelwandung oder der eisernen Rührwerkzeuge aufgenommen wird. Sehr häufig kommt auch schon beim Zusammensetzen der Legierung ein Eisengehalt herein, wenn viel Altmetall verwendet wird. Insbesondere sind hier auch die Angüsse gefährlich, infolge der Neigung des Eisens oder der eisenreichen Verbindung $FeAl_3$ zur Seigerung, d. h. zur Anreicherung an den Stellen, die am längsten warm bleiben. In den britischen Normen ist eine Verunreinigung durch Fe von höchstens 0,8 vH zugelassen. Wenn auch diese Grenze etwas schwer einzuhalten erscheint, so wird man doch nicht über 1,2 vH Fe gehen dürfen, wenn man einwandfreie Stücke erhalten will. Ein höherer Eisengehalt macht besonders Schwierigkeiten beim Polieren, da die harten $FeAl_3$ -Kristalle aus der polierten Fläche hervorstehen.

Form

Neben der Gießtemperatur ist die Temperatur der Form von großer Bedeutung, denn es muß ein bestimmtes Verhältnis der Abkühlungszeiten der verschiedenen Querschnitte zueinander vorhanden sein. Bis jetzt kann man auf diesem Gebiet nur der Erfahrung nach vorgehen, und es ist notwendig, für jeden Teil oder für jede Form die richtige Temperatur auszuprobieren. Dabei ist es natürlich nicht üblich, die Temperatur mit dem Pyrometer zu messen, sondern man ist hierbei lediglich auf das Gefühl angewiesen. Während der Arbeit erhält sich die Form meist selbst auf richtiger Temperatur, vorausgesetzt, daß die Arbeitsgeschwindigkeit genügend hoch ist. Bei einigen Stücken ist eine dauernde Wärmezufuhr zu einzelnen Teilen der Form erforderlich. Im allgemeinen ergibt eine zu heiße Form weniger fehlerhafte Stücke als eine zu kalte. Die Formen müssen daher stets genügend angewärmt werden, ehe man sie in Betrieb nimmt; die erforderliche Formtemperatur liegt ungefähr bei 200 bis 300°. Die ersten 5 bis 10 Güsse aus einer Form bei Beginn der Schicht dienen in der Regel noch zur Anwärmung der Form und sind deshalb Ausschuß.

Die Formen werden meist durch eine Gasflamme angewärmt. Bei der Eureka Vacuum Cleaner Co., Detroit, wird während der Nacht über die Drehtische, auf denen die Kokillen liegen, eine Haube, Abb. 5, gestülpt, die an der Innenseite mit elektrischen Widerstandsheizkörpern versehen ist. Nach außen sind die Hauben mit einer 50 mm dicken Schicht aus Kieselgur isoliert. Die Temperatur unter der Haube beträgt rd. 200°, die Formen sind bei Beginn der Schicht sofort betriebsfertig.

Einzelne Teile einer Form müssen bei manchen Stücken abgekühlt werden; man feuchtet sie mittels einer Spritzpistole an. Die Abkühlgeschwindigkeit der Form kann man durch Oberflächenbehandlung beeinflussen. Mittels Spritzpistole werden Mischungen von Schlemmkreide mit Wasserglas oder Graphit mit Wasser und etwas Wasserglas aufgespritzt. Oberflächenanstriche dürfen natürlich keine schädlichen Gase entwickeln. Sie sollen den Form-

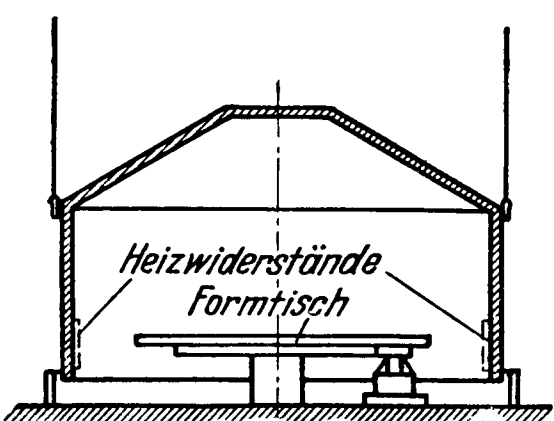


Abb. 5.

Gießtisch mit Heizhaube.

stoff gegen das flüssige Metall isolieren, um die Abkühlgeschwindigkeit zu vermindern, etwaige Anfressungen des flüssigen Metalls und das Anbacken der Teile an die Form zu verhindern. Man wäscht die Formen vor der Verwendung auch mit einer Graphitschwärze aus, trocknet sie und wiederholt dies mehrmals, bis der Überzug eine ganz glatte Fläche ergibt. Einen solchen Graphitüberzug braucht man erst nach 4 bis 6 Wochen zu erneuern. Häufig behandelt man auch die Form mit Talkum.

Für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist die Arbeitsgeschwindigkeit von großer Bedeutung. Sie ist abhängig von der Gießgeschwindigkeit des Stückes, von der Wartezeit, von der Temperatur der Form, von der Konstruktion der Kokille und des Gießtisches.

Obgleich die Gießgeschwindigkeit besonders bei kleinen Stücken im allgemeinen keine sehr großen Unterschiede zuläßt, gibt es doch Stücke, bei denen entweder besonders langsam oder besonders rasch eingegossen werden muß. Es hängt dies meist mit dem Auslaufen von schwachen Querschnitten, Vermeidung von eingefallenen Stellen usw. zusammen. Auch die für das Nachgießen erforderliche Zeit ist in der Gießgeschwindigkeit mit einbegriffen; gerade das Nachgießen kann im Einzelfall sehr verschiedene Zeiten beanspruchen. Die Temperatur der Form ist insofern von Bedeutung, als bei zu hoher Arbeitsgeschwindigkeit die Formtemperatur zu sehr ansteigt, und umgekehrt bei zu geringer Arbeitsgeschwindigkeit zu sehr fällt. Die richtige Arbeitsgeschwindigkeit muß deshalb schon auf dem Versuchstand festgelegt und später genau eingehalten werden.

Treten irgendwelche Störungen auf, sei es durch Klemmen von Kernen, die sich verzogen haben, sei es, daß sich die Form nicht mehr dicht schließen läßt, so ist es zweckmäßiger, die Form sofort wieder zum Versuchstand zurückzugeben, als erst noch viel unbrauchbare Teile damit herauszubringen.

Wirtschaftlichkeit des Kokillengusses

Die Selbstkosten eines Kokillengußstückes sind in der Hauptsache abhängig von Gewicht und Legierung, Verwickeltheit oder Herstellkosten der Kokille, Anzahl, Form und Lage der Kerne im Gußstück, Arbeitsgeschwindigkeit und Stückzahl in der Zeiteinheit, Maßgenauigkeit (je größer diese verlangt wird, desto schärfere Prüfung ist erforderlich), Art und Zustand der gesamten Hersteinrichtungen.

Ein sehr wesentlicher Punkt hierbei sind die Herstellkosten der Kokille oder deren Lebensdauer und Genauigkeit. Um Anhaltspunkte für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu gewinnen, teile ich nachstehend Zahlenangaben zweier Werke mit, die bereits seit Jahren Aluminium-Kokillenguß herstellen.

Werk I: a) Einfache Kokille: Kolben für Kraftwagenmotor, 70 mm Dmr., 90 mm hoch mit dreiteiligem Stahlkern. Gesamtherstellkosten rd. 500 \mathcal{M} . Lebensdauer des Kerns rd. 15 000 Abgüsse.

b) Verwickelte Kokille: Magnetgehäuse, 60/70 mm Querschnitt, 150 mm hoch. Gesamtherstellkosten rd. 1500 \mathcal{M} . Lebensdauer der Kerne rd. 7 bis 10 000 Abgüsse.

Zu den Lebensdauerzahlen ist zu bemerken, daß ein Verschleiß der Formhälften bei diesen Stückzahlen noch nicht festzustellen war. Die Preise ließen sich gegebenenfalls noch herunterdrücken, jedoch nur auf Kosten des Werkstoffs oder der Genauigkeit, was letzten Endes keine Verbilligung bedeuten würde.

Werk II: a) Einfache Kokille: Batterieverteiler mit eingegossenem Lagerzapfen, 65 mm Innendurchmesser, Abb. 6. Gesamtherstellkosten rd. 350 \mathcal{M} . Lebensdauer rd. 25 000 Abgüsse.

b) Verwickelte Kokille: Bremsgehäuse, 125 mm Innendurchmesser, 2,4 kg Stückgewicht, Abb. 7. Gesamtherstellkosten rd. 1500 \mathcal{M} . Lebensdauer rd. 15 000 Abgüsse.

Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens kann durch verschiedene Umstände in Frage gestellt werden, z. B. durch zu geringe Stückzahlen, zu hohe Formkosten oder zu geringe Lebensdauer, was besonders bei hoher Maßgenauigkeit in Frage kommt, zu hohe Ausschußzahlen, zu hohen Unkostensatz bei der Herstellung, hervorgerufen

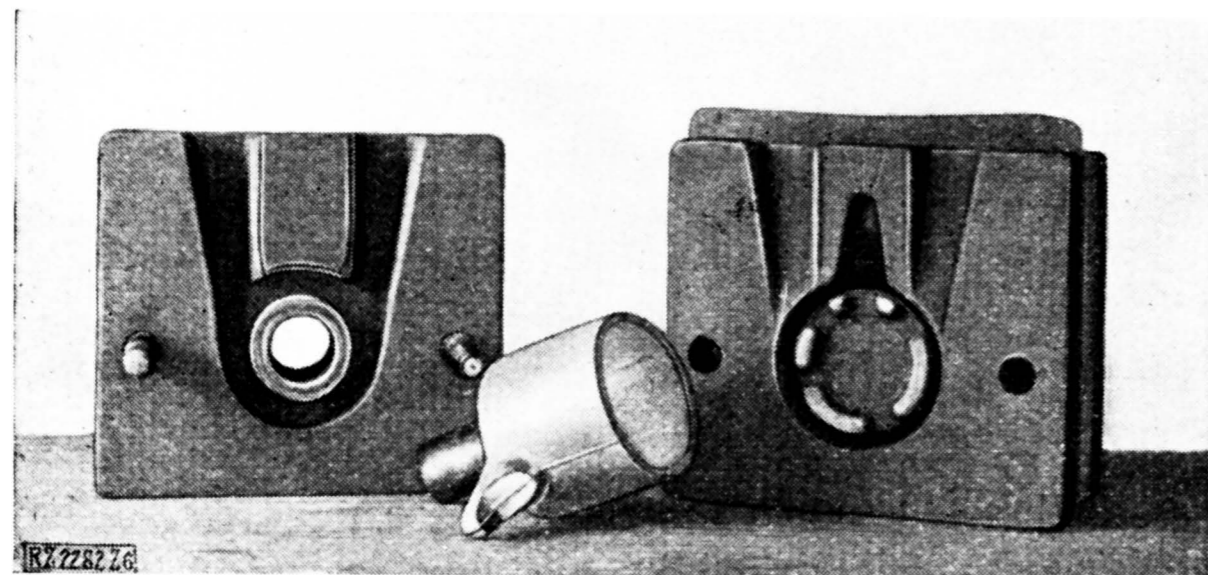


Abb. 6
Kokille für Batteriegehäuse.

durch Abbrandverluste, Brennstoffverbrauch für Schmelz- und Anwärmeöfen usw. Alle diese Punkte müssen aber auch beim Sandguß und besonders beim Spritzgußverfahren berücksichtigt werden.

Zusammenfassung

Aluminium-Kokillenguß bildet ein ausgezeichnetes Herstellungsverfahren für große Mengen von Gußstücken, die nach Abmessung und Eigenschaften größte Gleichmäßigkeit aufweisen und möglichst wenig nachbearbeitet werden sollen. Für die Erzielung gesunder Gußstücke sind besonders die Gestaltung der Kokillen hinsichtlich Anschnitt, Entlüftung, Schräge der Seitenwände usw. sowie die

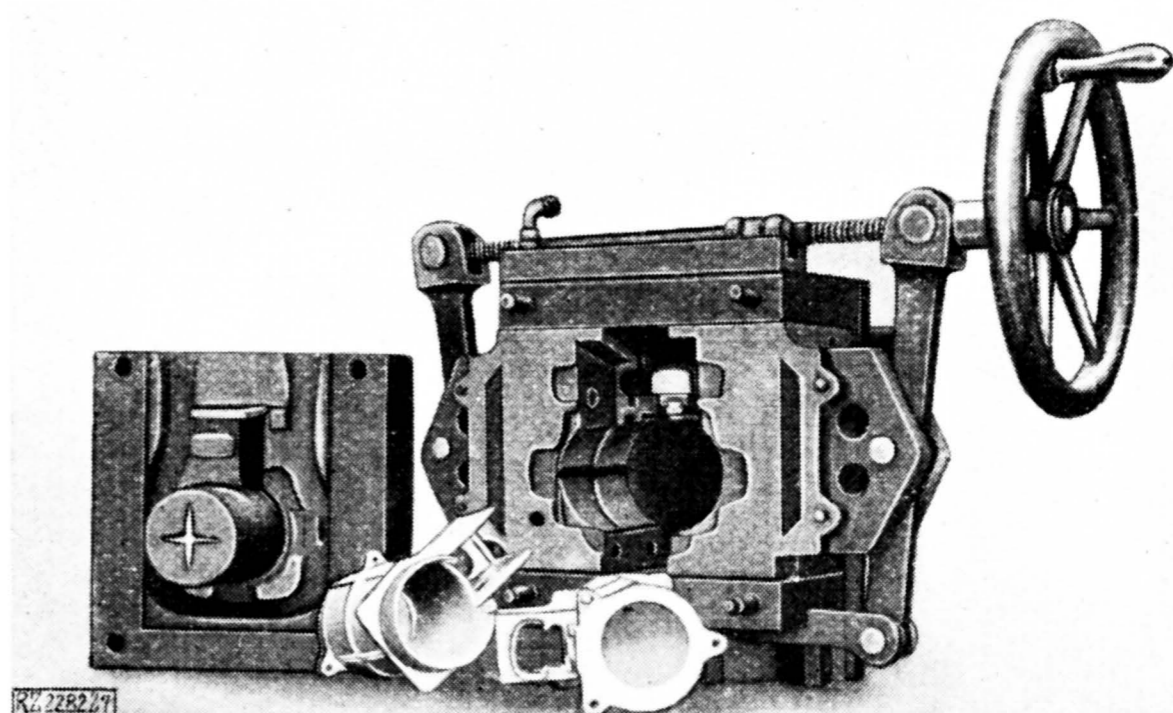


Abb. 7
Kokille für Bremsgehäuse.

Eigenschaften des zu vergießenden Metalles von Bedeutung. Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens hängt in der Hauptsache von der Stückzahl, sowie von den Konstruktionsbedingungen der Kokille ab.

Die Möglichkeiten der Weiterentwicklung des Kokillengusses liegen hauptsächlich auf dem Gebiet der Kokillenherstellung und des Gießens mit selbsttätigen Gießmaschinen, ferner in der Einführung wirklicher Massenfertigung und in der Schaffung weiterer geeigneter Legierungen für Kokillenformguß. [B 2282]

Der indizierte Wirkungsgrad der kompressorlosen Dieselmachine

Von Dr.-Ing. FRITZ SCHMIDT, München

Auszug aus Heft 314 der Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure.

Es wird ein einfaches Verfahren zur Bestimmung des indizierten Wirkungsgrades angegeben, wobei zur Berechnung der Arbeit der verlustlosen Maschine die Änderung der spez. Wärmen mit der Temperatur, die Gewichtsänderung der Ladung durch die Einspritzung des Brennstoffes und die Verschiedenheit der Gaszusammensetzung vor und nach der Verbrennung berücksichtigt werden. Der Wirkungsgrad der verlustlosen Maschine wird für beliebige Luftüberschüsse, Verdichtungsgrade, Brennstoffzusammensetzungen und Anfangstemperaturen ermittelt.

Zur Beurteilung der Brennstoffausnutzung im Zylinder von Verbrennungskraftmaschinen dient der thermische Wirkungsgrad η_t . Der indizierte Wirkungsgrad, auch Gütegrad genannt, ist eine Kenngröße für die Vollkommenheit des Arbeitsverfahrens und durch das Verhältnis der inneren Arbeit L_i der wirklichen Maschine zur Arbeit L_0 der verlustlosen Maschine ausgedrückt.

$$\eta_i = AL_i / AL_0 = \eta_t / \eta_0.$$

In der technischen Literatur findet man verschiedene Erklärungen des Begriffes der „verlustlosen“ Dieselmachine und dementsprechend verschiedene Formeln für ihren Wirkungsgrad η_0 . Neumann¹⁾ hat ein genaues Verfahren zur Berechnung der Arbeit der verlustlosen Maschine angegeben, bei der die Einstellung der Maschine und der Betriebszustand berücksichtigt wird. Wegen der großen Variationsmöglichkeit der Voraussetzungen muß die verwickelte Rechnung für jeden Fall besonders durchgeführt werden. Formeln für η_0 haben Güldner²⁾, Seiliger³⁾ und Köhler⁴⁾ aufgestellt. Alle enthalten aber Vernachlässigungen, so daß es wünschenswert erscheint, einen neuen Rechnungsgang anzugeben, der das Arbeitsverfahren im Dieselmotor besser als

es in der formelmäßigen Darstellung möglich ist, wiedergibt, und es ermöglicht, den Wirkungsgrad η_0 für alle praktisch wichtigen Fälle leicht und genau zu berechnen. Es ist wesentlich, daß hierbei im Gegensatz zu den bekannten Formeln die Gewichtsänderung der Ladung durch die Einspritzung des Brennstoffes und die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur genau berücksichtigt werden, weil dadurch der Wirkungsgrad entscheidend beeinflusst wird.

Der vorliegenden Arbeit liegt ein Prozeß zu Grunde, der bei gegebenem Verdichtungsgrad, Luftüberschuß und Höchstdruck den besten Wirkungsgrad erreicht. Soll im theoretischen Diagramm ein bestimmter Höchstdruck nicht überschritten werden, so kann mit der von Seiliger angegebenen Diagrammform, Abb. 1, der günstigste Wirkungsgrad erreicht werden. Für diesen Idealprozeß ist η_0 zu berechnen. Es ist üblich, η_0 und den thermischen Wirkungsgrad durch das Verhältnis des Wärmewertes der von 1 kg Brennstoff geleisteten Arbeit zum Heizwert darzustellen. Man vergleicht also die äußere Arbeit mit der bei Abkühlung der Verbrennungsgase freiwerdenden Wärmemenge.

Bei Verbrennungskraftmaschinen kann man jedoch im Gegensatz zur Dampfkraftanlage nicht mehr von einer einheitlichen Arbeitsgas zugeführten Wärmemenge sprechen, weil das Gas bei der Verbrennung seine Zusammensetzung ändert und das Ladegewicht zunimmt. Es ist richtiger, den Wirkungsgrad durch $\eta_0 = AL_0 / AL_{\max}$, also als Verhältnis der geleisteten Arbeit zur größten möglichen Arbeit des brennbaren Gemisches darzustellen. Zur Berechnung der Verbrennung wird die chemische Energie eingeführt.

