

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE



SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS



Bd. 76

SONNABEND, 26. MÄRZ 1932

Nr. 13

Deutsche Baumaschinen in Frankreich / Von Prof. Dr. G. GARBOTZ, Berlin

Nach einigen Bemerkungen über den Ausbau der Truyère-Wasserkräfte ist der Umfang der in Ausführung begriffenen Arbeiten angegeben. Anschließend sind die deutschen Lieferungen im einzelnen näher beschrieben, wobei im besonderen auf die von der Fried. Krupp-Grusonwerk A.-G. gelieferte Nachzerkleinerungs- und Sortieranlage zur Aufbereitung des Betons und die von der Firma Gauhe, Gockel & Cie. gelieferten Gießbrinnenanlagen für den Bau der Talsperre Sarrans näher eingegangen wird.

Vom Bau der Truyère-Wasserkraftanlagen

In dem bis zu 1860 m hohen Cantalgebirge entspringen mehrere in die Dordogne mündende Flüsse, die wegen ihres Wasserreichtums und der hohen, sich auf kurze Strecken in Form von zahlreichen Stromschnellen zusammendrängenden Gefälle schon verschiedentlich Anlaß boten, eine Ausnutzung ihrer Wasserkräfte ins Auge zu fassen. Hinzu kommt, daß die Einzugsgebiete nur spärlich bewaldet sind, so daß die wegen der Höhenlage der Gebiete an sich großen Niederschläge immer wieder Katastrophenhochwässer mit 1000 bis 2400 m³/s Wasserführung zur Folge gehabt haben.

Schon im Jahre 1919 wurde der erste Bauentwurf aufgestellt und auch mit dem Ausbau der Staustufe Brommat alsbald begonnen; eine Arbeit, die aber wegen finanzieller Schwierigkeiten mehrmals unterbrochen werden mußte, bis im Jahre 1927 die Gesellschaft zur Ausnutzung der Truyère-Wasserkräfte gegründet wurde,

die vom französischen Finanzministerium das Recht erhielt, beim Ausbau des Werkes im weitesten Maß auf Grund des Dawesplanes auf deutsche Reparationslieferungen zurückzugreifen.

Umfang des Ausbaues

Der zur Zeit in Ausführung begriffene, gegenüber dem ersten Entwurf wesentlich erweiterte Ausbau¹⁾ umfaßt folgende Anlagen, Abb. 1 und 2:

¹⁾ Vergl. Ch. Duval, Les usines hydroélectriques de Brommat et de Sarrans de la Société des Forces motrices de la Truyère, Rev. gén. Électr. Bd. 30 (1931) S. 997 u. 1027.

Zu Abb. 1.

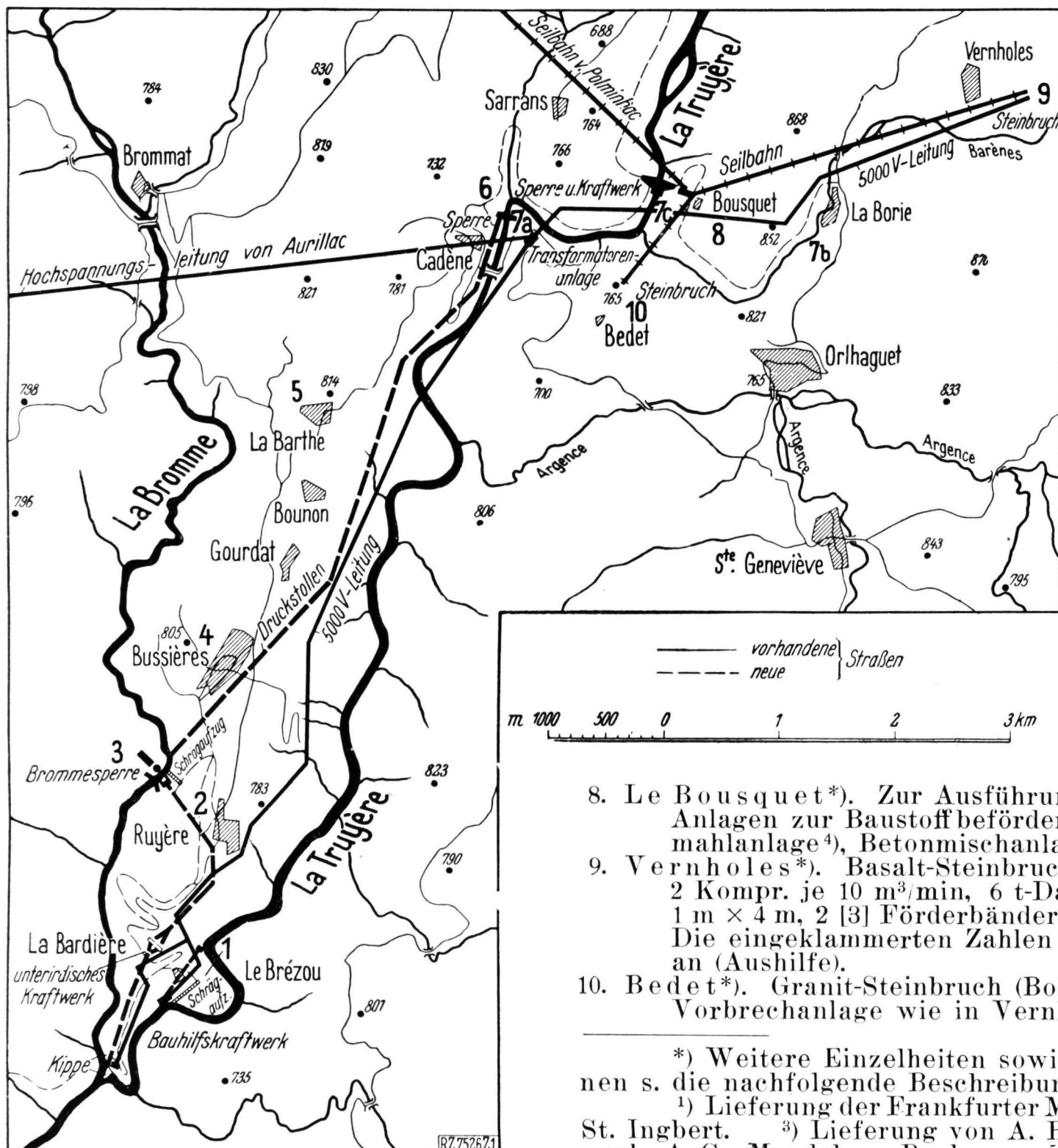
Die einzelnen Baustellenschwerpunkte mit den hauptsächlichsten dort aufgestellten Baumaschinen und -geräten:

1. Le Brézou (Hauptbüro der Bauleitung)
Zur Ausführung von Unterwasserstollen, unterirdischem Kraftwerk, Dienst- und Kabelstollen, Schalthaus und Umspannanlage, 2 Druckschächten, Druckstollen zur Bromme, Wasserschloß.
6 Kolbenkompressoren¹⁾ je 10 m³/min, 2 Kolbenkompressoren je 8 m³/min, Mischmaschinen, 2 Doppelaufzüge (600 l-Förderkübel), 1 Aufzug für 1,5 t Nutzlast, 1 Drahtseilbahn, 1 Sonderaufzug (12 t) für Druckrohrverlegung, 1 Bauaufzug für Personal, 2 Bühnen für Schweißarbeiten, 1 Sonderwerkstatt für die Druckrohre m. Prüfmaschine, 1 Stollenlader m. Druckluftantrieb, 1 Steinbrecher zur Sandgewinnung u. a.
2. Ruyère
3. Bromme-Sperre
Zur Ausführung der Brommesperre mit behelfsm. Wehr, der Druckstollen nach Cadène und Brézou.
2 Kompr. m. steh. Welle je 10 m³/min, 1 Kompr. m. lieg. Welle 5,5 m³/min, 1 Schrägaufzug (250 m lg., 5 t), 1 Kreiselbrecher, 1 Siebtrommel, 1 Walzenbrecher, 1 Becherwerk, 1 Betonmischmaschine²⁾ (750 l), 1 Gießturm mit Rinnen und Gegengewichtsflegeln u. a.
4. Bussières } (seit 1920 bestehend)
5. La Barthe }
Zur Ausführung des Druckstollens von Cadène zur Bromme, 5680 m lg., mit mehreren Fensterstollen.
2 Kompr. je 6 m³/min, 15 kg-Drucklufthammer, Lattenleitg., 1 Turbolüfter, 1 Druckluftstrahlpumpe f. 5 bis 10 m³/h, Torkreputzmaschine, Bohrerschmieden m. Schärfmaschine u. a.
6. La Cadène
Zur Ausführung des Druckstollens zur Bromme mit Einlaufbauwerk, Cadène-Wehr mit Fangdamm und Umlaufstollen.
2 Kompr. je 10 m³/min, 1 Schrägaufzug, 1 Pendelseilbahn, 1 Kreiselbrecher, 1 Siebtrommel, 1 Betonmischmaschine²⁾ (750 l), 1 Gießturm m. Rinnen u. Gegengewichtsflegeln u. a.
7. Sarrans
a) An der Cadène-Brücke, b) in La Borie, c) an der Sperre Sarrans.
Zur Ausführung von a) Zufahrtstraßen, Fangedämmen, Bauumlaufstollen, Kabelkranmontage, b) Barackenlager, c) Sperrfundamentausbau, Hochwasserumlaufstollen.
a) 2 Kompr. mit senkr. Welle je 10 m³/min, 2 km Druckluftlg., 1 Kabelkran³⁾ (5,5 t, 421 m Spannweite), 2 Betonmischmaschine. (750 u. 300 l) u. a. c) 2 Kompr. je 10 m³/min, 1 Kompr. 12 m³/min, 1 Schrägaufzug m. 3 t-Winde, 1 Derrick (28 m Ausl.) u. a.
8. Le Bousquet*). Zur Ausführung der Sperrmauer Sarrans mit Kraftwerk.
Anlagen zur Baustoffbeförderung³⁾, Nachzerkleinerungs- und Sortieranlage⁴⁾, Vorratslager, Feinmahlanlage⁴⁾, Betonmischanlage, Anlagen zur Zementbeförderung und Betoneinbringung⁵⁾.
9. Vernholes*). Basalt-Steinbruch (Massensprengung).
2 Kompr. je 10 m³/min, 6 t-Dampflokom., 2 [3] Backenbrecher⁴⁾ (75 t/h), 2 [3] Stangenroste⁴⁾ je 1 m × 4 m, 2 [3] Förderbänder (30 m) u. a.
Die eingeklammerten Zahlen [] geben die größte vorgesehene Zahl an Maschinen und Geräten an (Aushilfe).
10. Bedet*). Granit-Steinbruch (Bohrlochsprengung).
Vorberechanlage wie in Vernholes mit 1 Becherwerk statt der Förderbänder u. a.

*) Weitere Einzelheiten sowie nähere Angaben über die Größen und Leistungen der Maschinen s. die nachfolgende Beschreibung.

¹⁾ Lieferung der Frankfurter Maschinenbau-A.-G., Frankfurt a.M. ²⁾ Lieferung der Fa. O. Kaiser, St. Ingbert. ³⁾ Lieferung von A. Bleichert & Co., Leipzig. ⁴⁾ Lieferung von Fried. Krupp-Grusonwerk, A.-G., Magdeburg-Buckau. ⁵⁾ Lieferung der Fa. Gauhe, Gockel & Cie., Oberlahnstein/Rh.

Abb. 1. Lageplan der Gesamtbaustelle für den Ausbau der Truyère-Wasserkräfte im Massif du Centre.