Bezeichnet man mit

- U die Energie eines brennbaren Gemisches oder der entstehenden Verbrennungsgase, wobei sich der Zeiger 1 auf die Anfangstemperatur der Verbrennung, 2 auf die Endtemperatur der Verbrennung, ' auf den Zustand vor der Verbrennung, " auf den Zustand nach der Verbrennung bezieht, mit H_v den Heizwert bei konstantem Volumen und 15 °, E die chemische Energie von 1 kg Brennstoff, so gilt

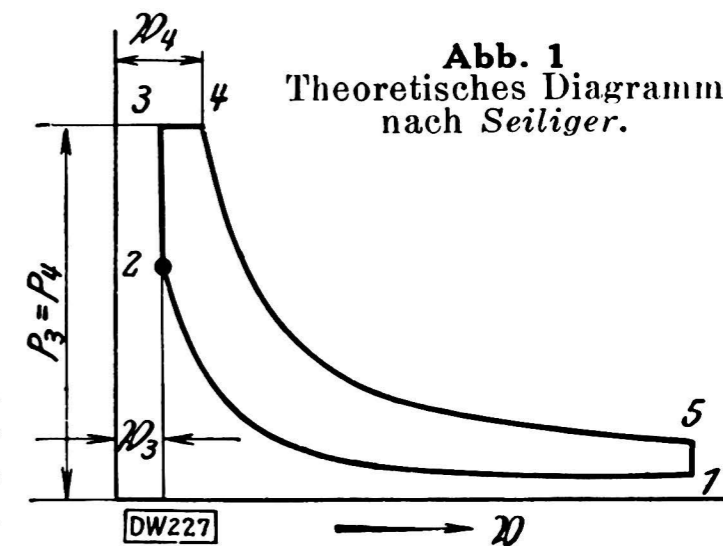


Abb. 1
Theoretisches Diagramm nach Seiliger.

¹⁾ Neumann, Untersuchungen an der Dieselmachine, III. Thermodynamischer Kreisprozeß und Arbeitsverluste, Z. Bd. 65 (1923) S. 279.

²⁾ Güldner, Entwerfen und Berechnen von Verbrennungsmotoren, Berlin 1903.

³⁾ Seiliger, Thermodynamische Untersuchung schnelllaufender Dieselmotoren, Z. Bd. 53 (1911) S. 627; Halbideale Gase und Wirkungsgrad von Verbrennungskraftmaschinen, Z. Bd. 64 (1922) S. 8.

⁴⁾ Köhler, Thermodynamische Untersuchung schnelllaufender Dieselmotoren, Z. Bd. 54 (1912) S. 241.

⁵⁾ Stodola, Die Dampfturbinen, 4. Aufl. S. 66).

$$E = U_2'' - U_1' = H_v + (U_1'' - U_1') \dots (2).$$

Den Unterschied zwischen der inneren Energie von Gas und Brennstoff und der inneren Energie der Verbrennungsprodukte hat erstmals *Nußelt*⁶⁾ chemische Energie genannt. Heizwert und chemische Energie unterscheiden sich durch den Unterschied zwischen der inneren Energie der Abgase und der Brenngase bei der Anfangstemperatur der Verbrennung. Die Energie nach der Verbrennung ergibt sich daher aus

$$U_2'' = U_1' + E \dots (3)$$

und nicht aus

$$U_2'' = U_1' + H_v \dots (4).$$

Es ist für die Anwendung wichtig, daß *E* konstant ist. Der Fehler, der bei Verwendung des Heizwertes anstatt der chemischen Energie entsteht, ist aber in den meisten Fällen so klein, daß er für praktische Ausrechnungen vernachlässigt werden kann. Nennenswerte Unterschiede ergeben sich erst dann, wenn man mit absoluten Temperaturen rechnet und die mittleren spezifischen Wärmen zwischen 0° abs und *T*° abs einführt.

Bei der Berechnung von Verbrennungstemperaturen mit Hilfe der chemischen Energie fällt die Energie unterhalb der Umgebungstemperatur, wie sich leicht zeigen läßt, aus der Rechnung heraus, und es werden nur die spezifischen Wärmen zwischen der jeweiligen Temperatur der Heizwertbestimmung und *t* verwendet. Die Richtigkeit der Rechnung wird also durch eine beliebige Extrapolation der spezifischen Wärme bis 0° abs und Umrechnung auf $c_v^m|_0^T$ nicht beeinträchtigt. Wird *E* aus Gl. 3 mit Hilfe der extrapolierten spezifischen Wärme berechnet, so ist *E* lediglich als Rechnungswert aufzufassen, der eine genaue Ermittlung der Verbrennungsendtemperatur für jeden beliebigen Zustand des brennbaren Gemisches gestattet. Mit Benutzung von Gl. (3) lautet die Energiegleichung der Verbrennung für den gewählten Prozeß ($\mathfrak{Q}_3, \mathfrak{Q}_4$ s. Abb. 1)

$$U_2 + J_B + E = U_4 + A P_4 \mathfrak{Q}_4 - A P_3 \mathfrak{Q}_3$$

⁶⁾ *Nußelt*, Die Entropievermehrung in der Gasmachine durch die nichtumkehrbare Ausführung der Verbrennung, Z. f. d. ges. Turbinenwesen Bd. 14 (1917) Nr. 1 bis 3.

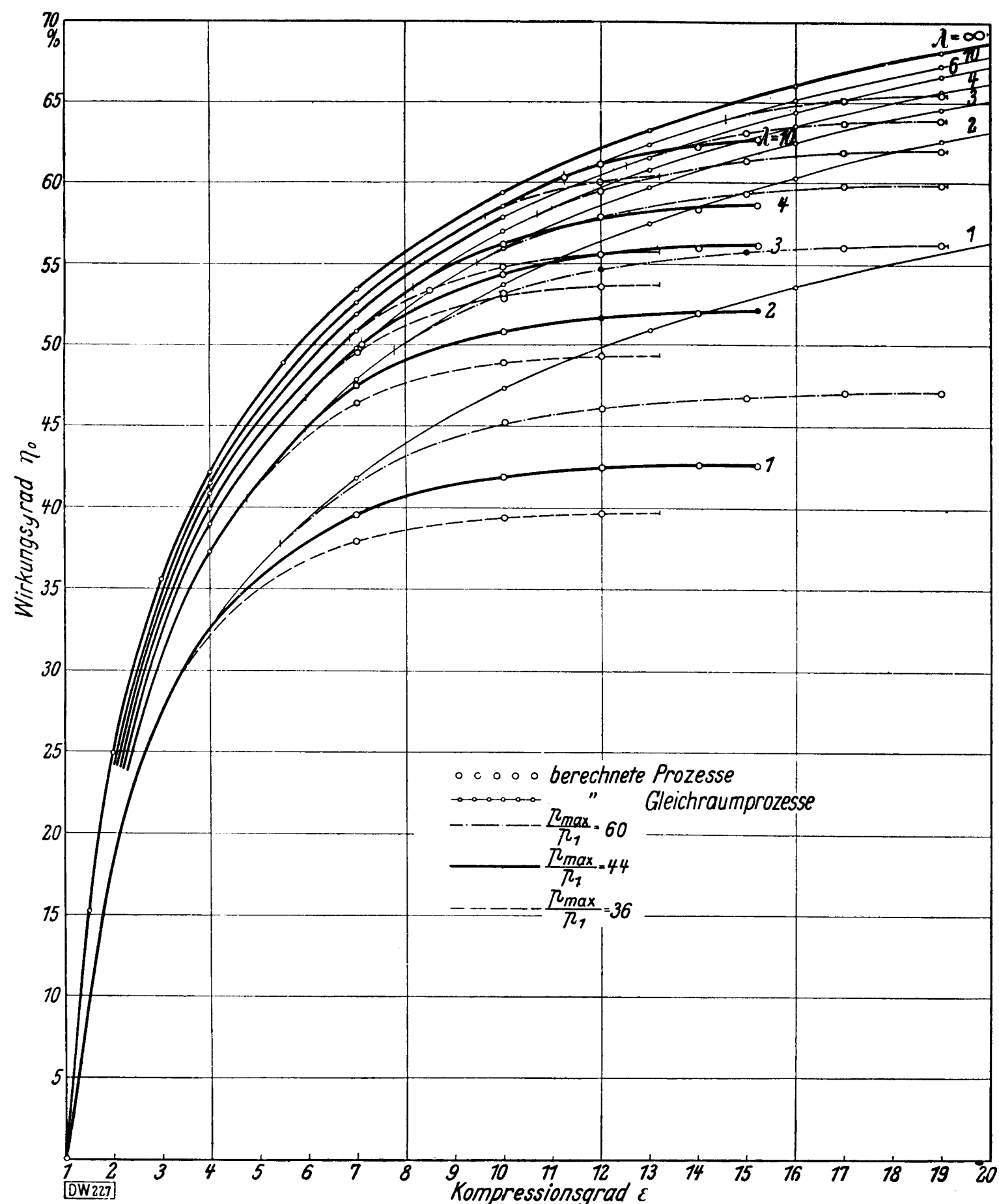


Abb. 2 Wirkungsgrad η_0 der Idealprozesse.

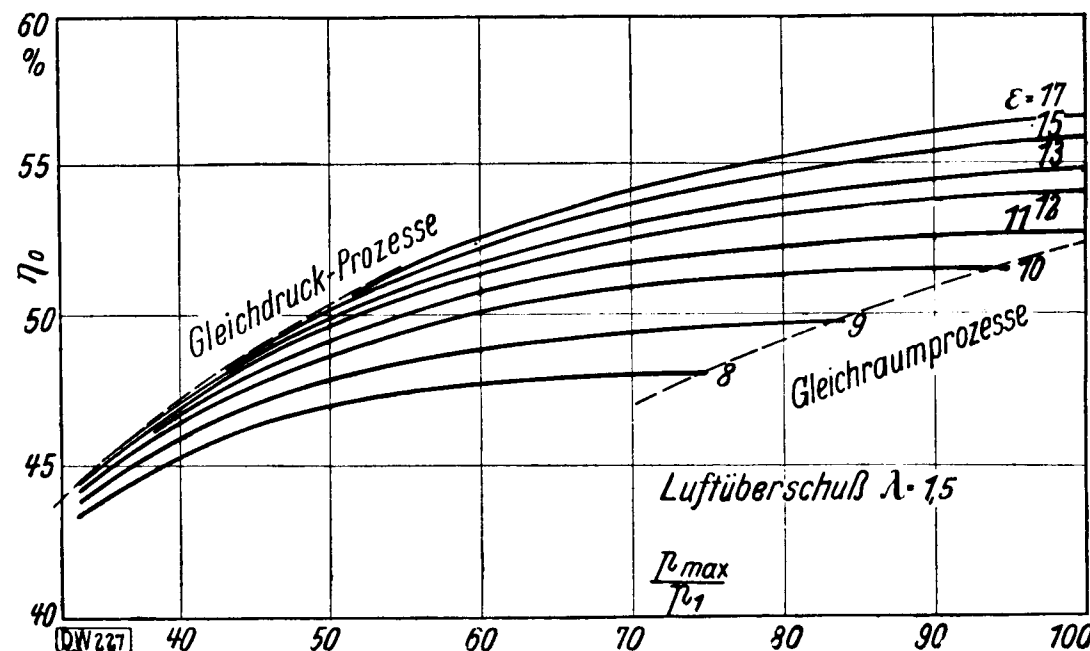


Abb. 3 Abhängigkeit der Wirkungsgrade η_0 vom Höchstdruck bei verschiedenen Verdichtungsgraden und konstantem Luftüberschuß.

und η_0 ergibt sich zu

$$\eta_0 = \frac{A L_0}{H_u} = \frac{(A P_4 \mathfrak{Q}_4 - A P_3 \mathfrak{Q}_3) + (U_4 - U_5) - (U_2 - U_1)}{H_u} = \frac{U_1 + E + J_B - U_5}{H_u} \dots (5).$$

In Gl. (5) bedeutet:

- $A L_0$ die Arbeit der verlustlosen Maschine oder des Idealprozesses, bezogen auf 1 kg Brennstoff,
- U_1 und U_2 die Energie der angesaugten Luft,
- U_4 und U_5 die Energie des Zylinderinhalts an den betreffenden Diagrammpunkten, J_B den Wärmeinhalt von 1 kg Brennstoff bei 288° abs.

Weil es allgemein üblich ist, zur Berechnung des thermischen Wirkungsgrades den Heizwert zu verwenden, wurde H_u statt $A L_{max}$ eingeführt.

Bei der Berechnung der Wirkungsgrade der verlustlosen Maschine wurde angenommen, daß keine Restgase im Zylinder zurückbleiben, der Zylinder also vollkommen mit Luft ausgespült wird und die Pumpenarbeit zum Verdichten des Öles vernachlässigt werden kann. Verdichten und Expansion wurden adiabatisch angenommen und nach *Nußelt* mit der Beziehung

$$f(T_2) = f(T_1) + 1,985 \ln \frac{\mathfrak{Q}_1}{\mathfrak{Q}_2}$$

berechnet, wobei

$$f(T) = \mu c_v^m|_0^T + \int \frac{\mu c_v^m|_0^T}{T} dT.$$

Der Heizwert, die Brennstoffzusammensetzung und die Anfangstemperatur wurden vorläufig konstant angenommen. Der Verdichtungsgrad $\epsilon = \frac{\mathfrak{Q}_1}{\mathfrak{Q}_2}$ wurde von $\epsilon = 1$ bis $\epsilon = 19$ verändert. Die Luftüberschubzahl

$$\lambda = \frac{\text{Luftmenge auf 1 kg Brennstoff}}{L_{min}}$$

wurde für Überlast, Vollast, Dreiviertel-, Halb-, Einviertellast und Leerlauf zwischen 1 und 10 angenommen. Die Berechnung wurde für Mindest- und Höchstwerte des Verhältnisses vom Höchstdruck bei der Verbrennung zum Druck der angesaugten Luft $\frac{p_{max}}{p_1} = \frac{p_3}{p_1}$ und für zwei Zwischenwerte durchgeführt. Werte für die mittlere spezifische Wärme der beteiligten Gase wurden auf Grund einer kritischen Bearbeitung der einschlägigen Forschungsergebnisse zusammengestellt⁷⁾.

Es wurden angenommen: Brennstoffheizwert $H_u = 10\,000$ kcal/kg; Elementaranalyse 86 vH C, 12 vH H, 2 vH O + N. Diese Zusammensetzung entspricht dem Mittel handelsüblicher Treiböle. Temperatur der angesaugten Luft vor dem Verdichten $T_1 = 288^\circ$ abs.

In Abb. 2 sind die Wirkungsgrade η_0 abhängig vom Verdichtungsgrad ϵ dargestellt. Bei großem Luftüberschuß, also brennstoffarmem Gemisch oder kleinem Verdichtungs-

⁷⁾ *F. Schmidt* und *H. Schnell*, Die mittleren spezifischen Wärmen der zweiatomigen Gase des Kohlendioxydes und Wasserdampfes zwischen 0° und 3000° abs, Z. Techn. Physik Bd. 25 (1928) S. 81.

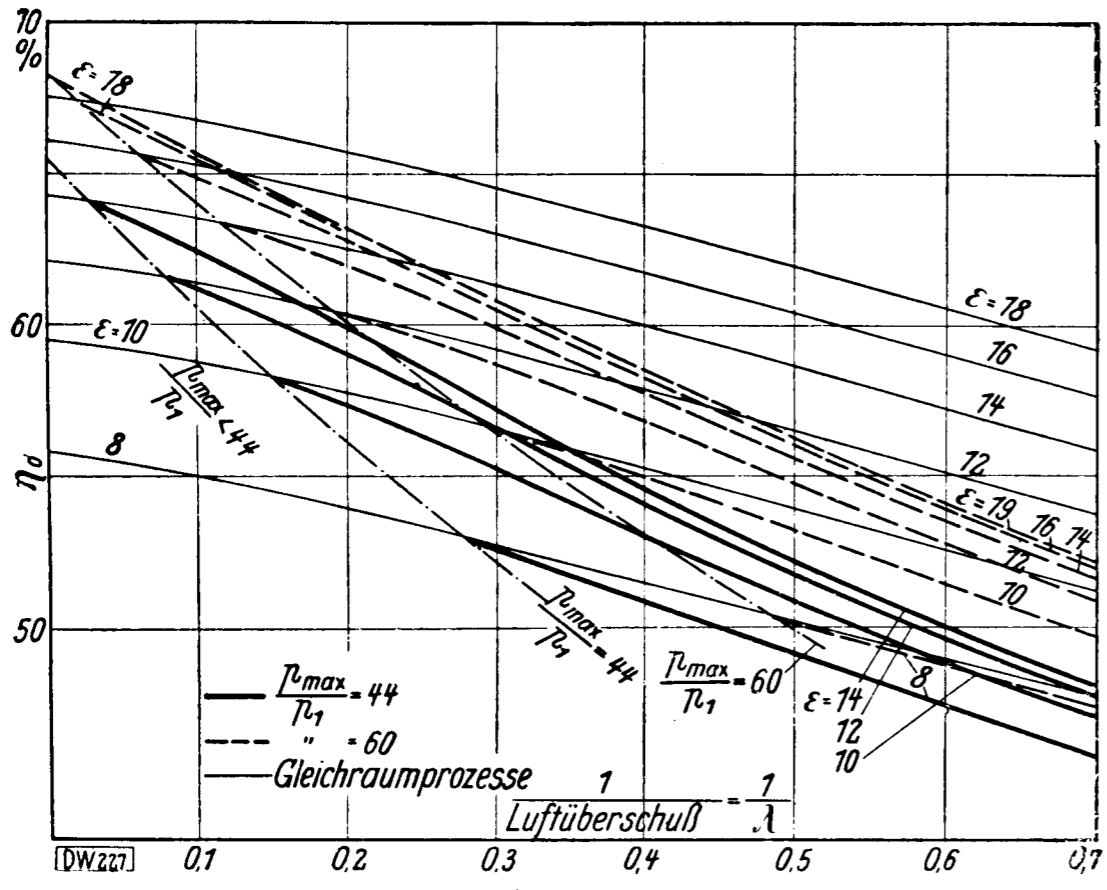


Abb. 4

Abhängigkeit des Wirkungsgrades η_0 von $\frac{1}{\lambda}$

$$\text{für } \frac{p_{\max}}{p_1} = 44 \text{ und } 60.$$

grad, wird der verlangte Höchstdruck unter Umständen nicht mehr erreicht. Die Verbrennung erfolgt dann nur mehr bei konstantem Volumen und der Idealprozeß geht in einen „Gleichraumprozeß“ über.

Die Wirkungsgrade dieser Gleichraumprozesse sind in den Schaubildern ohne Rücksicht auf die angenommenen Höchstdrücke für alle Fälle eingezeichnet. Der Einfluß des Verdichtungsgrades auf η_0 ist beim Gleichraumprozeß am größten, s. Abb. 2, und wird um so kleiner, je näher der Enddruck der Verdichtung dem Höchstdruck liegt.