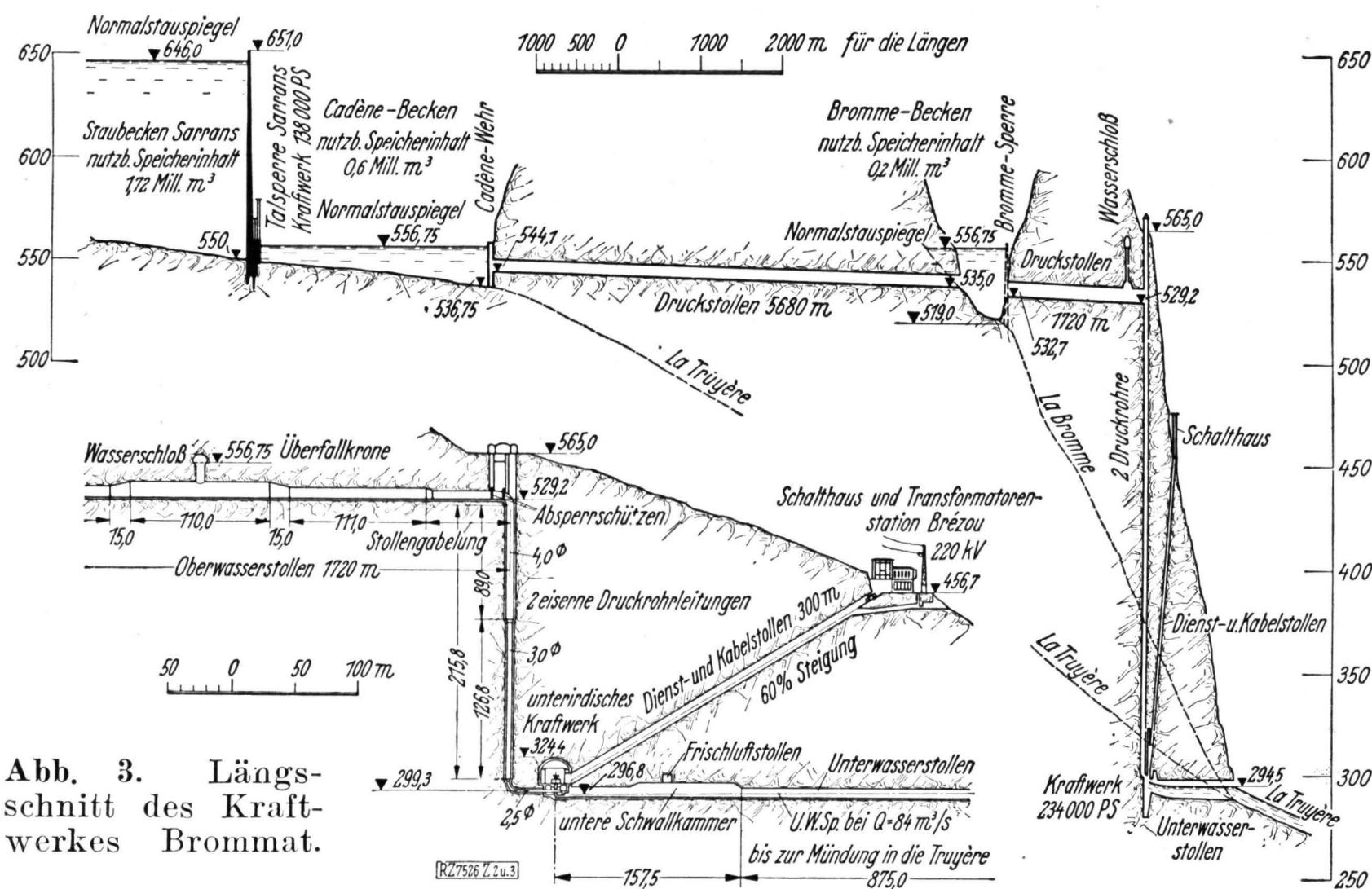


Abb. 2. Übersichtslängsschnitt der gesamten Anlage, Abb. 1.

Verhältniß des Höhen- zum Längenmaßstab 25:1.

Für die Ausnutzung des Gesamtrohrgefälles von 349 m bei 130 m³/s größter Nutzwassermenge sind vorgesehen: im Kraftwerk an der Sarraus-Sperre 3 Maschinensätze je 46 000 = 138 000 PS, im unterirdischen Kraftwerk bei Brézou 6 Maschinensätze je 39 000 = 234 000 PS, insgesamt also 372 000 PS.

Die Fertigstellung der Anlagen soll, nachdem die Arbeiten seit 1928 in größerem Umfange wieder aufgenommen worden sind, so beschleunigt werden, daß das Kraftwerk bei Brézou im Laufe des Jahres 1932, jenes bei Sarraus 1934 in Betrieb genommen werden kann. Diese Termine bedingen angesichts der unver-

meidlichen Winterunterbrechungen bei 700 m Höhenlage z. B. bei der Sarraus-Sperre für die Betonlieferung Tagesleistungen bis zu 1800 m³, für die täglich, bei zehnstündiger Arbeitszeit, bis zu 2000 m³ Zuschlagstoffe gebraucht werden.

Baustelleneinrichtung

Um derart bedeutende Leistungen in vier bzw. sechs Jahren ausführen zu können, ist eine recht umfangreiche Baustelleneinrichtung erforderlich gewesen. Diese weist hinsichtlich ihrer Aufteilung auf die zwischen den einzelnen Bauwerken liegenden Baustellenschwerpunkte mancherlei Ähnlichkeit mit jener für die Ausführung der 14 km langen Taurustunnelstrecke der Bagdadbahn zwischen Beledmedik und Hadjkiri auf, die 1914 bis 1918 Ph. Holzmann, A.-G., Frankfurt a. M., gebaut hat.

Über die Lage der einzelnen Baustellenschwerpunkte und ihre Ausstattung unterrichten Abb. 1 und die zugehörige Erläuterung, aus der auch der jeweilige Aufgabenbereich ersichtlich ist²⁾. Neben den hier aufgeführten Einrichtungen der Einzelbaustellen ist eine Reihe von gemeinsamen Anlagen erforderlich gewesen, als deren wichtigste ausreichende Zufahrtstraßen,

²⁾ Auf die Beschreibung der zum Teil sehr bemerkenswerten Bauarbeiten kann hier nicht eingegangen werden, vergl. a. Sci. et Ind. Bd. 15 (1931) S. 2, 59, 137, 175.

Abb. 3. Längsschnitt des Kraftwerkes Brommat.

1. Errichtung einer Schwergewichts-Sperremauer aus Gußbeton im Tale der Truyère bei Sarraus zur Schaffung eines Staubeckens mit 310 Mill. m³ Gesamt- und 172 Mill. m³ Nutzinhalt bei 96 m größter Stauhöhe, 101 m Sperrenhöhe über Talsohle, rd. 220 m Kronenlänge und 450 000 m³ Betonrauminhalt. Zwei Hochwasser-Umlaufstollen für zusammen maximal 2400 m³/s Wasserführung. Ein am Fuße der Sperre gelegenes Kraftwerk mit drei Maschinensätzen von je 46 000 PS (40 000 kVA, $\cos \varphi = 0,9$), Abb. 13.

2. Errichtung einer Sperrmauer aus Gußbeton mit aufgesetztem Segmentstauwehr im Tale der Truyère bei Cadène zur Schaffung eines Ausgleichbeckens mit 0,6 Mill. m³ Nutzinhalt bei 20 m größter Stauhöhe (Sperrmauerhöhe über Talsohle 14 m, Überfallkronenlänge 2×18 m) nebst Einlaufbauwerk des Druckstollens zum Brommettal mit Anschlußschütze.

3. Ausbruch eines 5680 m langen Verbindungsdruckstollens vom Cadènebecken zum Brommebecken bei Bussières, vornehmlich in Granitfels.

4. Errichtung einer Überfall-Bogensperre aus Gußbeton im Brommettal bei Bussières ($R =$ rd. 40 m) zur Schaffung eines Stau- und Ausgleichbeckens mit 0,2 Mill. m³ Nutzinhalt bei 40 m größter Stauhöhe (Sperrenhöhe über Talsohle 42 m, Kronenlänge rd. 79 m) nebst Einlaufbauwerk für den Druckstollen zum unterirdischen Kraftwerk bei Brézou.

5. Ausbruch eines 1720 m langen Oberwasser-Druckstollens vom Brommebecken zu den Druckrohren des unterirdischen Krafthauses bei Brézou mit Überfallwasserschloß.

6. Ausbruch und Einbau des unterirdischen Kraftwerkes bei Brézou mit sechs Maschinensätzen von je 39 000 PS (32 500 kVA, $\cos \varphi = 0,9$) zwei senkrechten Druckrohrleitungen, schrägem Dienst- und Kabelstollen, Schalthaus und Unterwasserstollen, Abb. 3.

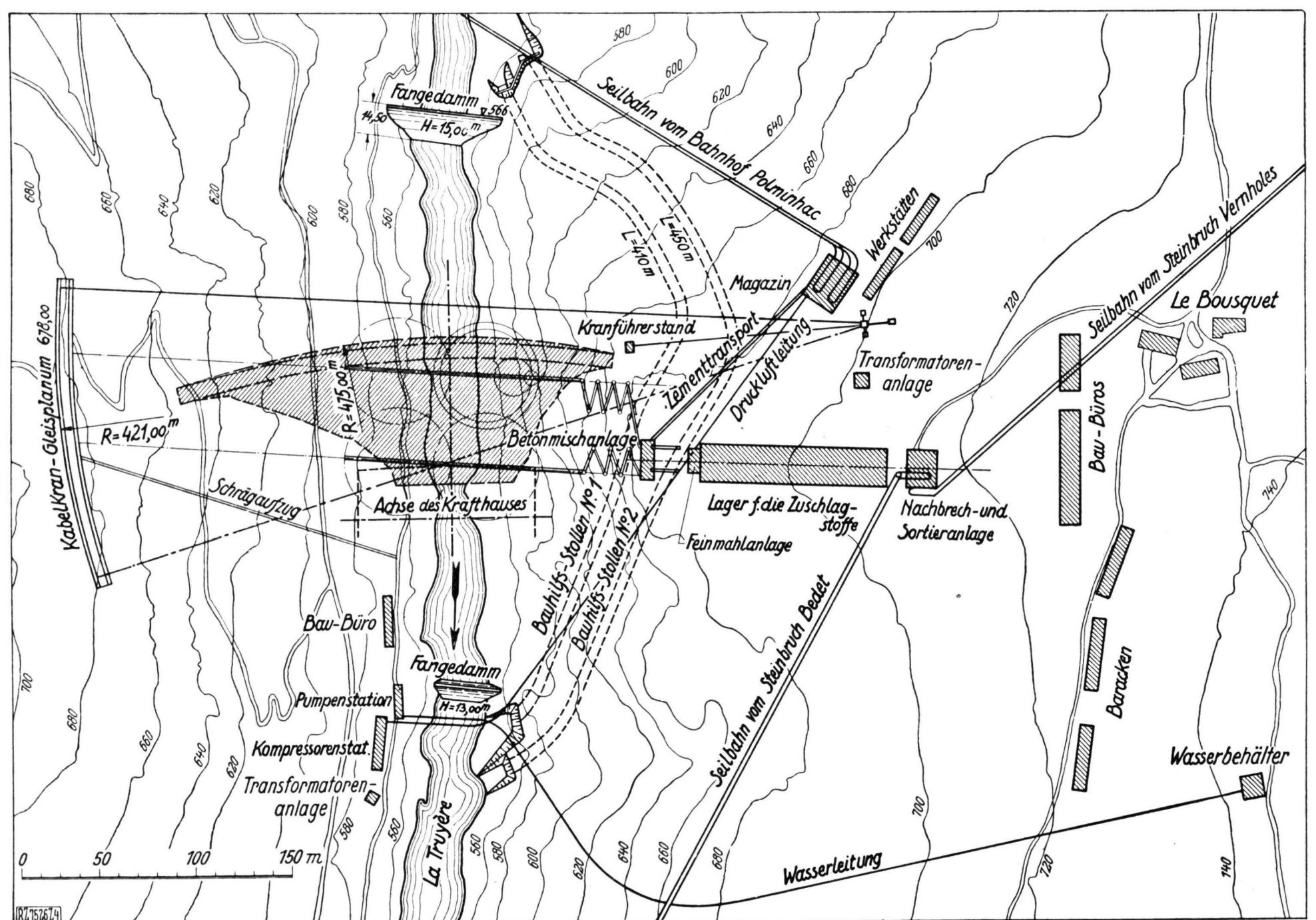


Abb. 4
Lageplan der Talsperre
Sarraus, Baustelle Le
Bousquet.

teils zu den zeitweiligen, teils zu den endgültigen Bauwerken genannt werden müssen, Abb. 1. Ergänzt wird dieses Straßennetz durch eine Zweiseilbahn von 25 t/h Leistung und mit geschlossenen Hängewagen von 350 kg Nutzinhalt, die geradewegs von dem in der Luftlinie nächstgelegenen Bahnhof Polminhac auf eine Länge von 20 km nach Le Bousquet führt. Ein Zementlager für 1000 t in Polminhac dient zum Ausgleich für die unregelmäßige Bahnzufuhr.

Zur Energieversorgung der Baustellen wurde gleich zu Beginn der Arbeiten eine vorläufige Wasserkraftanlage an der Truyère bei Brézou errichtet und bei 17 m Gefälle mit zwei Maschinensätzen von je 280 kVA ausgestattet, Abb. 1. Bei dem im Jahre 1927 vorgesehenen wesentlich erweiterten Ausbau (Sarrans-

sperre) genügte diese Anlage nicht mehr. Ein 350 PS-Dieselmotor wurde bei Cadène aufgestellt und schließlich eine an das Überlandnetz der Cèrewasserkkräfte angeschlossene 45 000 V-Freileitung von Aurillac nach Cadène gelegt, Abb. 1. Die Transformatorenanlage bei Cadène enthält fünf Transformatoren von je 500 kVA, die ihre Niederspannung sowohl bis Vernholes wie bis Brézou über eine alle Baustellen verbindende 5000 V-Freileitung abgeben, Abb. 1. Zur Verbesserung des Leistungsfaktors dienen zwei Phasenschieber, einer bei Cadène, einer an der Brommesperre. Weiterhin sind alle Baustellen durch eine Fernsprechleitung untereinander verbunden. Ein zentral gelegenes Laboratorium sorgt für die Prüfung aller Baustoffe und des fertigen Betons.

Die deutschen Lieferungen

Die deutschen Lieferungen für die Baustelleneinrichtungen drängen sich vornehmlich in Le Bousquet zur Errichtung der Talsperre Sarrans zusammen, entsprechend der zeitlichen Entwicklung und Erweiterung des gesamten Ausbaues, Abb. 4.