Eine wesentliche Verbesserung des Wirkungsgrades ist somit bei der verlustlosen Maschine nur erreichbar, wenn man gleichzeitig ε und p_{\max}/p_1 erhöht. Dies gilt auch für die ausgeführte Maschine, wenn ihr indizierter Wirkungsgrad annähernd konstant ist. Die Abhängigkeit der Wirkungsgrade von p_{\max}/p_1 ist aus Abb. 3 zu ersehen.

Die Abhängigkeit der Wirkungsgrade η_0 vom reziproken Wert der Luftüberschusszahl λ ergibt für Gleichraumprozesse nahezu gerade Linien, Abb. 4, während die Wirkungsgrade der Idealprozesse mit $1/\lambda$ bedeutend stärker abnehmen. Bei geringerem Luftüberschuß macht sich dann der Einfluß der unvollkommenen Expansion stärker bemerkbar als beim Gleichraumprozeß.

Für einen beliebigen Brennstoff mit dem Heizwert H_u , und gegebener Elementaranalyse kann man η_0 aus Abb. 3 bestimmen, wenn man an Stelle des wirklichen Luftüberschusses einen reduzierten Luftüberschuß

$$\lambda' = \frac{L'_{\min}}{H_u'} 841 \lambda$$

einführt, wobei L'_{\min} die theoretische Luftmenge des verwendeten Brennstoffes in m^3 (bei 15° , 1 at) bedeutet.

Eine Änderung der Anfangstemperatur um rd. 10° macht sich erst in der zweiten Dezimale des Wirkungsgrades η_0 bemerkbar. Die Berücksichtigung der Restgase ergibt Wirkungsgrade, die sich nur um $0,1$ vH von den berechneten unterscheiden. Daher können der Zustand der Restgase und eine Abweichung von der angenommenen Anfangstemperatur unberücksichtigt bleiben. Durch den Anfangsdruck wird wohl die Ausnutzung des Hubraumes, aber nicht der Wirkungsgrad beeinflusst, denn in die Rechnung wird nur das Verhältnis der Drücke eingeführt.

Die Berechnung des indizierten Wirkungsgrades aus mehreren Versuchen an kompressorlosen Dieselmotoren

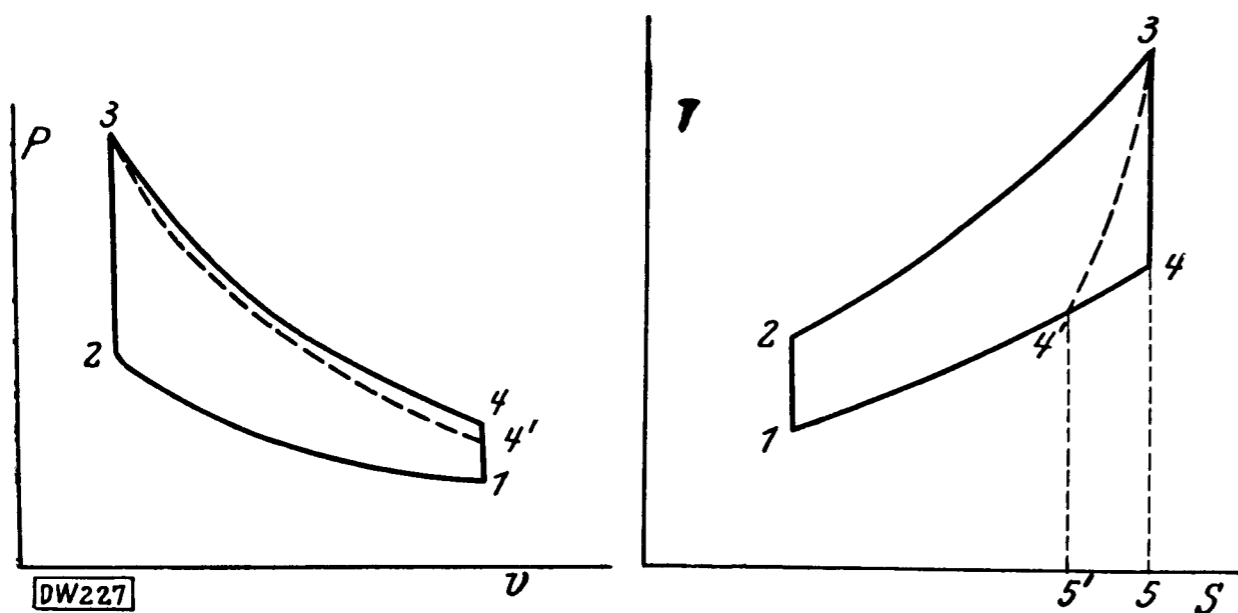


Abb. 6 und 7

Theoretische Diagramme einer Verbrennungsmaschine.

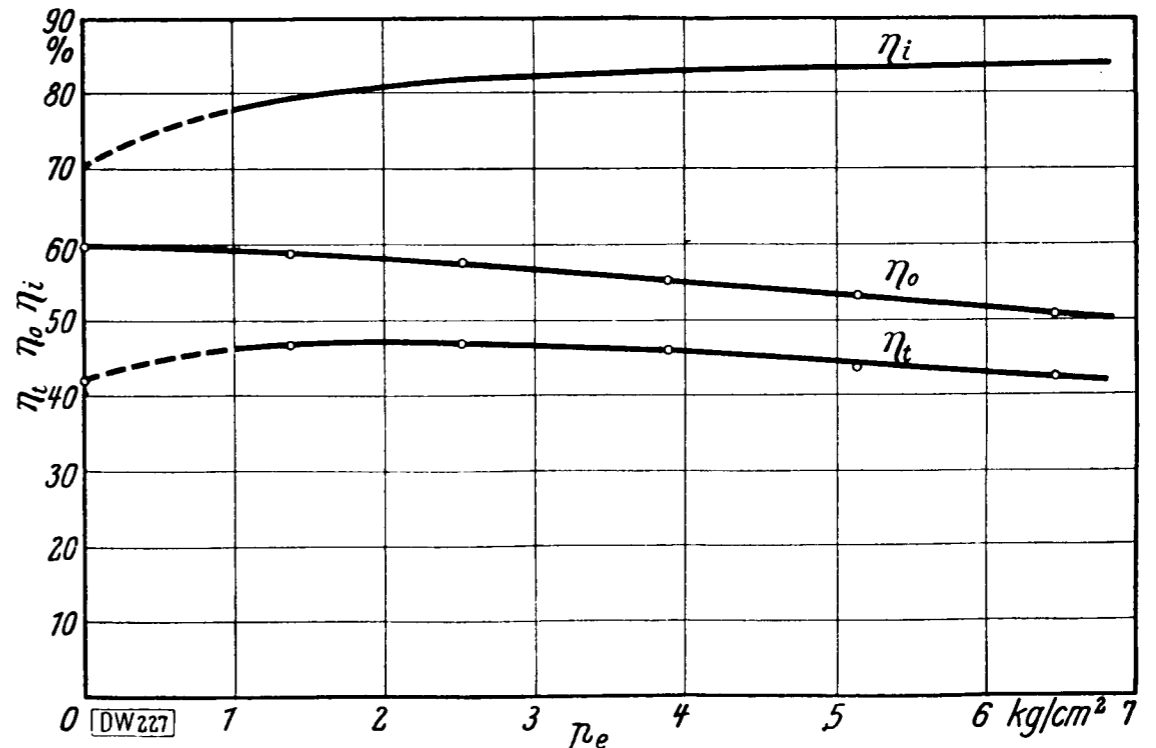


Abb. 5

Versuche an einem kompressorlosem Motor der MAN.

hat ergeben, daß η_i bei Belastungsänderung nahezu konstant bleibt und je nach Art der Maschine 75 bis 85 vH beträgt. Abb. 5 zeigt in einem Beispiel⁸⁾ die Abhängigkeit der Wirkungsgrade von der Belastung.

Beim Vollastverbrauch wurden rd. 44 vH des Heizwertes in indizierte Leistung verwandelt. Für den entsprechenden Fall ergab die verlustlose Maschine rd. 53 vH von H_u als indizierte Leistung. Berücksichtigt man, daß an das Kühlwasser rd. 34 vH des Heizwertes abgeführt werden, so erkennt man, daß nur rd. $\frac{1}{4}$ der Kühlwasserwärme als Arbeitsverlust erscheint. Der größere Teil der Kühlwasserwärme bedingt bei der ausgeführten Maschine den geringeren Abgasverlust als beim Idealprozeß, ferner enthält er die Reibungswärme des Kolbens.

Die Verhältnisse lassen sich am übersichtlichsten im T-S-Diagramm darstellen, Abb. 6 und 7. Führt man einen umkehrbaren Kreisprozeß aus und nimmt man nur während der Expansion Abkühlung an, so ist die gesamte, während der Expansion an das Kühlwasser abgegebene Wärme die Fläche 3 5 5' 4' 3 und der Arbeitsverlust infolge der Kühlung die Fläche 3 4 4' 3. [M 2497]

⁸⁾ Laudahn, Abnahmeprüfung eines kompressorlosen MAN-Dieselmotors, Z. Bd. 67 (1925) S. 1261.

Die elektrische Leitfähigkeit von Kupfer, Aluminium und Eisen

H. Schmidt hat in seiner Dissertation (Aachen 1928)¹⁾ die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von der Kaltverformung und der Wärmebehandlung untersucht und hierfür die wichtigsten Metalle: Kupfer, Aluminium und Eisen, herausgesucht. Bei Kupfer nimmt die elektrische Leitfähigkeit langsam ab, bis zu einer durch Ziehen bewirkten Querschnittsverminderung um 30 vH; sie sinkt dann rasch weiter bis zu einem Mindestwert bei 50 vH, um dann schnell wieder anzusteigen. Dies gilt aber nur für schwache Züge. Bei Aluminium nimmt die Leitfähigkeit mit wachsendem Reckgrad fast linear ab. Bei Elektrolyt-eisen, sowie Weicheisen und Stahl verläuft sie unregelmäßig mit dem Reckgrad, und bei letzterem scheint ein schwaches Ansteigen aufzutreten. Allgemein kann die Erniedrigung der elektrischen Leitfähigkeit durch Kaltbearbeitung auf die dadurch erzeugten inneren Spannungen zurückgeführt werden, die in hohem Maße von der Art der Kaltverformung abhängen.

Bringt man sie durch Erhitzen auf unterhalb der Rekristallisationstemperatur zum Verschwinden, so steigt die Leitfähigkeit wieder an, und zwar bei Legierungen in stärkerem Maß als bei reinen Metallen, wie durch entsprechende Versuche an Messing festgestellt wurde. Die Rekristallisation wirkt sich bei den einzelnen Werkstoffen verschieden aus. Durch langes Glühen bei niedrigerer Temperatur scheint sich das durch Glühen bei hoher Temperatur verdorbene Kupfer bis zum gewissen Grade wieder regenerieren zu lassen. Durch Lagern von geglühtem Aluminium wird seine Leitfähigkeit im allgemeinen nur unbedeutend geändert. Bei Weicheisen ist die Leitfähigkeit unabhängig von der Korngröße. Bei Stahl wächst sie mit dem Kohlenstoffgehalt linear, und zwar bei lamellarem Perlit stärker als bei kugeligem. Auf Grund dieser Versuchsergebnisse wird darauf hingewiesen, welche Behandlung zur Erzielung höchster Leitfähigkeit im Einzelfalle jeweils erforderlich ist. [N 2825] A. S.

¹⁾ Vergl. Physik. Ber. Bd. 10 (1929) S. 488.

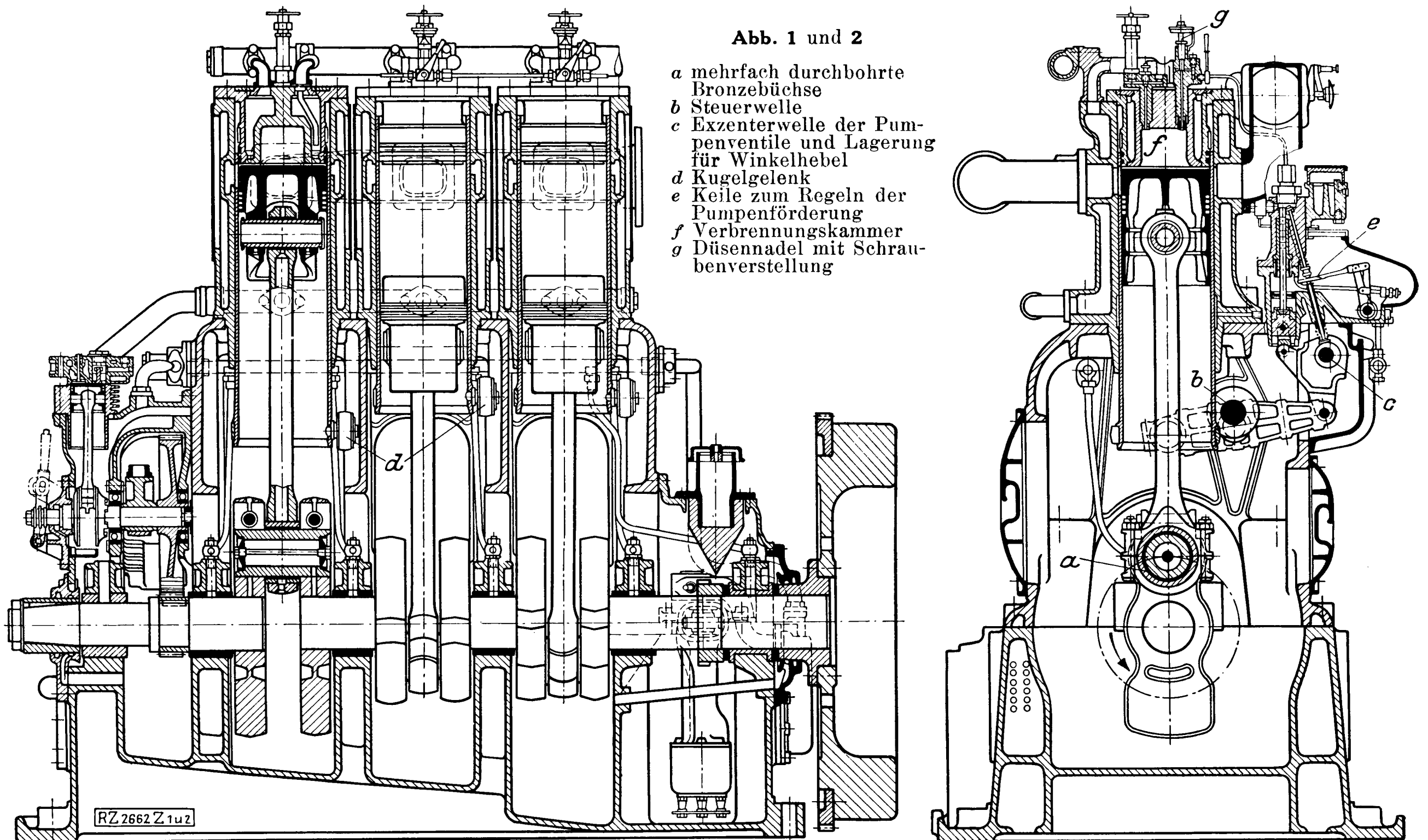


Abb. 1 und 2

- a mehrfach durchbohrte
Bronzebüchse
- b Steuerwelle
- c Exzenterwelle der Pumpenventile und Lagerung für Winkelhebel
- d Kugelgelenk
- e Keile zum Regeln der Pumpenförderung
- f Verbrennungskammer
- g Düsennadel mit Schraubenverstellung

Schnellaufender Dieselmotor, Bauart Ricardo

Auf der am 18. Februar eröffneten britischen Industrie-Ausstellung zu Birmingham zeigte die Firma Peter Brotherhood, Peterborough, zum erstenmal öffentlich einige Ausführungen des von Ricardo entworfenen schnellaufenden kompressorlosen Ölmotors, der bereits jahrelangen Prüfstandsversuchen unterzogen wurde¹⁾.

Die Steuerung dieser im Viertakt arbeitenden Maschinen, Abb. 1 und 2, erfolgt für den Eintritt der angesogenen Verbrennungsluft, sowie den Austritt der Abgase bei jedem Zylinder durch nur einen Kolbenschieber, der ähnlich wie bei Vergasermotoren mit Schiebersteuerung zwischen Kolben und Zylinder gleitet. Der Motor läuft mit 900 U/min und hat bei 190,5 mm Zyl.-Dmr. und 305 mm Hub eine Zylindernutzleistung von rd. 50 PS. Eine Sechszylindermaschine, bei der jeder Zylinder einzeln auf ein gemeinsames Kurbelgehäuse aufgesetzt ist, wiegt bei 2,9 m Länge, 1,4 m Breite und 2 m Höhe rd. 5,3 t, also 18 kg/PS.

Die in einem Stück aus Leichtmetall in besonders gedrängter Form gegossenen Kolben mit kreuzkopfförmiger Führungsverlängerung haben sechs Kolbenringe, von denen die beiden untersten als Ölstreifer dienen. Die Kolbenringe sitzen verhältnismäßig tief, damit sie nicht mit den Schlitzen in Berührung kommen. Die im Gesenk geschmiedeten Pleuelstangen mit rundem Schaftquerschnitt sind aus einem besonderen Nickel-Kohlenstoffstahl ausgeführt und der Länge nach weit ausgebohrt. Zum Lagern der Pleuelstangen am Kurbelwellenzapfen dienen in den Pleuelstangen feste, gehärtete Stahlbüchsen und frei zwischen diesen und den ebenfalls gehärteten Kurbelzapfen spielende, mehrfach durchbohrte Bronzebüchsen *a*. Dadurch soll die Reibungsgeschwindigkeit auf die Hälfte der sonst üblichen Werte herabgesetzt und somit ein höherer Flächendruck zulässig werden. Die Kurbelwelle ist aus einzelnen Teilen zusammengesetzt, wobei die Lagerzapfen auf die Wangen aufgeschumpft und die Kurbelzapfen, über die vorher die Bronzebüchsen zu streifen sind, in den geschlitzten Wangen festgeklemmt werden.

Die Steuerschieber aus Stahl werden an der Oberfläche gehärtet und sauber geschliffen. Die Schlitze werden nach Schablone ausgefräst. Da hier ein Schieber den Einlaß und den Auslaß zu steuern hat, muß seine Bewegung aus Heben und Senken, sowie aus Hin- und Herdrehung bestehen, wodurch der Einlaß- oder der Auslaßkanal geschlossen wird. Zur Bewegung der Steuerschieber dienen Schwinghebel. Die Steuerwelle *b* treibt diese in der Mitte durch Exzenter an. An einem Ende der Schwinghebel sind

mittels Kugelgelenke *d* die Schieber befestigt, während an den andern Enden Winkelhebel angreifen, deren Scheitel bei *c* festgelagert sind. Die freien Schenkel dieser Hebel dienen zur Bewegungsableitung für den Kolben der Brennstoffpumpen. Die Exzenter der Steuerwelle brauchen so als Exzentrizität nur etwa den halben Schieberhub. Die Schwinghebelenden an den Schiebern beschreiben ellipsenähnliche Linien, die Kugelgelenke ermöglichen den Schiebern die Drehbewegung.

Jeder Zylinder hat eine eigene Brennstoffpumpe mit gesteuertem Saug- und Überströmventil. Die Exzenterwelle *c* der Pumpenventile wird mittels Kette von der Steuerwelle angetrieben. Die Pumpenförderung regeln Keile *e*, die ein Regler zwischen die Teile des Abschlußgestänges einschleibt. Die Pumpe fördert gegen 350 at.

Die Verbrennungskammer *f* hat zylindrische Form. Die Einspritzung des Brennstoffes erfolgt zwar axial, jedoch nicht zentral, sondern am Rande der Kammer. Durch die anfängliche Überdeckung der Schieberschlitze erhält die angesogene Luft im Zylinder eine tangential wirbelnde Bewegung, die sich beim Verdichtungshub auch der Verbrennungskammer mitteilt. Tritt nun in diesen Wirbel am Rande der Kammer der Brennstoff ein, so erfolgt eine besonders gute Zerstäubung und Gemischbildung. Flammenbilder auf den Kolbenboden haben das bestätigt. Die mit Wasser gekühlte Kammer ist im Zylinderkopf zentriert.

In der Düse sind außer einer federbelasteten Stahlkugel, die den Abschluß vermittelt, keine beweglichen Teile vorhanden. Die axiale Düsenbohrung hat rd. 0,8 mm Dmr. In die Abrundung ragt eine mit Schraubenverstellung ausgestattete feststehende Nadel *g* hinein, von deren Vorhandensein die Zuverlässigkeit der Zerstäubung in hohem Maß abhängt. Beim Einstellen wird die Nadel zunächst ganz geschlossen und dann um etwa 0,15 mm angehoben. Ein zweites Stutzen in der Verbrennungskammer ist zur Anbringung eines Sicherheitsventils oder eines Höchstdruckindikators vorgesehen. Mit diesem soll auch bei der hohen Drehzahl, die keine einwandfreie Diagrammabnahme mehr gestattet, mit hinreichender Genauigkeit die gleichmäßige Lastverteilung auf alle Zylinder überwacht werden.

Die Maschine bietet in ihrem gesamten Aufbau außerordentlich viel Neues. Viele seiner Erfahrungen im Fahrzeugmaschinenbau hat sich Ricardo hier zum Erreichen des Schnellaufes auch für größere Leistungen zu Nutze gemacht. Wie sich die in ihren Einzelheiten aber immerhin sehr verwickelte Maschine unter den Händen nicht besonders geschulten Personals und im rauhen Betrieb, z. B. als Schiffsmaschine, bewähren wird, muß erst die Praxis zeigen.

Dresden

[M 2662]
Holfelder

¹⁾ „Engineering“ Bd. 127 (1929) S. 193.

R U N D S C H A U

Eisenbahnwesen

Neue elektrische Verschiebelokomotive für Einphasen-Wechselstrom¹⁾

Von den am meisten gebräuchlichen Stromarten für den elektrischen Bahnbetrieb hat sich noch keine allgemein durchsetzen können. Alle haben Vorzüge und Nachteile. Auf den ersten Blick scheint der Einphasen-Wechselstrom die beste Stromart für den Bahnbetrieb zu sein: Anwendung hoher Spannungen, infolgedessen wenig Speisepunkte, einfache und übersichtliche Fahrleitung. Für den Antrieb der Lokomotiven verwendet man Reihenschlußmotoren, die jedoch mit Rücksicht auf den Kollektor nur für niedrige Frequenzen von 16 $\frac{2}{3}$ bis 25 Per./s gebaut werden können. Man ist daher im allgemeinen gezwungen, besondere Bahnkraftwerke oder Umformerwerke zu errichten.

Gleichstrom im Bahnbetrieb ermöglicht es ebenfalls, mit einer einfachen Fahrleitung auszukommen, jedoch ist es nicht möglich, auf hohe Spannung zu gehen, so daß viele Speisepunkte erforderlich sind.

Bei Drehstrom ist es möglich, den Strom ohne Umformung aus den allgemeinen Kraftnetzen zu entnehmen. Die Streckenausrüstung (zwei Fahrleitungen) wird jedoch teuer und bei den Bahnhöfen, wo Luftweichen erforderlich sind, sehr verwickelt. Da bei höheren Spannungen die Isolierung der Fahrleitungen gegeneinander Schwierigkeiten macht, ist man gezwungen, niedrige Spannungen anzuwenden, so daß auch hier eine große Anzahl von Speisepunkten erforderlich wird. Für den Antrieb der Lokomotiven verwendet man Drehstrom-Asynchronmotoren, die im Aufbau sehr einfach und daher auch sehr betriebsicher sind. Drehstrom-Asynchronmotoren wirken bei übersynchronem Lauf als Stromerzeuger, wodurch sich eine vollkommene selbsttätige Nutzbremsung ergibt.

Das neue Kruppsche System,

Abb. 1 und 2 bis 4, verwendet zum Antrieb einen einphasig gespeisten und einen Dreiphasen-Motor. Der Einphasenmotor hat einen im Luftspalt zwischen Ständer und Läufer

¹⁾ Hier sei darauf hingewiesen, daß Nr. 20 dieser Zeitschrift vom 18. Mai als Fachheft „Elektrische Bahnen“ erscheint.

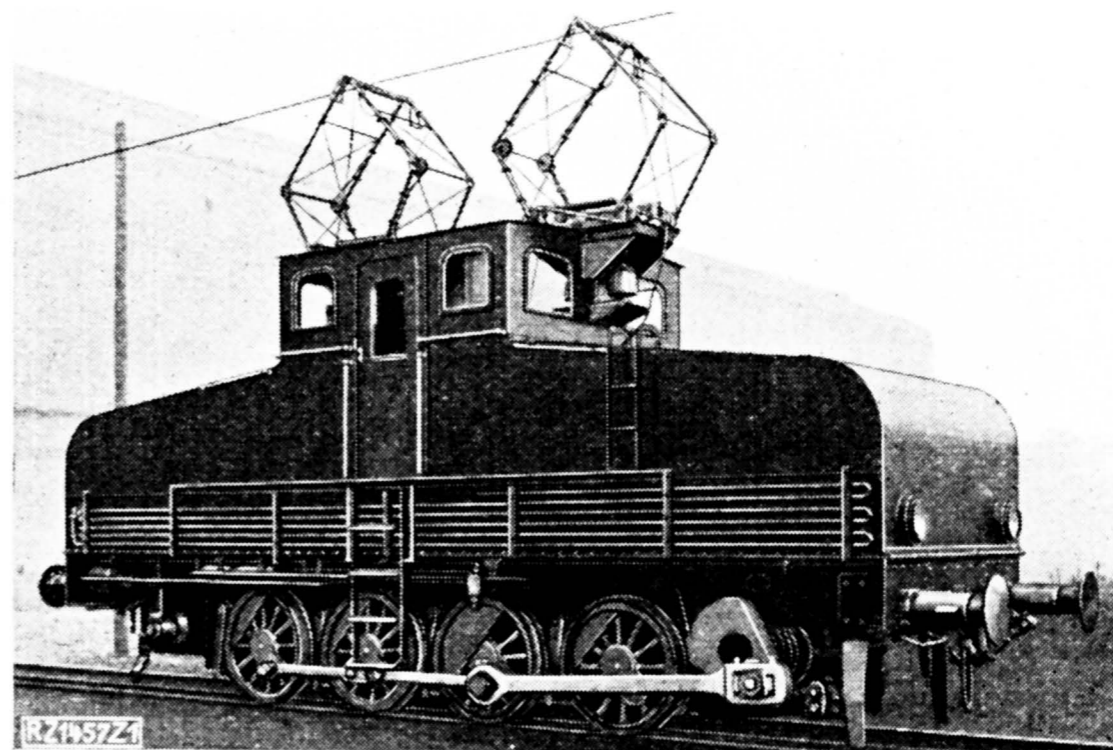


Abb. 1
Elektrische Verschiebelokomotive von Fried. Krupp.

synchron und frei umlaufenden, mit Erreger- und Dämpferwicklung versehenen Zwischenläufer (Hohlzylinder), der dem Motor trotz einphasiger Speisung des Ständers angenähert die Eigenschaften eines Drehstrom-Asynchronmotors verleiht²⁾. Dieser Motor ergibt nach Anlassen des Zwischenläufers ein hohes Anzugmoment und arbeitet bei richtiger Erregung mit $\cos \varphi = 1$ oder sogar mit voreilem Strom. Er kann, da er keinen Kollektor hat, für 50-periodigen Wechselstrom gebaut werden. Es ist also möglich, den Fahrdraht unter Zwischenschaltung eines einfachen Isoliertransformators an ein vorhandenes Drehstromnetz der allgemeinen Landesversorgung anzuschließen; damit wird die Anlage im Gegensatz zu den bestehenden Einphasen- und Gleichstrombahnen durch Fortfall der teureren Umformerwerk wesentlich einfacher.

Durch Einschalten von Drosselspulen in die Speisleitungen kann die Anlage kurzschlußsicher gemacht werden, da infolge des voreilem Motorstromes auch bei Be-

²⁾ Vergl. L. Schön, Z. Bd. 70 (1926) S. 1259, und F. Punga und L. Schön, ETZ Bd. 47 (1926) S. 842 und 877.

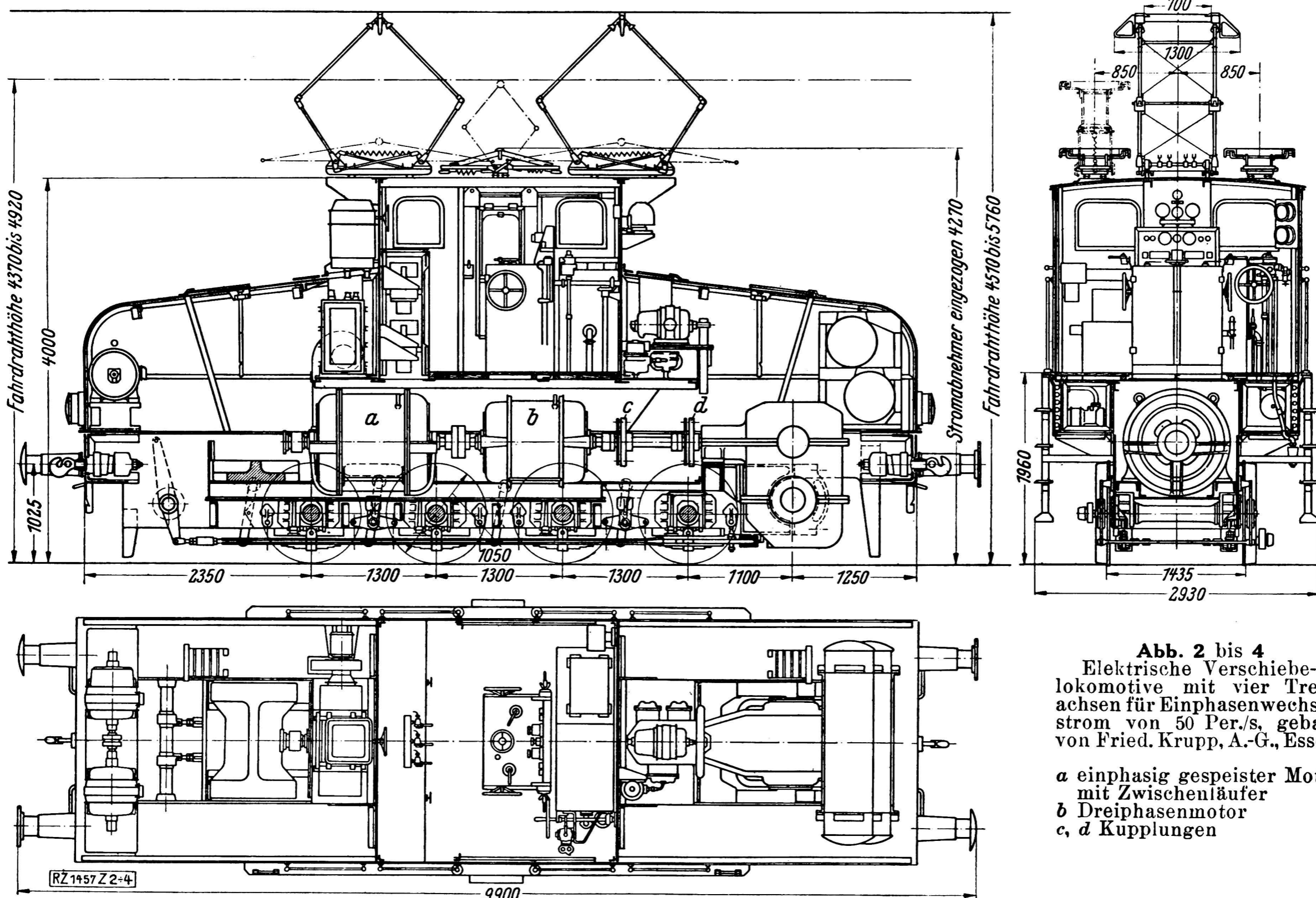


Abb. 2 bis 4
Elektrische Verschiebelokomotive mit vier Treibachsen für Einphasenwechselstrom von 50 Per./s, gebaut von Fried. Krupp, A.-G., Essen.

a einphasig gespeister Motor mit Zwischenläufer
b Dreiphasenmotor
c, d Kupplungen

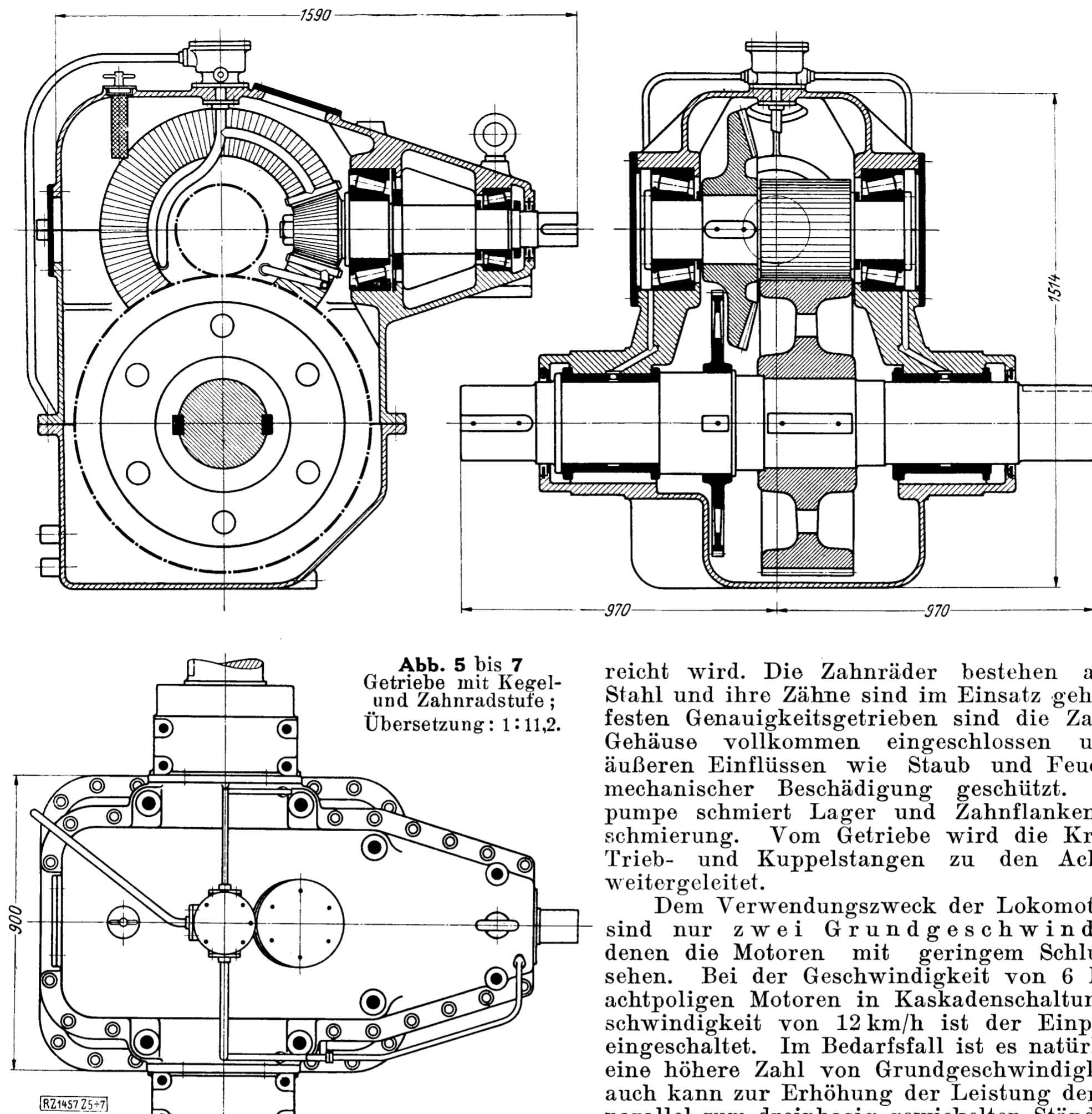


Abb. 5 bis 7
Getriebe mit Kegel-
und Zahnradstufe;
Übersetzung: 1:11,2.

lastung die Selbstinduktion der Drosselspulen keinen Spannungsabfall hervorruft. Genau wie bei den Drehstromlokomotiven greift auch bei der neuen Anordnung die Nutzbremse vollkommen selbsttätig ein. Ferner kann die Fahrdrahtspannung hoch gewählt werden, so daß man mit wenig Speisepunkten auskommt.

Ein weiterer Vorteil der Neuerung liegt in der Möglichkeit, als Anlaßwiderstand einen Flüssigkeitsanlasser zu verwenden, der vollkommen stoßfrei anzufahren und die Zugkraft stetig zu steigern gestattet. Man kann bis an die Reibungsgrenze herangehen, ohne Schleudern der Räder befürchten zu müssen.

Zwei Einphasenlokomotiven dieser neuen Anordnung sind für den Verschiebedienst an der Bunkeranlage einer mitteldeutschen Braunkohlengrube der I.-G. Farbenindustrie gebaut worden. Die Lokomotive hat Plattenrahmen, die im mittleren Teil mittels Versteifungskonstruktion verbunden sind. Diese Versteifung trägt die beiden Antriebmotoren *a* und *b* und schließt den Maschinenraum nach unten hin ab, Abb. 2 und 3. Die Motoren sind miteinander gekuppelt. Ihre Achsen fallen mit der Längsachse der Lokomotive zusammen.

Die Kraftübertragung.