Besonders beachtenswert sind hier wegen der notwendigen hohen stündlichen Leistungen die Einrichtungen, die von Fried. Krupp-Grusonwerk, A.-G., Magdeburg-Buckau, und der Firma Gauhe, Gockel & Cie., Oberlahnstein, zum Aufbereiten und Einbringen des Betons geliefert worden sind.

Die Aufbereitungsanlage, Abb. 5, ist auf dem Berg La Roche Perdrière errichtet worden, weil man einesteils von hier aus das Truyèretal bequem beherrscht und die leicht geneigte Hochebene die Anlage von guten Zugängen und die Lagerung großer Baustoffmengen ermöglicht. Die Anlage, die aus der Nachzerkleinerungs- und der Mischanlage mit den dazwischenliegenden Halden für die Zuschlagstoffe besteht, erhält die Bindemittel über die Seilbahn von Polminhac, die vorgebrochenen Zuschlag-

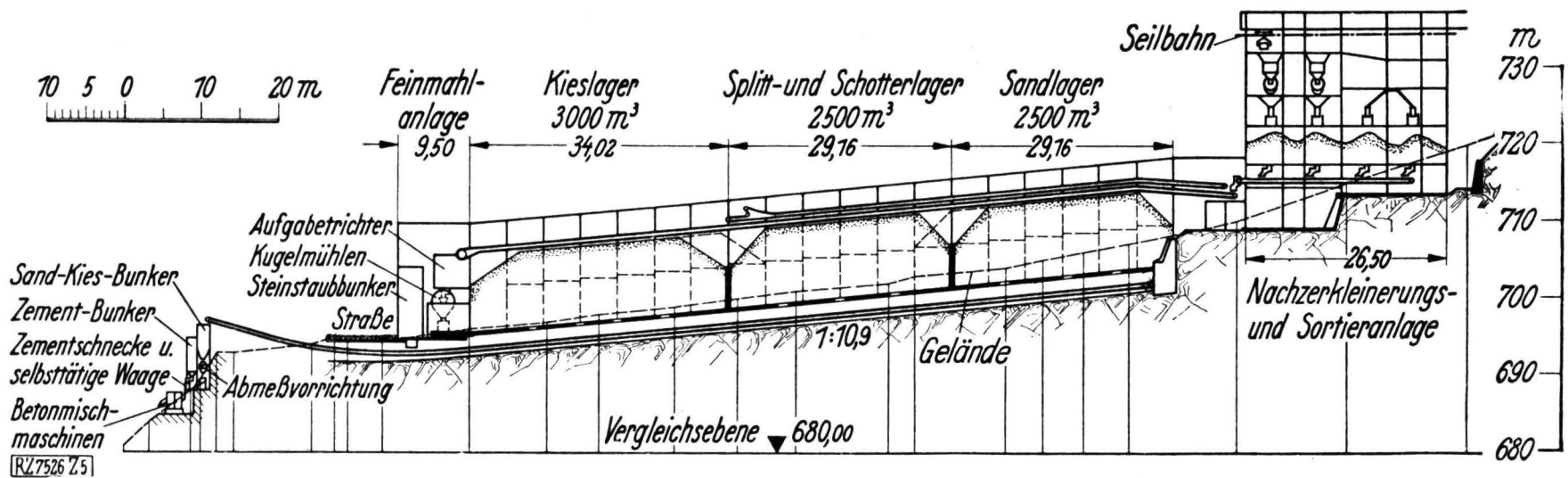


Abb. 5. Längsschnitt der Aufbereitungsanlage Le Bousquet.
Verhältnis des Höhen- zum Längenmaßstab 1,4:1