Infolge der Verwendung eines zweistufigen Zahnradgetriebes mit einer Kegelrad- und einer Stirnradstufe konnten die Motoren gut geschützt und gut zugänglich zwischen den Rahmenblechen untergebracht werden. Von den Motoren wird die Kraft zum Getriebe über eine kurze Zwischenwelle und zwei nachgiebige Kupplungen *c* und *d* übertragen. Diese nachgiebige Verbindung verhindert das Auftreten von äußeren Kräften in den Motor- und Getriebeaggregaten, die bei starrer Kupplung infolge von Verwindungen des Rahmens entstehen würden. Die Motoren und Getriebe werden also nur durch reine Drehmomente beansprucht, wodurch sich ihre Lebensdauer und Betriebssicherheit wesentlich gesteigert.

Das Getriebe mit einem Übersetzungsverhältnis 1:11,2 ist in Abb. 5 bis 7 dargestellt. Die Wellen der Kegelradstufe sind in Schrägrollenlagern spielfrei gelagert, wodurch richtiger Eingriff der Verzahnung und geräuschloser Gang er-

reicht wird. Die Zahnräder bestehen aus hochwertigem Stahl und ihre Zähne sind im Einsatz gehärtet. Wie bei ortfesten Genauigkeitsgetrieben sind die Zahnräder in einem Gehäuse vollkommen eingeschlossen und dadurch vor äußeren Einflüssen wie Staub und Feuchtigkeit und vor mechanischer Beschädigung geschützt. Eine Zahnradölpumpe schmiert Lager und Zahnflanken mittels Umlaufschmierung. Vom Getriebe wird die Kraft über Kurbeln, Trieb- und Kuppelstangen zu den Achsen und Rädern weitergeleitet.

Dem Verwendungszweck der Lokomotiven entsprechend sind nur zwei Grundgeschwindigkeiten, bei denen die Motoren mit geringem Schlupf laufen, vorgesehen. Bei der Geschwindigkeit von 6 km/h arbeiten die achtpoligen Motoren in Kaskadenschaltung. Bei der Geschwindigkeit von 12 km/h ist der Einphasenmotor allein eingeschaltet. Im Bedarfsfall ist es natürlich auch möglich, eine höhere Zahl von Grundgeschwindigkeiten zu erzielen, auch kann zur Erhöhung der Leistung der Dreiphasenmotor parallel zum dreiphasig gewickelten Ständer des Einphasenmotors geschaltet werden, da der Einphasenmotor gleichzeitig als Motor und Phasenteiler arbeiten kann. Beim Anfahren wird in den Läuferstromkreis des Einphasenmotors und des Dreiphasenmotors der veränderliche Flüssigkeitswiderstand eingeschaltet. Zur Kühlung der Anlasserflüssigkeit, die sich beim öfteren Anfahren des Verschiebebetriebes stark erwärmt, dienen außen an der Lokomotive angebrachte Röhrenkühler.

Die Motoren sind für 600 V am Ständer und Läufer gewickelt. Der Einphasenmotor erhält den Strom über einen Spartransformator, der über einen Ölschalter und die Stromabnehmer mit der Fahrleitung, die 3000 V führt, verbunden ist. Um die Fahrtrichtung der Lokomotive zu ändern, wird die Stromzuführung des Einphasenmotors vom Ständer an den Läufer, oder umgekehrt, verlegt. Da hierbei der Zwischenläufer stets im selben Drehsinn weiterläuft, erfolgt der Fahrtrichtungswechsel ohne jeglichen Zeitverlust.

Das geräumige, vollkommen geschlossene und elektrisch geheizte Führerhaus, in dem sämtliche für die Steuerung notwendigen Einrichtungen untergebracht sind, ist in der Mitte über den Motoren angeordnet. Seine hohe Lage gestattet einen vorzüglichen Überblick über den Zug und die Strecke, was besonders für den Verschiebedienst von Vorteil ist.

Die Hauptkonstruktionszahlen:

Spurweite	1 435 mm
Rad-Dmr.	1 050 „
Gesamter Radstand	3 900 „
Länge über die Puffer	9 900 „
Größte Breite	2 930 „
Höhe ohne Stromabnehmer	4 000 „
Dienstgewicht = Reibungsgewicht	48 t
Achsdruck	12 t
Grundgeschwindigkeit	6 und 12 km/h
Motor-Stundenleistung	2 × 300 PS
Größte Zugkraft am Zughaken	16 000 kg
Stundenzugkraft am Zughaken	12 000 „
Fahrdrahtspannung	3 000 V
Frequenz	50 Per/s.

Essen

Dipl.-Ing. E. Burmeister
[M 1457]

Verarbeitende Industrien

Selbsttätig arbeitende Reismühlen

Wie jede andre Getreideart muß auch der Reis, bevor er das eigentliche Arbeitsverfahren durchläuft, erst gründlich gereinigt werden. Der angelieferte Rohreis wird von einem Becherwerk *b*, Abb. 8 und 9, den Vorreinigungspirateuren *c* und *c*₁ zugeführt, wo er von Staub, Sand, Steinen, Stroh und andern Fremdkörpern befreit wird. Diese Reinerer arbeiten nach dem üblichen Verfahren der Windsichter.

Aus dem vorgereinigten Reis (Paddy) werden mittels der Überlaufmagnete *d* und *d*₁ etwaige Eisenteile entfernt, worauf er den Unterläuferschälgängen *e* und *e*₁ zuläuft, wo er zwischen den beiden mit einer besonderen Schleifmasse belegten Läufern geschält wird, Abb. 10. Der Abstand der Schleifflächen ist regelbar. Den Einlauf regelt eine am Einlauftrichter befindliche verstellbare Manschette.

Das den Schälgang verlassende Erzeugnis: geschälte und ungeschälte Körner und Hülsen, wird von dem Doppelbecherwerk *f*, Abb. 8 und 9, zu den Flachsieben *g* und *g*₁ gefördert, wo das Schälmehl (Kargomehl) und der kleine Schälbruch abgesiebt wird. Die über die Siebe laufenden Hülsen, geschälten und ungeschälten Körner fallen in die darunter stehenden Windsichter *h* und *h*₁ (Hülseseparator), wo die Reishülsen ausgeschieden werden. Die Hülsen kann

man bei größeren Reismühlen als Feuerungstoffe für den Dampfkessel verwenden. Der abgesiebte Schälbruch gelangt in einen an die Entlüftungsleitung angeschlossenen Putzkasten *k*, wo die kleinen Schälteilchen abgesogen werden, worauf man ihn mittels des Becherwerks *l* unmittelbar dem ersten Schleifgang *m* zuführt, ohne damit den Paddyausleser zu belasten.

Der von den Hülseseparatoren *h* und *h*₁ kommende geschälte und ungeschälte Reis läuft in die Paddyausleser *i* und *i*₁, die die geschälten und ungeschälten Körner trennen¹⁾. In dem Ausleser gelangt das Gut zuerst in einen Speisetrog und wird von hier durch die einzelnen einstellbaren Speiselöcher in die Kammern eines mit Prallflächen versehenen geneigten Schütteltisches geführt. Infolge der Schüttelbewegungen trennen sich die verschiedenen Körner voneinander. Die ungeschälten Körner, die spezifisch leichter sind als die geschälten, wandern nach oben, während die geschälten, spezifisch schwereren Körner unten abfließen. Die Maschine hat ein Vorgelege mit kegeligen Riemenscheiben, damit man die Drehzahlen der Maschine leicht den verschiedenen Reisarten anpassen kann.

Die die Ausleser verlassenden ungeschälten Körner werden dem Becherwerk *b* zugeführt, das sie wieder auf den Schälgang bringt. Die geschälten Körner werden von dem Becherwerk *l* zu dem ersten Schleifgang *m* geför-

¹⁾ Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 2 S. 43.

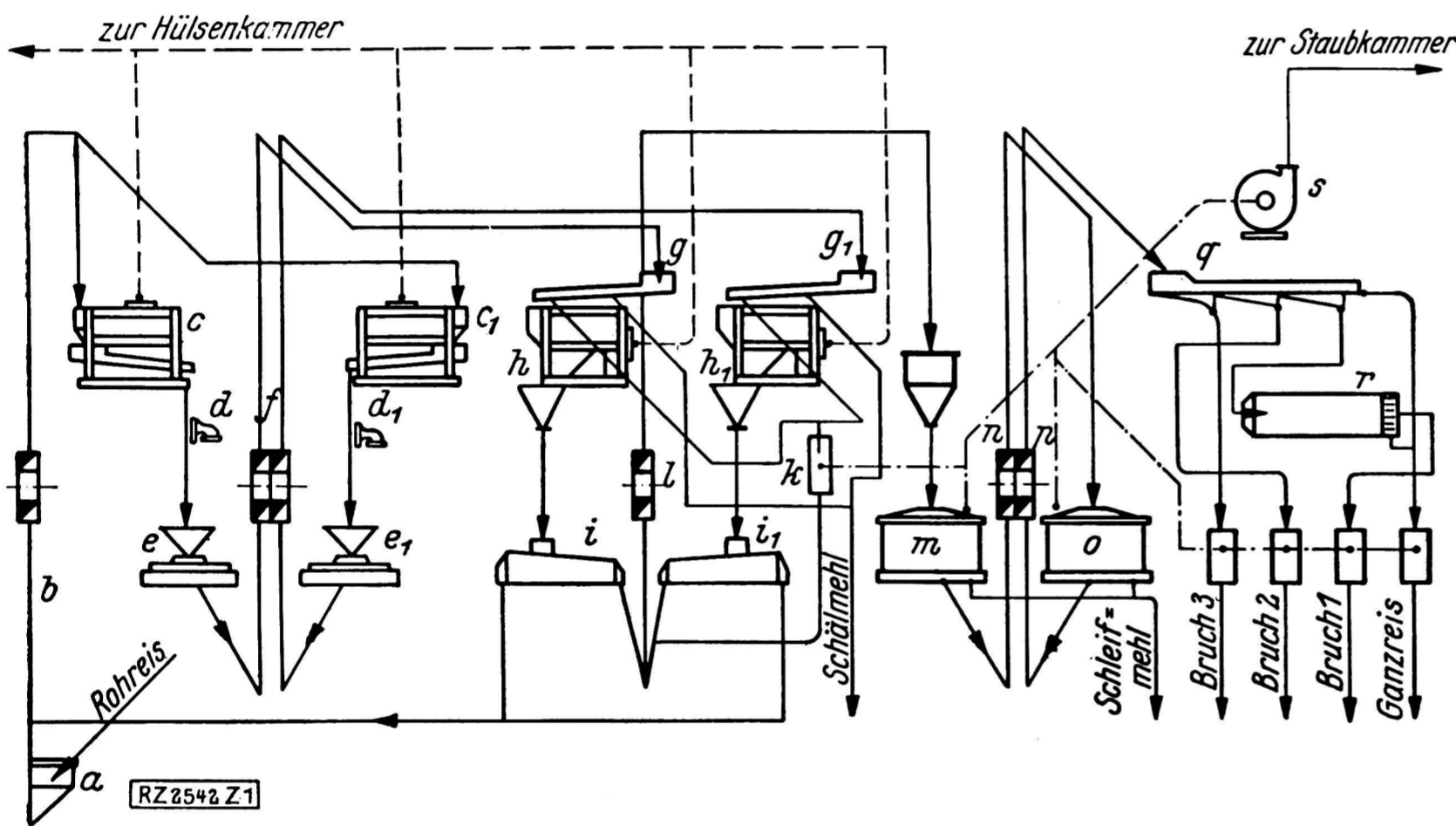


Abb. 8
Arbeitsplan einer selbsttätig arbeitenden Reismühle.

Zu Abb. 8 und 9:

- a* Einschüttrichter
- b, l* einfache Becherwerke
- c, c*₁ Vorreiniger (Aspirateur)
- d, d*₁ Überlaufmagnete
- e, e*₁ Unterläuferschälgang
- f, n, p* Doppelte Becherwerke
- g, g*₁ Flachsiebe
- h, h*₁ Windsichter (Hülseseparator)
- i, i*₁ Paddyausleser
- k* Putzkasten
- m* Erster Schleifgang
- o* Zweiter Schleifgang
- q* Plansieb
- r* Trommelausleser (Trieur)
- s* Sauglüfter

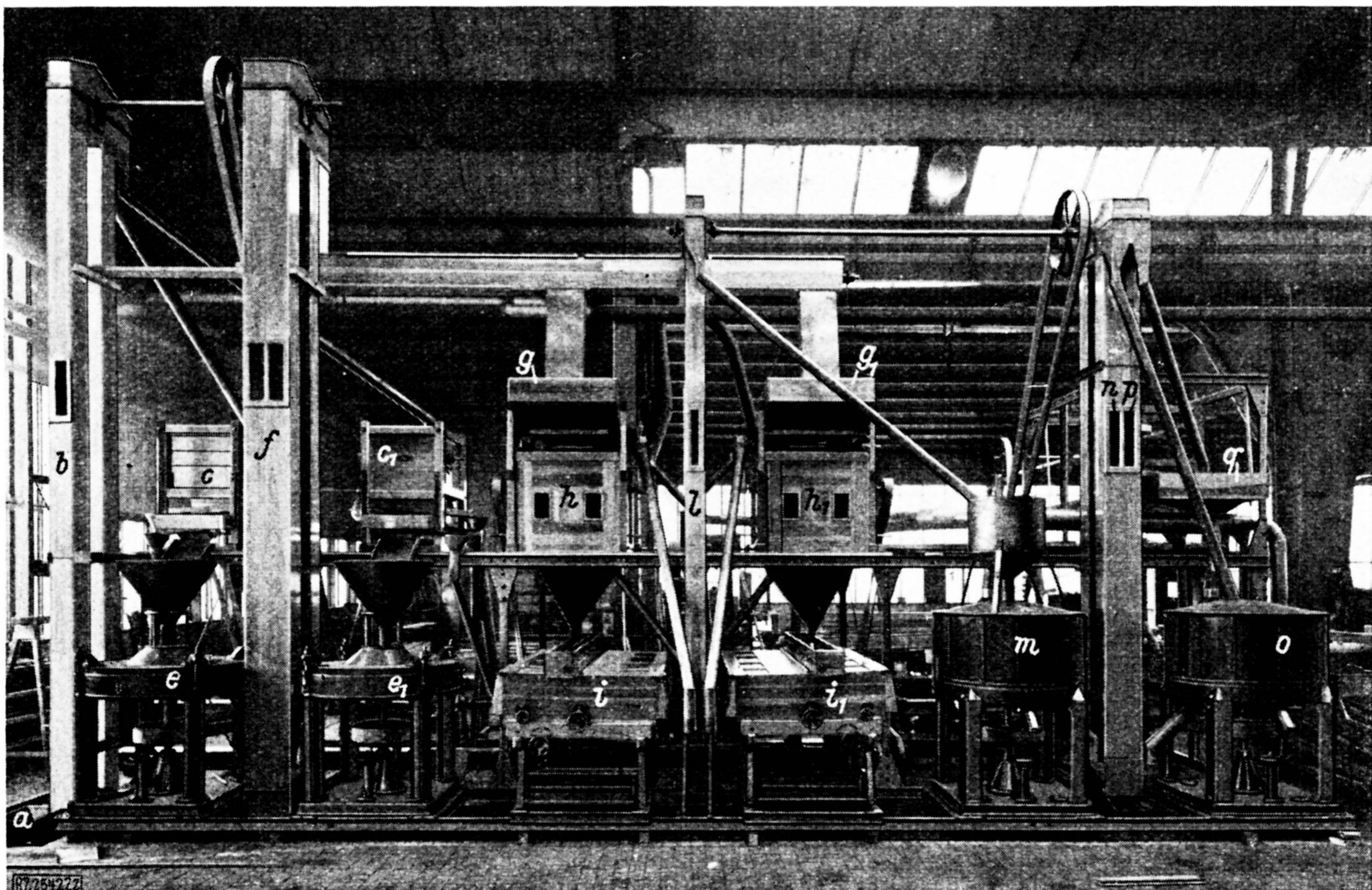


Abb. 9

Selbsttätig arbeitende Reismühle für Birma, gebaut von der Firma „Miag“ Mühlenbau- und Industrie-A.-G., Braunschweig.

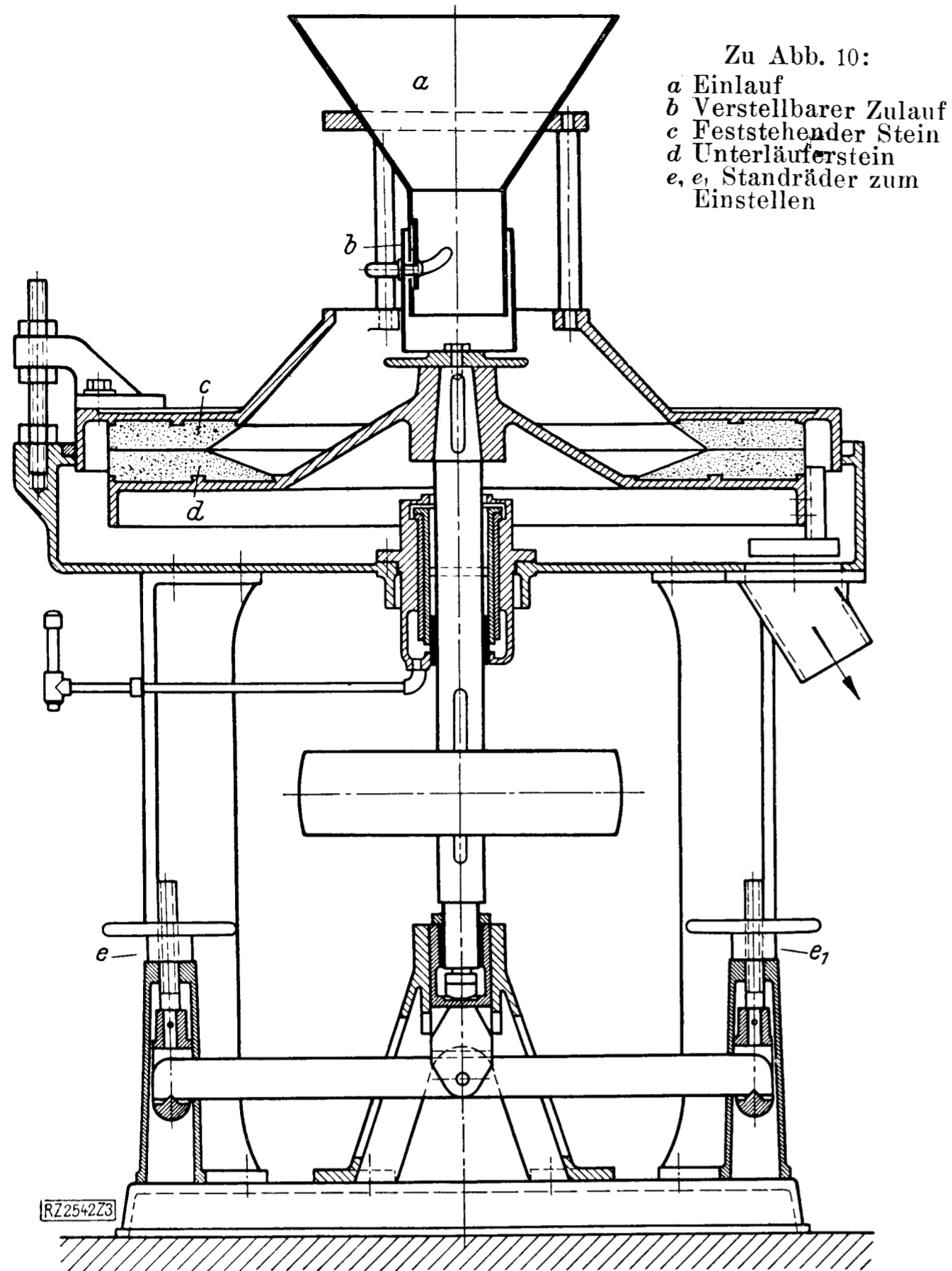


Abb. 10
Unterläuferschälgang.