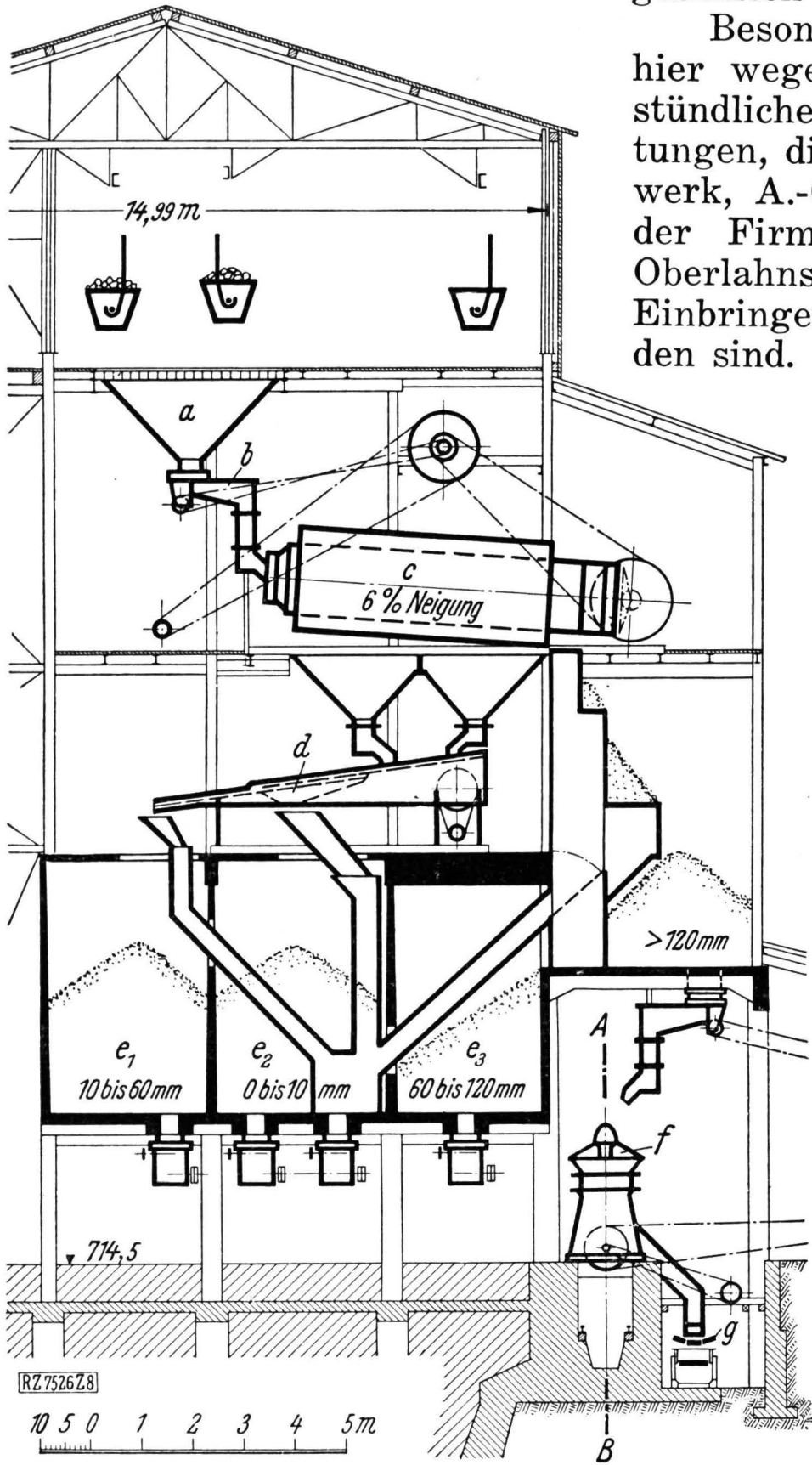
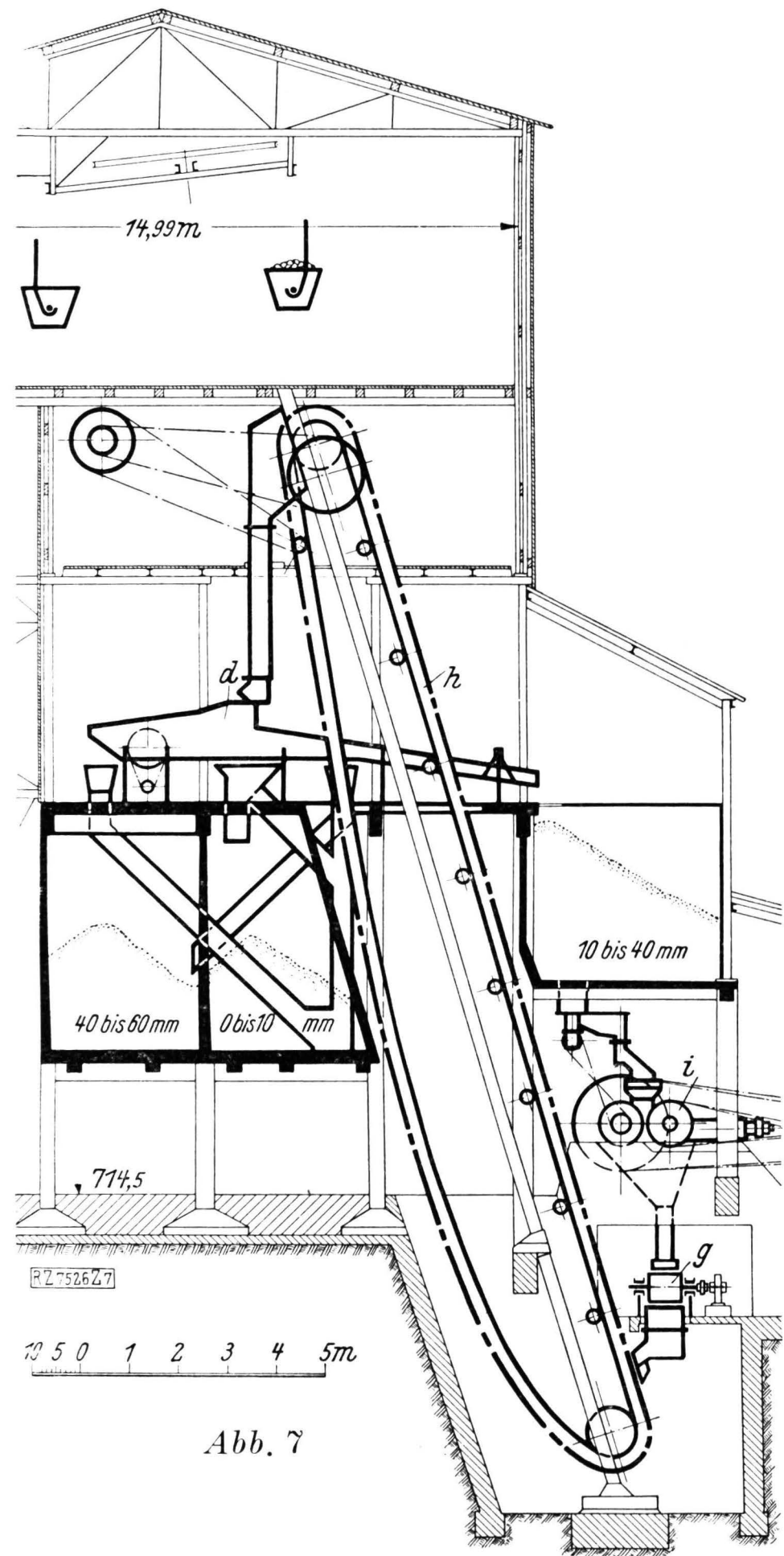
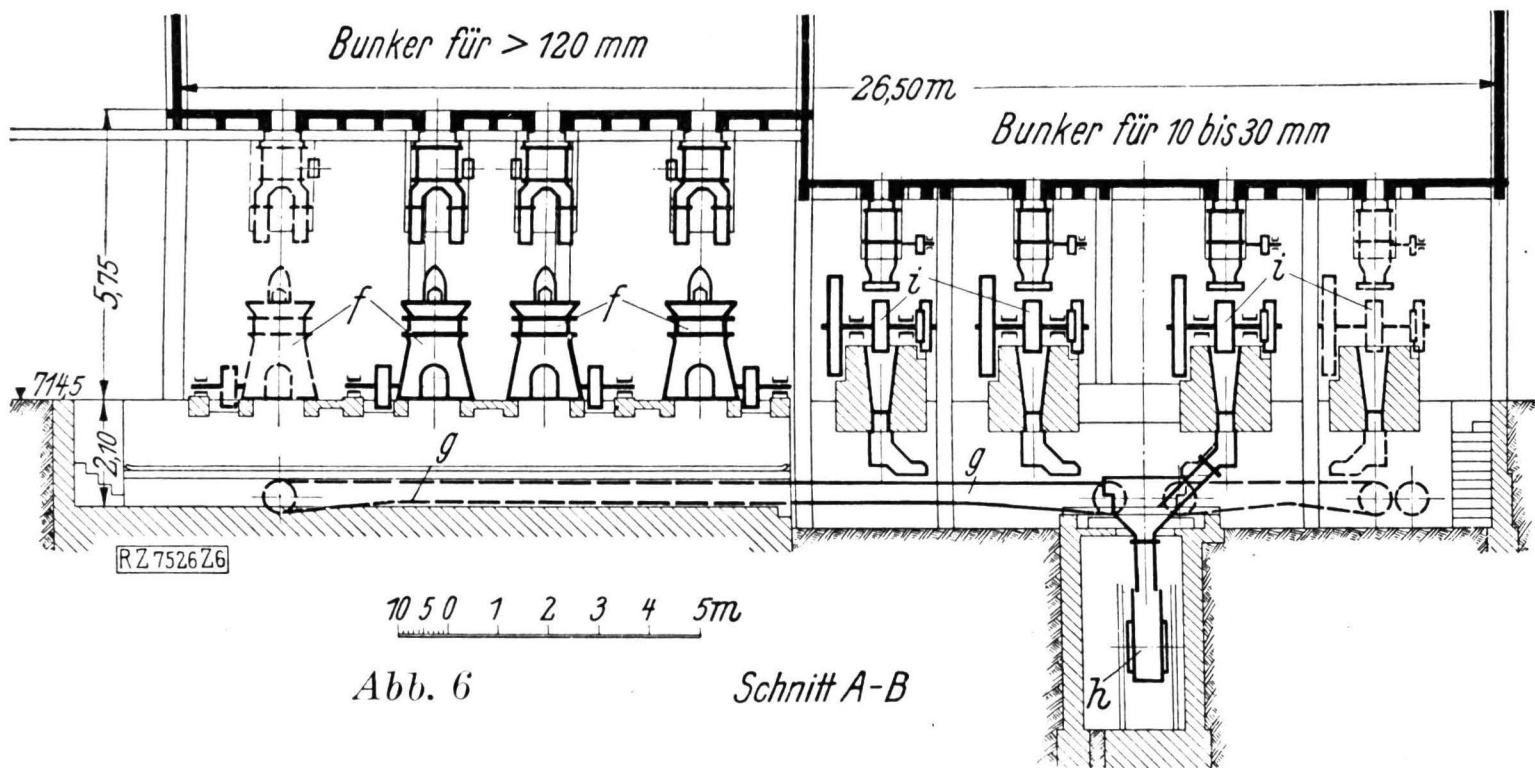
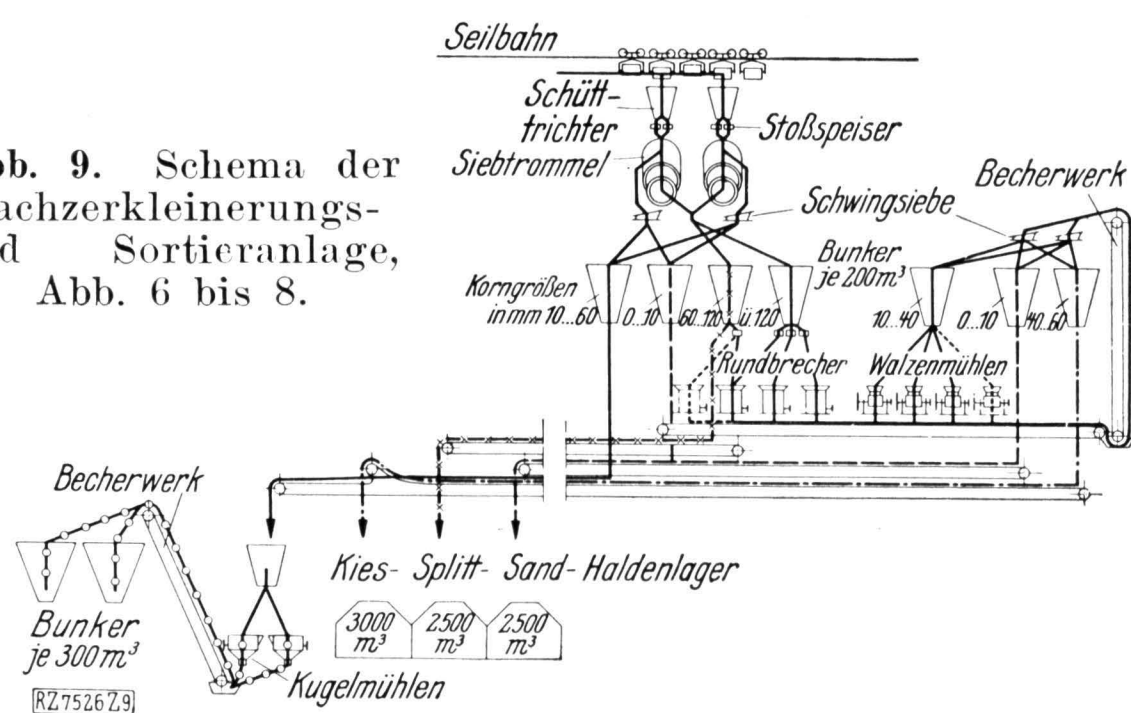