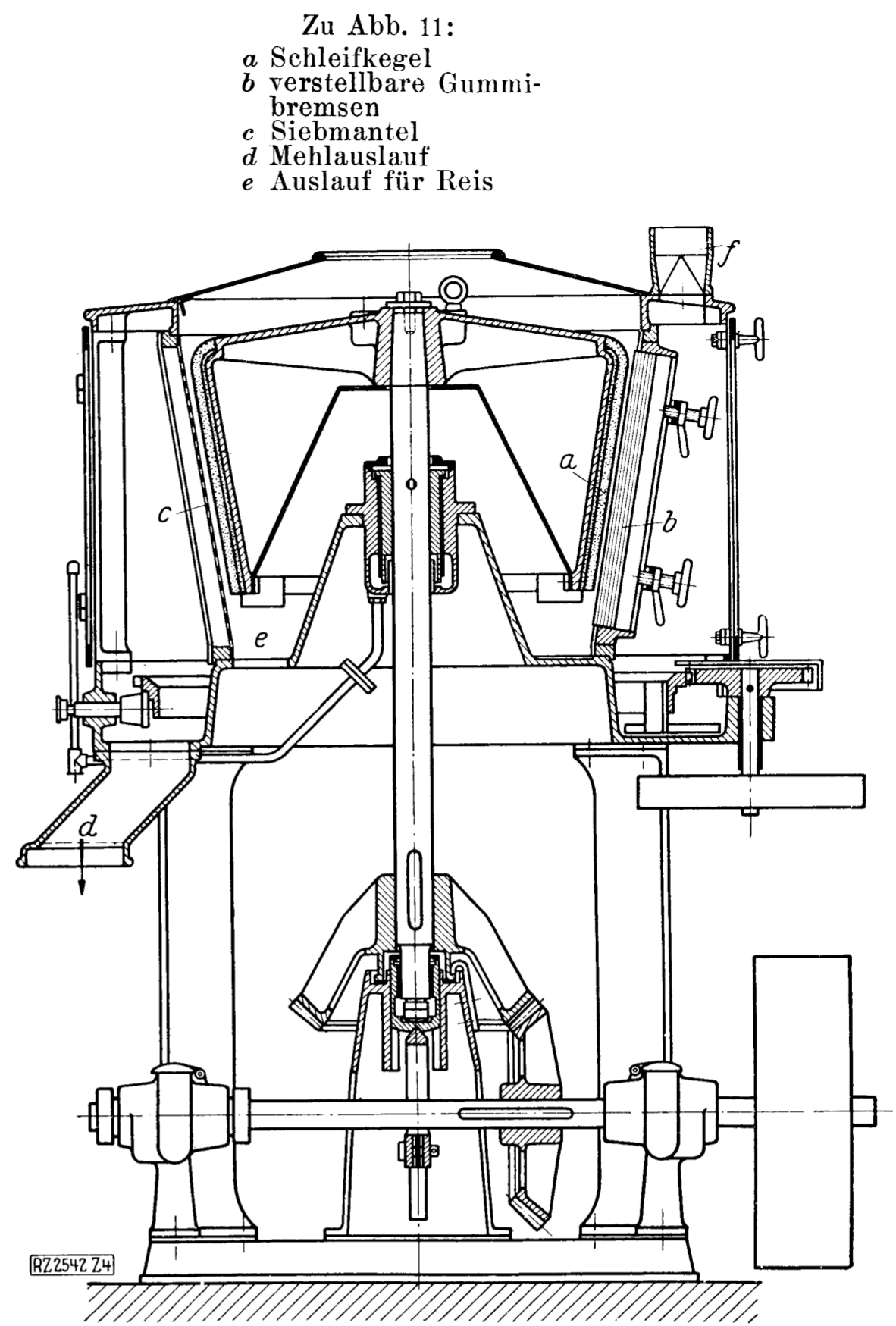


Abb. 11
Schleifgang.

dert. Dieser, Abb. 11, gibt dem geschälten Reis, der noch von einer grauen, fettigen Haut umgeben ist, ein besseres Aussehen.

Der Schleifgang besteht aus einem mit einer Steinmasse belegten Schleifkegel *a*, der in einem mit verstellbaren Gummibremsen *b* versehenen Siebmantel *c* umläuft. Der Reis wird zwischen dem Kegel und dem Drahtgewebe geschliffen. Die Gummibremsen stauen den Reis, wenden ihn, so daß er allseitig geschliffen wird, verringern die Bruchbildung und verhindern, daß der zu schleifende Reis die Umlaufgeschwindigkeit des Kegels annimmt und die Schleifwirkung dadurch aufgehoben wird.

Das Schleifmehl tritt durch den Drahtmantel aus, verläßt die Maschine bei *d* und wird abgesackt. Der geschliffene Reis fällt bei *e* heraus. Je nach der gewünschten Ware kann der Schleifvorgang wiederholt werden. Ferner kann man den Reis noch durch eine Poliermaschine gehen lassen. Im allgemeinen schleift man zwei- bis dreimal. Bei der Anlage nach Abb. 8 und 9 ist noch ein zweiter Schleifvorgang *o* vorhanden, dem der Reis vom ersten Schleifgang *m* mit dem Becherwerk *n* zugeführt wird.

Nach dem Schleifen wird der Weißreis durch ein Becherwerk *p* einem Plansieb *q* zugeführt, das die verschiedenen Bruchsorten vom Ganzreis trennt. Die zweite Sortierung enthält vielfach noch kleineren Ganzreis, weshalb man sie noch durch einen Trommelausleser (Trieur) *r* führt. Das dem Reis noch anhaftende Mehl wird durch einen Sauglüfter bei jeder einzelnen Sorte abgesogen.

Alle bei dem Arbeitsverfahren beteiligten Maschinen sind leicht zugänglich und übersichtlich in einem kräftigen Eisengestell eingebaut. Der Kraftbedarf einer Reismühle für 1000 kg/h Rohreis beträgt 20 bis 25 PS. Von dieser Stundenleistung an aufwärts ist Dampfkraft am wirtschaftlichsten, da die beim Schälen anfallenden Hülsen für das Heizen des Kessels genügen. Von 1000 kg Rohreis erhält man rd. 220 kg Hülsen, die einen mittleren Heizwert von rd. 3000 kcal/kg haben. Diese vollkommen selbsttätig arbeitenden Mühlen werden von der „Miag“, Mühlenbau- und Industrie-A.-G. in Braunschweig für Leistungen von 300 kg/h bis 4000 kg/h gebaut. [M 2542]

Berlin

Schwenninger

Maschinenteile

Schnellschlußventil mit freiem Durchgang

Von einschneidender Bedeutung für die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit in Dampfbetrieben ist die richtige Wahl der Absperrorgane. Im folgenden sei ein neues Heißdampfventil für hohen Druck von *Karnath*, das die Fa. Dingler, A.-G., Zweibrücken, baut, beschrieben¹⁾.

Die Abdichtung wird durch eine elastische Platte *h*, Abb. 12 bis 14, die sich unter dem auf ihr lastenden Dampfdruck den ungleichförmigen Dehnungen des Ventilgehäuses anpaßt, bewirkt. Auf der Spindel sind drei Kurvenscheiben aus Chromnickelstahl befestigt. Um die obere und die untere Kurvenscheibe, *f* und *g*, ist je ein Abhebebügel, *k* und *l*, geführt, der an der Platte festsetzt. Durch Drehen des seitlichen Handrades wird die Spindel *i* mittels Schneckenradübersetzung bewegt. Der untere Abhebebügel lüftet nun infolge seiner besonderen Ausbildung die Platte zuerst von ihrem Sitz. Nachdem sie um mehr als die Hälfte abgehoben ist, greift der obere Abhebenocken ein. Dadurch wird die Platte langsam von ihrem Sitz gewissermaßen abgerollt. Der Anpreßnocken *e* schwenkt dann die abgehobene Platte um 90°. Beim Schließen wird das Ventil durch den Winkelhebel *n*, Abb. 14, zurückgedreht. Die Kurvenscheibe *m* übt auf den Gleitkopf *o* des Winkelhebels *n* einen Druck aus. Der Hebel wird dadurch zwangsläufig bewegt und schwenkt die Platte wieder in ihre Ausgangstellung, Abb. 12, zurück. Muß man das Ventil rasch schließen, so kann man mittels des Schalthebels *c* die Schnecke *b* ausschalten. Eine einzige Umdrehung des an der Spindel sitzenden Handrades *d* schließt das Ventil vollkommen ab. Da der Dampfdruck den Schließvorgang unterstützt, läßt sich das Handrad leicht bedienen.

Das Ventil bedarf auch bei hohem Druck keiner Druckausgleichsvorrichtung. In der Dampfströmung stehen lediglich Spindel und Nocken. Bei dem erweiterten Querschnitt behindern diese die freie Dampfströmung nicht in nennenswerter Weise, so daß dieses Ventil praktisch einen freien Durchgang hat und infolgedessen keinen größeren Spannungsverlust verursacht, als ein Schieber gleicher lichter Weite²⁾. In Abb. 15 sind die den einzelnen Ventildurch-

¹⁾ Z. Bd. 70 (1926) Nr. 38 S. 1261.

²⁾ Vergl. „Glückauf“ Bd. 52 (1916) Nr. 47 S. 997.

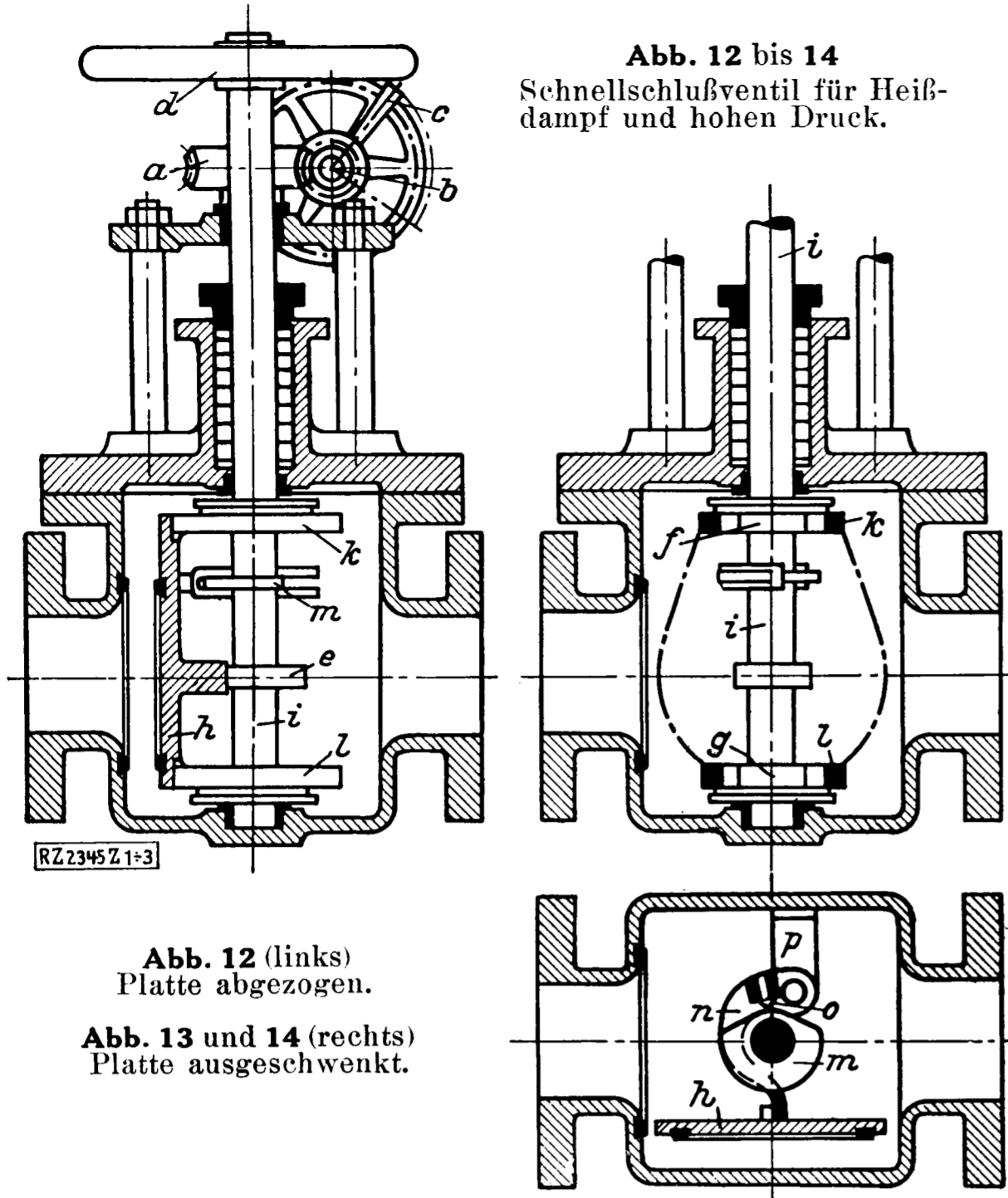


Abb. 12 bis 14
Schnellschlußventil für Heißdampf und hohen Druck.

Abb. 12 (links)
Platte abgezogen.
Abb. 13 und 14 (rechts)
Platte ausgeschwenkt.

- Zu Abb. 12 bis 14:
- a Schneckenrad
 - b Schnecke
 - c Ausklinkhebel für Schnecke
 - d Schnellschluß-Handrad
 - e Anpreßnocken
 - f oberer Abhebenocken
 - g unterer Abhebenocken
 - h Ventilplatte
 - i Ventilspindel
 - k oberer Abhebebügel
 - l unterer Abhebebügel
 - m Kurvenscheibe für Rückdrehvorrichtung
 - n Rückdrehhebel
 - o Gleitkopf
 - p Haltearm für Rückdrehvorrichtung

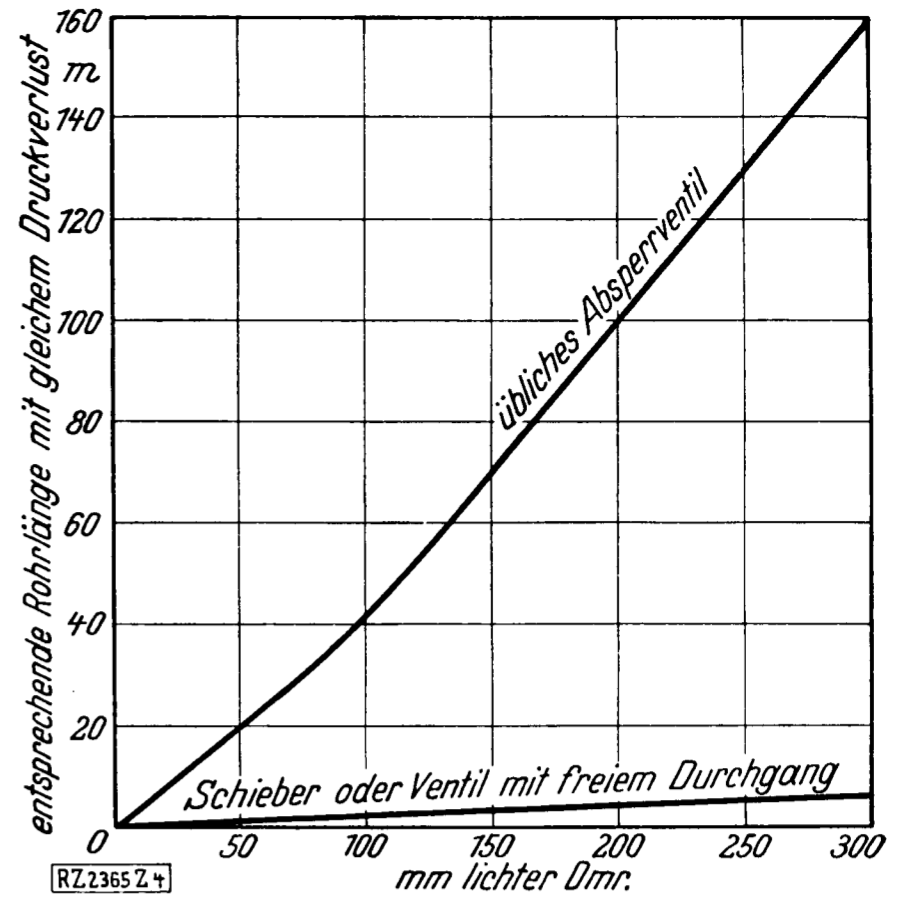


Abb. 15
Druckverluste für Schieber und Normalventile, ausgedrückt durch entsprechende Rohrlängen.

messern in bezug auf ihren Strömungswiderstand entsprechenden geraden Rohrlängen mit gleichem Druckabfall für mittlere Dampfgeschwindigkeiten aufgezeichnet. Für größere Rohrdurchmesser kommen demnach nur noch Schieber oder Ventile mit freiem Durchgang in Frage.

Bei bestehenden Rohrleitungen, die zu großen Druckunterschied aufweisen, kann man diesen durch Einbau von Ventilen mit geringem Strömungswiderstand wesentlich vermindern. Durch die Möglichkeit, bei gleichem Druckverlust kleinere Leitungsdurchmesser als bisher zu nehmen, kann man auch den thermischen Wirkungsgrad verbessern, außerdem verringern sich die Kosten für den Wärmeschutz der Rohre. [M 2345]

Zweibrücken

Dipl.-Ing. H. Bund

Anstrichtechnik

Farbspritzen mit 0,05 at Überdruck

Man unterscheidet heute unmittelbare Zerstäubung, mittelbare Zerstäubung und Umlaufzerstäubung. Die unmittelbare Zerstäubung, Abb. 16, benutzt man bei den Baum- und Pflanzenspritzen. Der zu verspritzende Stoff wird unter hohem Druck, rd. 2 bis 4 at, durch die Düse gepreßt. Der Spritzstoff befindet sich in einem Kessel und wird mittels einer Handpumpe unter Druck gesetzt. Man kann nur leichtflüssige Stoffe zerstäuben.

Die mittelbare Zerstäubung, Abb. 17, mit Drücken von 2 bis 8 at ermöglicht feinste Vernebelung so ziemlich jeden Farbstoffes. Den erzeugten Spritzstrahl kann man aber nicht geschlossen halten, sondern am Rande irrt der Spritzstoff sehr ab. Es bilden sich Farbnebel, die man mittels Vorrichtungen absaugen muß, damit der Arbeiter ungefährdet seine Spritzarbeits verrichten kann. Zur Erzeugung des hohen Druckes braucht man verhältnismäßig schwere Maschinen. Fahrbare Anlagen dieser Art kann man noch nicht als leicht beweglich bezeichnen. Beim weiteren Ausbau darf man nicht allein die Handlichkeit in Betracht ziehen, sondern muß das Hauptaugenmerk auf die sehr schwierige Beseitigung der Farbnebelbildung richten.