Abb. 8 a Schütttrichter (12 m³)
b Stoßspeiser
c Siebtrommeln (1400 mm Dmr., 6500 mm Länge) mit Übersieb (2100 mm Dmr., 5000 mm Länge)
d Schwingsiebe

e₁, e₂, e₃ Bunker von je 200 m³ [Inhalt]
f Rundbrecher
g Förderband
h Becherwerk
i Walzenmühlen

Abb. 6 bis 8. Nachzerkleinerungs- und Sortieranlage Le Bousquet, erbaut von Fried. Krupp-Grusonwerk; 300 t/h Leistung.

Abb. 9. Schema der
Nachzerkleinerungs-
und Sortieranlage,
Abb. 6 bis 8.



stoffe gleichfalls über je eine Seilbahn von den beiden Steinbrüchen Vernholes und Bedet. Die beiden Steinbruchseilbahnen sind Lieferungen von A. Bleichert, Leipzig.

Im Steinbruch Vernholes wird der durch Massensprengungen gewonnene Basalt in Backenbrechern der Firma Krupp mit 920×620 mm Maulweite für 75 t/h bei 100 bis 120 mm Spaltweite auf 15 bis 20 cm große Stücke vorgebrochen. Die Tagesleistung im Steinbruch ist auf 1500 bis 2000 t bemessen. Ein Stangenrost sorgt für gleichmäßige Aufgabe, ein Tageslager für den notwendigen Ausgleich. Zur Abbeförderung in die Nachzerkleinerung in Le Bousquet dient eine Bleichertsche Zenith-Seilbahn von 3240 m Länge in drei Spannweiten, die in einem Gefälle von insgesamt 143 m arbeitet und 200 t/h leistet. Die Strecke ist mit insgesamt 136 Seilbahnwagen von je 1150 kg Fassungsvermögen besetzt. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 2,66 m/s, die zeitliche Wagenfolge 20,7 s, der Wagenabstand 55 m. Das Tragseil hat 48, das Zugseil 24,5 mm Dmr. Zur Rückfahrt mit leeren Wagen dient ein zweites Tragseil von 34 mm Dmr.