Da bei der mittelbaren Zerstäubung eine brauchbare feine Vernebelung nur durch den hohen Druck möglich wird, dürfte die Beseitigung der Farbstaubbelastung große

Abb. 16
Unmittelbare Zerstäubung.

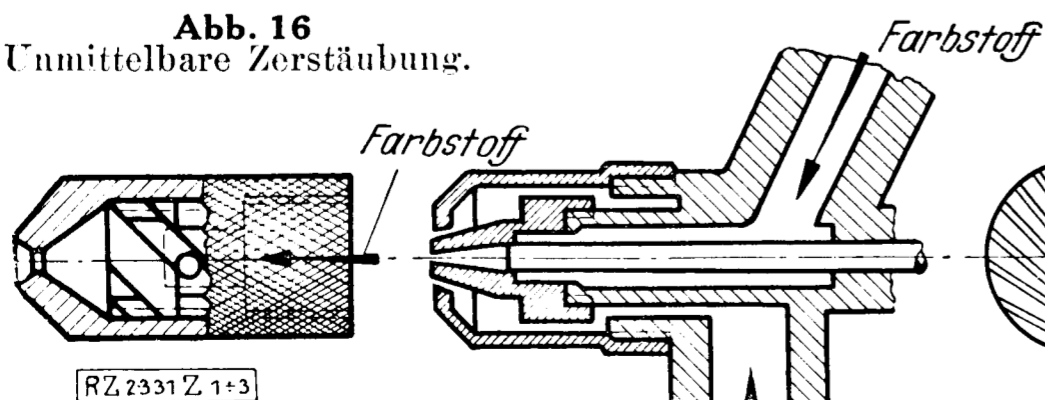


Abb. 17 (rechts)
Mittelbare Zerstäubung.

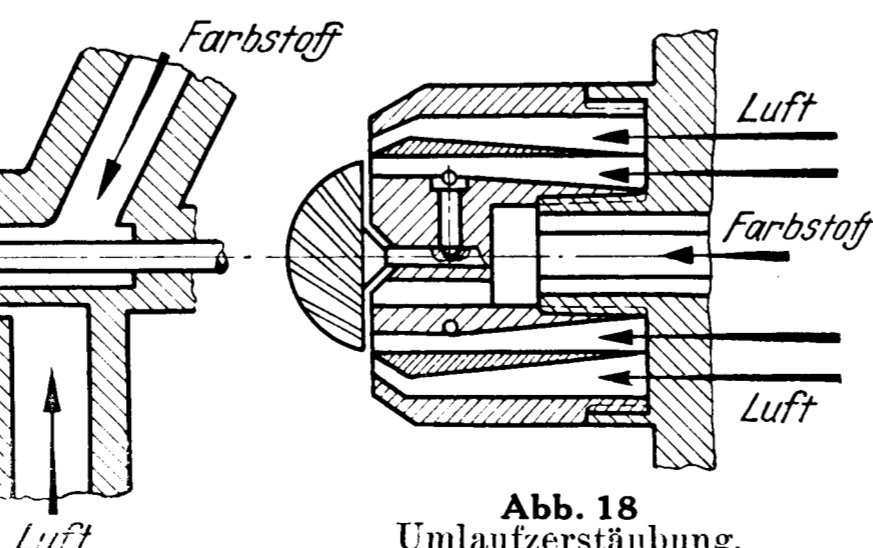


Abb. 18
Umlaufzerstäubung.

Schwierigkeiten bereiten. Es sind in letzter Zeit auch „Niederdruck-Spritzanlagen“ auf den Markt gekommen, die keine oder nur geringe Farbstaubbelastung zeigen. Bei diesen Anlagen wurde die Nebelbildung nur auf Kosten der Zerstäubung vermindert, so daß die Brauchbarkeit in vielen Fällen in Frage gestellt ist.

Einen völlig neuartigen Weg stellt die Umlaufzerstäubung dar, Abb. 18. Der Spritzstoff wird hier infolge Umlaufens des Zerstäubers vernebelt. Bei dieser Ausführungsform wird ein mit Flügeln versehener, im Luftstrahl liegender, drehbar angeordneter Körper in möglichst schnelle Drehung versetzt. In diesen umlaufenden Körper tritt aus zweckentsprechend geformten Düsen Spritzstoff, der beinahe senkrecht zur Achse, also fast parallel zur Arbeitsfläche, abgestoßen wird. Um nun das so zerstäubte Spritzgut auf die Fläche auftragen zu können, muß man es am seitlichen Abfliegen verhindern. Dies erreicht man durch eine bestimmte Luftstrahlführung. Der Luftstrahl muß in zwei Teile geteilt werden, und zwar einen inneren und einen äußeren. Der innere Luftstrahl dient zum Antrieb des Zerstäubers, der äußere gibt zusammenfassend und mantelbildend die Spritzrichtung. Der um den Spritzstoff herumgelegte Luftmantel ist von höchster Wichtigkeit, da er die Nebelbildung vollkommen beseitigt. Zur Betätigung einer derartigen Spritzeinrichtung genügt die Verwendung eines Elektrogebläses für 0,05 at Überdruck. [M 2331]

Berlin-Charlottenburg

A. Funk

Schiffs- und Seewesen

Wirtschaftlichkeit neuerer Schiffsdampfanlagen

Die Verbesserungen in bezug auf den Brennstoffverbrauch bei neuen großen Schiffen zeigt ein Vortrag von J. Johnson in der diesjährigen Hauptversammlung der Institution of Naval Architects. Wertvoll war vor allem der Vergleich der Ergebnisse der älteren Schiffe mit denen der neuen „Duchess“-Klasse, bei denen Dampfturbinen für 24 at Anfangsdruck und Kessel mit Ölfeuerung angewendet worden sind. Im Gesamtergebnis hat die „Duchess of Bedford“ mit 20 000 B.-R.-T. eine Reise von Liverpool nach New York und zurück bei 17,8 Kn Geschwindigkeit mit einem Brennstoffverbrauch von 1443 t einschließlich Hafenverbrauch gemacht, während die 1922 gebaute „Montclare“ von 16 300 B.-R.-T. mit Getriebeturbinen für niedrigen Druck unter ähnlichen Wetterverhältnissen bei 16,35 Kn Geschwindigkeit 2182 t verbrauchte. Der Brennstoffverbrauch des neuen Schiffes war also um 34 vH geringer, obschon es etwas größer und etwas schneller ist. Die Haupt- und Hilfsmaschinen verbrauchten, bezogen auf die Wellenleistung, 0,283 gegen 0,444 kg/PSh, also 36 vH weniger. Für die Hauptmaschinen allein wurden als Verbrauch 0,258 gegen 0,394 kg/PSh, also eine Ersparnis von 34 vH ermittelt. Allerdings ist der Unterschied nicht der Anwendung von höherem Dampfdruck allein zuzuschreiben; denn die „Empress of Australia“, der frühere deutsche Dampfer „Tirpitz“, verbrauchte nach Einbau einer neuen Maschinenanlage für niedrigen Druck (verbesserte Getriebeturbinen) schon 1926 auch nur 0,322 kg/PSh Heizöl, so daß der Verbrauch der „Duchess of Bedford“ nur eine Verbesserung um 12 vH bedeutet. („The Motorship“ April 1929 S. 22/23.) [N 2858]

C.

Kleine Mitteilungen

Neuartige Drehrost- und Schrägrostfeuerungen für Dampfkessel

Schon vor sechs Jahren führte die Firma Atkinson, Glasgow, die ersten Versuche mit neuen Feuerungen für geringwertige Kohlen und sonstige Abfallbrennstoffe aus. Eine Drehrostfeuerung nach Art der Drehöfen wird bei Flammrohrkesseln, eine Schrägrostfeuerung bei Wasserrohrkesseln benutzt. Bei beiden Feuerungen wird der Brennstoff während der Verbrennung in dauernde Schüttelbewegung versetzt.

Die geneigten Drehroste haben 4 bis 5 m Länge und rd. 1 m Innendurchmesser und laufen mit rd. 0,3 U/min um. Die Stahltrommeln werden mit feuerfestem Stoff und mit luft- oder wassergekühlten Roststäben aus Gußeisen ausgekleidet. Der Brennstoff wird selbsttätig mittels Schnecke, Vorschubkolben oder Wurfvorrichtung zugeführt. Die Verbrennungsluft tritt am Umfang der Trommel durch Düsen ein. Bei Rostbelastungen bis zu 733 kg/m²h beträgt der Gesamtwirkungsgrad 70 bis 80 vH, dabei ist die Kesselleistung bis um 50 vH höher als bei üblichen guten Handfeuerungen. Kohlenstaub mit 45 vH Brennbarem wird mit gutem Erfolg verfeuert. Ebenso eignet sich die Feuerung für Grubenabfallkohlen mit 30 vH Asche und 30 vH Feuchtigkeit und einem Heizwert von 3140 kcal/kg, wobei eine 4,5- bis 5fache Verdampfung, entsprechend einer Dampfleistung von 4 bis 7 t/h, erreicht wird. Für Bedienung ist ein Mann für 4 bis 5 Kessel einschließlich Antrieb und Entaschung erforderlich.

Ähnliche Ergebnisse hat man mit dem aus Kettengliedern bestehenden muldenförmigen Schrägrost mit unterteilter Luftzufuhr erzielt. Holzspäne wurden unter einem Stirling-Kessel verfeuert bei 2,5- bis 3facher Verdampfung und bis zu 8 t/h Dampfleistung. („Engineering“ 8. März 1929 S. 312*, 5. April 1929 S. 426*, 19. April 1929 S. 501*)

[N 2950 a]

Kr.

Erfahrungen mit großen Schiffsdieselmotoren

Am 9. April berichtete Dr.-Ing. Sass, Berlin, in einer Sitzung der Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland über die bisherigen Ergebnisse der drei doppeltwirkenden Zweitakt-Schiffsdieselmotoren, Bauart AEG-Hesselman, von je 5000 PS Nutzleistung, die in den Motorschiffen „Leverkusen“, „Duisburg“ und „Kulmerland“ der Hamburg-Amerika-Linie eingebaut sind. Die Bauart dieser Motoren, die sechs Zylinder von 700 mm Bohrung und 1200 mm Hub haben, ist aus der Veröffentlichung in Bd. 72 (1928) S. 1693 bekannt. Die Schiffe haben sich im Brennstoffverbrauch als sehr wirtschaftlich erwiesen, so daß ein weiteres Schiff nachbestellt worden ist.

Einige Schwierigkeiten, die an den Stopfbüchsen der Kolbenstangen auftraten, wurden durch den Einbau neuer Stopfbüchsen, Bauart Davy Robertson, Gotenburg, behoben. Eine wichtige Neuerung an den Motoren ist die Verwendung von schmiedeisernen Zylinderdeckeln, die aus einzelnen Teilen hergestellt sind und durch ein von Dir. Baßler, AEG-Berlin, angegebene Sonderverfahren so in dem elektrischen Ofen miteinander verbunden werden, daß ein praktisch einheitlicher Körper entsteht. Bei der Herstellung wird eine Glühtemperatur von 1200° erreicht. Hierdurch und durch langsames Abkühlen der Deckel wird ein spannungsfreies Werkstück erzielt. Ein derart hergestellter Deckel besteht im Gegensatz zu gußeisernen Zylinderdeckeln aus einem homogenen, fehlerfreien Werkstoff, der eine erheblich größere Betriebssicherheit und Lebensdauer gewährleistet. Mehrere derartige Deckel, die in der Werkstatt einem Probedruck von 75 at auf der Feuerseite und von 30 at auf der Wasserseite unterworfen wurden, befinden sich bereits seit längerer Zeit im Betrieb und haben sich sehr gut bewährt. Eine ausführliche Veröffentlichung über dieses Verfahren in dieser Zeitschrift ist in Aussicht genommen. („The Engineer“ 12. April 1929 S. 415)

[N 2950 b]

II.

Vierspindelautomat

Eine neuartige Werkzeugmaschine für die Bearbeitung von kleineren Preß-, Schmiede- oder Gußstücken aus Messing, Stahl u. a. baut die New Britain Machine Co., New Britain, Connecticut. Die Maschine hat vier Spindeln und fünf selbstspannende Zweibackenfutter. Bei jedem Wechsel der Futter ist ein Futter in Ruhe- oder Ladestellung. Drei Spindeln dienen zum Langdrehen, Bohren und Plandrehen, während die vierte Spindel zum Gewindeschneiden bestimmt ist. Die ersten drei Spindeln haben voneinander unabhängige Geschwindigkeiten, die in vier Stufen von 160 bis 1200 U/min regelbar sind. Den Vorschub kann man ebenfalls für jede Spindel unabhängig einstellen.

Die zum Gewindeschneiden bestimmte Spindel wird über eine Zahnkupplung angetrieben und ist zwischen 45 U/min und 700 U/min regelbar. Zum Schneiden von Linksgewinde muß man ein Zahnrad zwischenschalten. Die Zweibackenschneidköpfe werden mittels Druckluft gesteuert. Die Druckluft wird, falls in der Werkstatt keine Druckluftanlage vorhanden ist, mittels eines kleinen an der Maschine angebrachten Verdichters erzeugt. Erforderlichenfalls kann man die Schneidbacken auch mittels Drucköl steuern. („Engineering“ 19. April 1929 S. 499.) [N 2950 c] Schr.

Sandgefüllte Stützen für den Streckenausbau in Bergwerken

Für den Streckenausbau in Bergwerken verwendet man einen Werkstoff mit hoher Druckfestigkeit und genügender Querschnittfläche, der dem auf den Strecken lastenden Gebirgsdruck standhalten kann. Man kann aber auch den Stützen eine runde oder hohle Form geben und das Innere mit sandigen oder körnigen Stoffen ausfüllen. Zahlreiche in Süd-Afrika durchgeführte Versuche haben ergeben, daß mit Sand gefüllte eisenbewehrte Beton- oder Stahlrohrglieder größere Festigkeit aufweisen und weniger unsicher sind, als scheibenförmige eisenbewehrte Betonplatten. Werden die einzelnen Glieder über die Zugfestigkeit der Eiseneinlage hinaus beansprucht, so gehen sie zu Bruch. Vor dem Bruch der Eiseneinlage sind aber der eingefüllte Sand oder die körnigen Füllstoffe bereits so fest zusammengedrückt, daß ein plötzliches Niederbrechen der Glieder niemals vorkommt.

Infolge der zusammenschiebbaren Form der Glieder gibt eine solche Stütze infolge der gleichmäßigen Verteilung des Sanddruckes mehr nach als eine aus einem ungeteilten Rohr bestehende Stütze. Die Widerstandsfähigkeit der Stütze wird aber noch erheblich vergrößert, wenn man die Kanten der inneren Ringe abschrägt. Die günstigste Form der Eiseneinlage für eisenbewehrte Betonröhren oder Ringe ist eine an den Enden offene Drahtspirale, die bei dem auf ihr lastenden Druck nachgeben kann. Zusammenschiebbare Stahlrohrstützen von 300 mm Dmr., 5 mm Wanddicke und 900 mm Länge, die mit Sand gefüllt waren, hielten 360 t Belastung bei 137 mm Zusammendrückung aus. Aus fünf Teilen bestehende zusammenschiebbare Eisenbetonstützen, die mit Sand gefüllt sind, hielten 330 t aus. (Iron and Coal Trades Review 19. April 1929 S. 564.)

[N 2950 d]

Ste.

Die Wood-Leerlaufeinrichtung für Lokomotivzylinder

Die Great Southern-Eisenbahn Irlands will alle ihre Lokomotiven, die Kolbenschiebersteuerung haben, mit einer neuen Leerlaufeinrichtung versehen, deren Brauchbarkeit durch umfangreiche Versuche bewiesen ist. Die Einrichtung beseitigt den Unterdruck im Zylinder bei Leerlauf, vermeidet also das Ansaugen von Rauchgasen und bietet gleichzeitig ein Mittel, Kolben und Schieber auch in diesem Fall weiter unter Dampf zu schmieren.

Zu diesem Zweck führt ein Rohr von rd. 25 mm l. W. vom Wasserraum des Tenders oder vom Speisewasserrohr aus zum Hauptdampfrohr, und zwar auf der Zylinderseite, also hinter dem Regler, oder zur Satteldampfammer des Überhitzers. In das Rohr ist ein Rückschlagventil eingebaut, um bei Fahrt unter Dampf dessen Eintreten in den Wasserraum zu vermeiden. Bei Leerlauf hingegen saugt der Kolben durch das Rohr eine geringe Menge Wasser an, die auf ihrem Wege durch den Überhitzer in Dampf verwandelt wird. („The Locomotive“ 15. April 1929 S. 119*.) [N 2950 e] Ro.

Holland-Amerika-Dampfer „Statendam“

Am 11. April d. J. hat der vor kurzem fertiggestellte Schnelldampfer „Statendam“ der Holland-Amerika-Linie seine Jungferreise angetreten, die insofern von besonderer Bedeutung ist, als gerade vor 300 Jahren das erste holländische Schiff in New York eingetroffen ist. Der neue Dampfer stellt mit seiner Maschinenanlage einen weiteren Fortschritt in der Verwendung von Hochdruck-Dampfturbinen als Schiffsantrieb dar.

Die „Statendam“ hat 212 m Länge über alles, rd. 25 m Breite und 16,2 m Seitenhöhe. Sie ist bei 30 000 B.-R.-T. Raumgehalt für 1600 Fahrgäste und 600 Mann Besatzung eingerichtet. Die Maschinenanlage besteht aus zwei Parsons-Turbinensätzen mit einfacher Übersetzung von 20 000 PS. Die dreiflügeligen Schrauben arbeiten mit 125 U/min und verleihen dem Schiff eine Geschwindigkeit von 19 Kn. Dampf von rd. 30 at Druck wird in sechs Wasserrohrkesseln mit Ölfeuerung, Bauart Babcock & Wilcox, erzeugt. Den

für Licht- und Kraftzwecke erforderlichen elektrischen Strom liefern vier Dieseldynamos von je 400 kW. Schiffskörper und Maschinen wurden von Harland & Wolff, Belfast, gebaut; die Wilton's Engineering & Slipway Company, Rotterdam, hat das Schiff ausgerüstet und die Maschine eingebaut. („The Engineer“ 19. April 1929 S. 423.)
[N 2950 f] Bl.

Japanisches Fischmotorschiff

Auf der Werft der Mitsubishi Zosen Kaisha ist jetzt das erste japanische Motorschiff für den Fischereibetrieb fertiggestellt worden. Das Schiff, mit Namen „Kushiro

Maru“, hat 41 m Länge, 7,3 m Breite und 4,1 m Seitenhöhe bei einem Raumgehalt von 312 B.-R.-T. Die Fisch- und Eisräume, die sich über eine beträchtliche Länge des stählernen Schiffskörpers erstrecken, werden durch eine Kohlensäureanlage mit Motorantrieb gekühlt. Winden und Ankerspill werden elektrisch betrieben. Zum Antrieb des Schiffes dient ein von den Niigata Iron Works in Yokohama erbauter einfachwirkender Zweitakt-Dieselmotor von 750 PS. Die sechs Zylinder haben 350 mm Bohrung und 490 mm Kolbenhub. Die Dienstgeschwindigkeit des Schiffes beträgt 11½ Kn. („The Motorship“ April 1929 S. 39*)
[N 2950 g] Bl.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW7, Ingenieurhaus (Telegrammschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

H. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. 8. Aufl. Von *Heinrich Gröber*. Mit einem Abschnitt über Hygiene von *J. Bürgers*. Berlin 1928, Julius Springer. 319 S. m. 308 Abb., 26 Zahlentaf. und 10 Hilfstaf. Preis 36 RM.

Die Heizungs- und Lüftungsanlagen in den verschiedenen Gebäudearten. Von *M. Hottinger* und *W. v. Gonzenbach*. Berlin 1929, Julius Springer. 191 S. Preis 10 RM.

Fast gleichzeitig sind im gleichen Verlage zwei Bücher erschienen, die inhaltlich manches gemeinsam haben. Zunächst fällt rein äußerlich auf, daß bei beiden Werken der Verfasser des technischen Teiles sich mit einem Mediziner zur Bearbeitung der Fragen der Hygiene zusammenschlossen hat. Gerade diese Abschnitte bieten daher für den Ingenieur besonders Beachtenswertes. Der technische Teil ist in beiden Büchern wesentlich verschieden behandelt. Während bei *Rietschel* im großen und ganzen der alte bewährte Aufbau beibehalten ist, wonach die verschiedenen Heiz- und Lüftverfahren beschrieben und in einem zweiten umfangreichen Teil die Berechnungen enthalten sind, beschränkt *Hottinger* sich auf die Darstellung der für die einzelnen Gebäudearten angemessenen Heiz- und Lüftanlagen. Berechnungen sind in seinem Buch daher nicht enthalten.

Die Vorzüge der Darstellung von *Hottinger* sind darin zu sehen, daß der Leser für die verschiedenen Gebäudearten je nach Wunsch nur das durchzusehen braucht, was er im vorliegenden Fall braucht. Andererseits bedingt diese Art der Behandlung des Stoffes vielfache Verweisungen und mehrfache Wiederholungen. Störend sind für den norddeutschen Leser eine Reihe von schweizerischen Ausdrücken sowie Druck- und Interpunktionsfehler, die nicht zum vollen Genuß des sachlich wertvollen Inhaltes kommen lassen.

In der neuen Auflage von *Rietschel* sind wesentliche Verbesserungen gegenüber der vorhergehenden festzustellen. Sehr erfreulich sind der Abschnitt über das Schweißen der Rohre, eine Reihe von mustergültigen Abbildungen über Sicherheitsvorrichtungen bei Warmwasserheizungen, der Abschnitt über Abwärmeverwertung und Fernheizungen sowie die Behandlung der Unterdruckdampfheizung, die damit wohl zum ersten Mal rechnerisch erfaßt ist. Wertvoll ist ferner die Hand des Bearbeiters an den Stellen zu erkennen, an denen Fortlassungen gegen früher erfolgt oder neue Abschnitte hinzugekommen sind.

Natürlich fallen auch einzelne kleine Unstimmigkeiten auf; so fehlt auf S. 43 die zu Abb. 91 gehörende Zahlentafel, so sind überlappt geschweißte als Gasrohre bezeichnet. Die Hilfstafel VI müßte wohl in der Überschrift die Bezeichnung „Unterdruck-Dampfheizung“ aufweisen. Auch vermisste ich den Hinweis auf die Möglichkeit, bei Dampfheizungen durch Einbau sogenannter Patronen einzelne mit Wasser gefüllte Heizkörper anzubringen. Zusammenfassend kann jedoch nur festgestellt werden, daß beide Bücher als wertvolle Bereicherung des auf dem Gebiet vorhandenen Schrifttums anzusprechen sind.

[E 2584]

Dr.-Ing. *Fischer*

Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie. Von *J. S. Cammerer*. Berlin 1928, Julius Springer. 276 S. m. 94 Abb. Preis 21,50 RM.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, die wissenschaftlichen Erkenntnisse auf dem Gebiete des Wärme- und Kälteschutzes zusammenzufassen, sie durch einfache Rechenverfahren und Rechentafeln der Praxis bequem zugänglich zu machen und auf nicht ganz offen liegende Probleme aufmerksam zu machen und zu ihrer Lösung anzuleiten.

Zu diesem Zweck geht er im ersten, die Grundlagen der Isoliertechnik behandelnden Teil des Buches von den physikalischen Gesetzmäßigkeiten aus, die ohne viel Ableitung der Formeln aufgeführt und durch Zahlenbeispiele er-

läutert werden. Es folgt eine kurze, sehr gute Beschreibung der Isolierstoffe und ihrer Eigenschaften und dann eine ausführliche Zusammenstellung der Zahlenwerte aller wärmeschutztechnischen Größen. In dem Abschnitt über die Meßtechnik ist u. a. der *Schmidtsche* Wärmeflußmesser gründlich behandelt. Auch das Wichtigste über die Technik der Temperaturmessungen findet man hier gut dargestellt. Nur die Parallelschaltung von Thermoelementen zur Bestimmung von Mitteltemperaturen (Abb. 56) halte ich nicht für richtig.

Der zweite Teil des Buches umfaßt die Berechnungen und Anwendungen. Der Abschnitt „Wärmeverluste während des Betriebes“ bringt Tafeln für Einheitswärmeverluste, aus denen man die gesamten Verluste einfach und zweckmäßig durch Multiplikation mit einem „Temperaturfaktor“ und einem „Windfaktor“ erhält. Die folgenden Abschnitte befassen sich mit der Wärmespeicherung, der unterbrochenen Betriebsweise, mit der Bemessung von Anlagen unter betriebstechnischen Gesichtspunkten. Der Abschnitt „Bemessung von Wärme- und Kälteschutzmitteln nach der Wirtschaftlichkeit“ enthält Betrachtungen und Zahlentafeln über die wirtschaftlichste Isolierstärke. In dem letzten Abschnitt des Buches werden die Grundlagen der Vergebung von Aufträgen und der Lieferung ausführlich besprochen, in einem Anhang zahlreiche Tabellen, Diagramme und Literaturstellen gebracht.

Zusammenfassend muß man dankbar anerkennen, daß der Verfasser die Fülle seiner Kenntnisse und Erfahrungen auf dem Gebiet des Wärmeschutzes in so leicht faßlicher Weise der Praxis zur Verfügung gestellt hat.

[E 2675]

Max Jakob.

Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. Herausgeg. von *C. Geiger*. 2. Aufl. 3. Bd.: Schmelzen, Nacharbeiten und Nebenbetriebe. Berlin 1928, Julius Springer. 747 S. m. 967 Abb. Preis 68,50 RM.

Die Gießereifachleute haben den vorliegenden dritten Band des bereits gut eingeführten Handbuches schon längere Zeit erwartet. Die Verzögerung war aber nicht zuletzt auf die Umstellung und die Neuauflage der beiden ersten Bände zurückzuführen.

Band 3 umfaßt den Schmelzbetrieb der Eisen-, Stahl- und Tempergießerei, die Nachbehandlung und das Fertigmachen der Erzeugnisse, die Aufbereitung der Formstoffe und den Modellbau, ein Namen- und Sachverzeichnis bildet den Abschluß.

Es würde zu weit führen, allen Einzelheiten aus den von bewährten Fachleuten bearbeiteten Abschnitten gerecht zu werden und diese hier zu erörtern. So weit der Abschluß der Drucklegung es möglich machte, sind die wertvolleren Neuerungen aus den verschiedenen Fachgebieten, zum Teil eingehend behandelt worden. Dies betrifft insbesondere die Berichte über das Schmelzen im Tiegel-, Schacht-, Flamm-, Siemens-Martin- und Elektro-Ofen, in der Kleinbessemerie und in der Darstellung des Tempergußverfahrens. Leider zwang der begrenzte Umfang des Werkes die Mitarbeiter auch hier zu gewissen Einschränkungen in ihren Ausführungen, sonst hätte vielleicht mancher Abschnitt, wie z. B. der über hochwertiges Gußeisen, eine umfassendere Behandlung erfahren können. Ähnliche Beschränkungen wurden auch den Abschnitten 8: Putzerei, und 9: Behandlung der Gußoberflächen, zuteil. In fast allen Berichten hätten aber mehr oder weniger überflüssige Bilder zugunsten wichtiger Einzelheiten fortbleiben können. Einiges kann allerdings im nächstfolgenden Bande noch nachgeholt werden, in dem auch etwas über die Gießereinormen zu sagen wäre; trotzdem, auch in einem mehrbändigen Handbuch lassen sich leider nicht alle Wünsche in bezug auf die Einzelheiten der Berichte erfüllen.

Aber im großen ganzen bringt der vorliegende Band viel neue Anregungen, so daß auch der leitende Fachmann im Gießereibetrieb auf manche Fragen seines verantwortungsvollen Berufes Aufklärung finden wird.

Im übrigen ist der stattliche Band, wie die Vorgänger, in mustergültiger Weise aufgebaut, er bildet mit den andern Bänden eine Zierde der Fachbücherei des Gießereitechnikers und wird auch als Lehrbuch allen andern Interessenten willkommen sein. [E 2737] *Joh. Mehrrens*

Précis de Construction, Calcul et Essais des Avions et Hydravions. Von *J. Guillemin*. Paris 1929, Gauthier-Villars & Cie. 442 S. m. 583 Abb. Preis 100 Fr.

Der Verfasser, Chefingenieur der Firma Hanriot und Lehrer an der Ecole technique d'Aéronautique, übergibt mit seinem Werk der Öffentlichkeit ein Lehr- und Handbuch des Flugzeugbaues, geschrieben für die Unterweisung des Studierenden und die Unterstützung des Konstrukteurs in seiner Arbeit. Ungeklärte wissenschaftliche Fragen, Zukunftsaufgaben der Flugtechnik bleiben damit folgerichtig unbesprochen. Dafür werden mit vorbildlicher Klarheit und reichlicher Unterstützung durch Skizzen fast alle technischen Arbeiten und Überlegungen beim Bau eines Flugzeuges von der Aufstellung des Entwurfs, der Auswahl der Werkstoffe bis zu den Prüfungen vor dem Flug und der Auswertung der Flugergebnisse gezeigt.

Trotzdem sind die einzelnen Gebiete nicht ganz gleichmäßig behandelt. Am ausführlichsten sind die Abschnitte über die Festigkeitsberechnungen der Flugzeuge (abgesehen von der Knickbiegungsberechnung, die man vermißt) und über die Eigenschaften und Prüfung der Baustoffe. Dazu gehören eine Reihe von Normblättern und Rechentafeln. Dagegen wird die Stabilitätsberechnung auf eine Erklärung der Verfahren unter Verzicht auf Wiedergabe zahlenmäßiger Ergebnisse der Windkanal-Untersuchungen beschränkt. Die Vorberechnung der Flugleistungen fehlt auffallenderweise ganz. Die bauliche Gestaltung, und zwar aller Bauweisen und aller Teile, ist dafür umfassend geschildert.

[E 2752]

Karl Rühl

Vorlesungen über allgemeine Mechanik. Von *Alexander Brill*. München und Berlin 1928, R. Oldenbourg. 356 S. m. 165 Abb. Preis 20 RM.

Das Werk ist in zwei Teile gegliedert, die die Mechanik des materiellen Punktes und des starren Körpers behandeln, es beschränkt sich somit auf die Mechanik starrer Massen. Was der Verfasser mit seinem Werk beabsichtigt, sagt er im Vorwort: Erfahrungen des gewöhnlichen Lebens und Ergebnisse einfacher physikalischer Versuche sollen die elementaren Begriffe liefern. Erst nachdem an der Hand von Beispielen das Eindringen und gewissermaßen Einfühlen des Studierenden in den Stoff vorbereitet ist, werden durch Vergleichen von mathematisch konstruierten Bewegungen mit einfachen natürlichen die bekannten Grundsätze abgeleitet und endgültig formuliert. Im Einklang hiermit geht der Verfasser im ersten Teil von den verschiedenen Bewegungsarten des Punktes aus und gelangt so zu ihrer Ursache, der Kraft. Ein kurzer Abschnitt über Vektorrechnung bereitet auf die folgenden Abschnitte vor, die die Zentralkräfte, Massenanziehung, die unfreie und die Relativbewegung behandeln.

Der zweite Teil ist in entsprechender Weise aufgebaut; hier wird von der Geometrie der Bewegung des starren Körpers ausgegangen, es folgt die Zusammensetzung der Kräfte am Körper und sodann die Bewegung des Körpers

selbst. Das Werk ist nicht nur für den Ingenieur bestimmt, sondern dient der Sache selbst, die Schönheit der Mechanik findet im Aufbau und Inhalt einen lebendigen Ausdruck.

[E 2796]

W. S.

Die Fermente und ihre Wirkungen. Von *Carl Oppenheimer*. 5. Aufl. 3. Bd.: **Die Methodik der Fermente.** Herausgeg. von *Carl Oppenheimer* und *Ludwig Pincussen*. 5. Lfg. Leipzig 1929, Georg Thieme. 313 S. m. 57 Abb. Preis 28 RM.

Mit dem Erscheinen dieser Lieferung, die außer dem Schluß der bereits behandelten Abschnitte die Methodik der Fibrinfermente behandelt und den dritten Hauptteil, den Nachweis der Fermente in biologischen Objekten sowie die klinische Fermentmethodik enthält, liegt das großzügig angelegte, nahezu 100 Druckbogen umfassende Werk, dessen in dieser Zeitschrift an zwei Stellen¹⁾ gedacht wurde, nunmehr vollendet vor. Die weit überwiegende Mehrzahl seiner einzelnen Abschnitte ist von deutschen Forschern bearbeitet, deren besonderes Arbeitsgebiet innerhalb des Stoffgebietes des Buches gelegen ist. Dies legt zugleich ein beredtes Zeugnis für den regen Anteil ab, den deutsche Arbeit an der Erschließung dieses Gebietes der biochemischen Forschung nimmt, die, wie auch unlängst *P. Walden* in seinem Vortrag in der ersten allgemeinen Sitzung der 90. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg ausführte²⁾, das nächste Ziel der organisch-chemischen Synthese sein wird. [E 2580] *Böttger*

¹⁾ Vergl. Bd. 72 (1928) Nr. 46 S. 1691 und Bd. 73 (1929) Nr. 2 S. 71.

²⁾ Vergl. Zeitschr. „Die Naturwissenschaften“ Bd. 16 (1928) S. 845.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgeb. von *W. Wien* und *F. Harms*, unter Mitarbeit von *H. Lenz*. 9. Bd. 1. T.: **Hohe und tiefe Temperaturen.** Von *H. von Wartenberg*. **Gasverflüssigung.** Von *H. Lenz*. **Wärmeleitung.** Von *Osc. Knoblauch* und *H. Reiher*. **Wärmestrahlung.** Von *W. Wien* und *C. Müller*. Leipzig 1929, Akademische Verlagsgesellschaft. 484 S. m. 157 Abb. Preis 44,60 RM.

Deutsche Forschung. Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. 1. H.: Wiederabdruck aus dem 5. Bericht. 116 S. Preis 3,60 RM. 2. H.: Denkschriften über Gemeinschaftsarbeiten. 205 S. Preis 6,40 RM. 3. H.: Metallforschung. 122 S. m. 49 Abb. Preis 4,40 RM. 4. H.: Geophysik und Aerologie. 91 S. m. 15 Abb. und 2 Taf. Preis 3 RM. 5. H.: Völkerzusammenhänge und Ausgrabungen. 133 S. Preis 4,40 RM. 6. H.: Deutsche Volkskunde. 150 S. Preis 4,80 RM. Berlin 1928, Verlag der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. Für den Buchhandel durch *Karl Siegismund*.

Aufgaben aus der Fernmeldetechnik (Telegraphen-, Fernsprech- und Funktechnik) nebst Lösungen. Von *K. Buttler*. Lübeck 1929, Franz Westphal. 264 S. m. Abb. Preis 11,50 RM.

Einführung in die Telegraphentechnik. Von *Karl Patermann*. Lübeck 1929, Franz Westphal. 167 S. m. 226 Abb. Preis 5,20 RM.

Zeitstudie und Betriebsüberwachung im Arbeitsschaubild. Von *Walther Poppelreuter*. München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 86 S. m. 71 Abb. Preis 5 RM.

Lichttechnische Hefte der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. 2. H.: **Die Beleuchtung von Innenräumen durch Tageslicht.** Von *H. G. Frühling*. Berlin 1929, Union Deutsche Verlagsgesellschaft. 95 S. m. 34 Abb. Preis 4,80 RM.

Schluß des Textteiles

<i>I N H A L T :</i>		Seite
	Seite	
Deutsche Verkehrsflugzeuge. Von <i>E. Gossow</i> . . .	597	
Der Zerspanungsvorgang bei Kaltkreissägen . . .	604	
Aufgaben des Elektromaschinenbaues. Die neuen elektrotechnischen Institute der Technischen Hochschule Braunschweig. Von <i>F. Unger</i> . . .	605	
Brandgefahren durch Unterstellen von Kraftwagen in ungeeigneten Räumen . . .	609	
Fließarbeit in der Galvanotechnik. Von <i>J. W. Wolf</i> und <i>W. Michaelis</i> . . .	610	
Temperaturmessung durch Farbumschlag . . .	612	
Über Kokillenguß. Von <i>H. Obermüller</i> . . .	613	
Der indizierte Wirkungsgrad der kompressorlosen Dieselmachine. Von <i>F. Schmidt</i> . . .	617	
Die elektrische Leitfähigkeit von Kupfer, Aluminium und Eisen . . .	619	
Schnellaufender Dieselmotor, Bauart Ricardo . . .	620	
Rundschau: Neue elektrische Verschiebelokomotiven für Einphasen-Wechselstrom — Selbsttätig arbeitende Reismühlen — Schnellschlußventil mit freiem Durchgang — Farbspritzen mit 0,05 at Überdruck — Wirtschaftlichkeit neuerer Schiffsdampfanlagen — Kleine Mitteilungen . . .		621
Bücherschau: H. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. Von <i>H. Gröber</i> und <i>J. Bürgers</i> — Die Heizungs- und Lüftungsanlagen in den verschiedenen Gebäudarten. Von <i>M. Hottinger</i> und <i>W. v. Gonzenbach</i> — Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie. Von <i>J. S. Cammerer</i> — Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. Von <i>C. Geiger</i> — Précis de Construction, Calcul et Essais des Avions et Hydravions. Von <i>J. Guillemin</i> — Vorlesungen über allgemeine Mechanik. Von <i>A. Brill</i> — Die Methodik der Fermente. Von <i>C. Oppenheimer</i> und <i>L. Pincussen</i> — Eingänge . .		627