Im Steinbruch Bedet gelangt der durch Bohrlochsprengungen gewonnene Granit zu einem Vorbrecher gleicher Bauart wie in Vernholes. Der vorgebrochene Granit wird sodann nach Le Bousquet ebenfalls von einer Seilbahn gleicher Bauart wie in Vernholes befördert. Diese weist bei 555 m Länge 130 m Gefälle auf; ihre größte Leistung beträgt 200 t/h, sie wird aber nur zeitweise ausgenutzt.

Abb. 5 zeigt den Längsschnitt der Aufbereitanlage in Le Bousquet. Vier einzelne Stufen der Aufbereitung lassen sich feststellen: die Nachzerkleinerung und Sortierung bis zur Sandgröße, die Lagerung der Zuschlagstoffe, die Feinsandgewinnung und der Mischvorgang.

In der Sortier- und Nachbrechanlage, Abb. 6 bis 8, waren folgende Körnungen zu gewinnen:

- Sand 0 bis 10 mm, 30 bis 40 %, davon 15 bis 30 % 0 bis 0,5 mm,
- Schotter 10 bis 60 mm, 30 bis 40 %,
- Grobgut 60 bis 120 mm, 30 bis 40 %.

Die Schwierigkeit bestand nun darin, daß diese anteiligen Körnungen nicht nur bei ausschließlicher Verarbeitung von Granit, sondern auch bei ausschließlicher Verwendung von Basalt und schließlich auch bei beliebiger Mengenzusammensetzung beider Gesteinarten erzielt werden müssen. Die Brecheigenschaften von Basalt und Granit sind aber sehr voneinander verschieden, und so war es erforderlich, vor Auswahl der Zerkleinerungsmaschinen umfassende Versuche anzustellen, um mit einem Mindestaufwand von Anlagekosten das vorgeschriebene Ziel zu erreichen. Die Verwirklichung der Aufgabe zeigt das Schema des Arbeitsganges in der Nachzerkleinerungs- und Sortieranlage, Abb. 9.

Die Seilbahnwagen entleeren in zwei geräumige Schütttrichter von je 12 m^3 auf der obersten Bühne des Gebäudes, deren unteren Abschluß je zwei Stoßspeiser bilden, vergl. a. Abb. 8. Diese Speiser ermöglichen gleichmäßige Beschickung der Siebtrommeln. Diese trennen das vorgebrochene Gestein in die Körnungen 0 bis 60, 60 bis 120 und über 120 mm. Die drei Körnungen fallen in besondere Bunker von je 200 m^3 Inhalt, die Körnung 0 bis 60 allerdings erst, nachdem sie auf zwei

Schwingsieben (unter jeder Trommel ein Sieb) in die Unterkörnungen 0 bis 10 und 10 bis 60 mm getrennt ist.

Die durch diesen Siebvorgang gewonnenen Körnungen entsprechen in ihrer Zusammensetzung noch keineswegs den oben angegebenen gewünschten Verhältnissen. Das in den Vorbrechern zerkleinerte Gestein enthält noch zu viel oder zu wenig Feingut. Es ist daher zunächst erforderlich, den Überlauf über 120 mm Korngröße weiter zu zerkleinern; er wird über Stoßspeiser den Feinrundbrechern mit 800 mm Brechringdurchmesser, Abb. 7 und 8, zugeführt, von denen zwei noch rd. 100 t/h Leistung erreichen müssen. Da aus den Siebtrommeln auch zu viel Korn von 60 bis 120 mm anfällt, ist in gleicher Weise aus dem entsprechenden Bunker wenigstens ein Teil ebenfalls den Rundbrechern zur Nachzerkleinerung aufzugeben. Die Rundbrecher müssen — bei Granit oder Basalt jeweils verschieden — in ihrer Spaltweite so weit eingestellt werden, daß sie genügend Korn von 10 bis 60 mm erzielen, einerseits als fertigen Betonzuschlagstoff und andererseits zur Sanderzeugung in Walzenmühlen mit 1000×320 mm Walzenabmessung, denen die Herstellung von 10 t/h Sand bei 3 mm Spaltweite zum größten Teil zufällt.

Natürlich fällt bereits in den Rundbrechern, genau wie in den Vorbrechern in den Brüchen Sand an, und da außerdem das Rundbrechererzeugnis neben fertigen Körnungen auch vorgebrochenes Gut für die Walzenmühlen enthält, muß das Rundbrechererzeugnis zunächst in verschiedene Korngrößen gesiebt werden. Ein Förderband unter den Brechern nimmt es daher auf und gibt es an ein Becherwerk ab, das es auf die dritte Bühne von oben zu zwei weiteren Schnellschüttlern hebt. Diese trennen folgende Korngrößen: 0 bis 10 mm, 10 bis 40 mm und 40 bis 60 mm. Die Zwischenkörnung 10 bis 40 mm ist für den unmittelbaren Betonzuschlag nicht vorgeschrieben; sie wird zum größten Teil in den oben erwähnten Walzenmühlen zu Sand (0 bis 10 mm) verarbeitet, der auf das gleiche, unter den Rundbrechern durchlaufende Band abgeworfen wird und vom Becherwerk den zwei letzten Schnellschüttlern zuläuft. Die übrigen Körnungen von der zweiten Schüttlergruppe stellen fertige Betonzuschläge dar.

Die Walzenmühlen erzeugen wohl eine ausreichende Menge Sand, nicht aber den erforderlichen Feinsand (0 bis 0,5 mm), der 15 bis 30 % der Gesamtmenge von 0 bis 10 mm ausmachen muß. Deshalb sind zur Feinsandvermahlung aus einem Teil des Splitts (10 bis 60 mm) zwei Kugelmühlen für 10 t/h (40 % 0,5 mm, 15 % 2 mm) aufzustellen, wie sie in neuester Zeit zur Erzielung der nötigen Dichtigkeit des Betons für Wasserbauten auf zahlreichen Großbaustellen, z. B. auch bei der Bleilochsperre verwendet wurden. Diese Kugelmühlen, die über ein Becherwerk in zwei Bunker von je 300 m^3 Inhalt fördern, müssen mit Rücksicht auf die etwaigen Verluste durch Wind so nahe wie möglich an die Mischmaschinen gelegt werden.

Zwischen Kugelmühlen und Nachzerkleinerung (Feinbrecher und Sandmühlen) liegen die Bunker bzw. das Vorratslager, Abb. 5. Von Anfang an hat man größten Wert gelegt auf Anpaßfähigkeit in der anteiligen Kornzusammensetzung, die ja schon durch die beiden grundverschiedenen Gesteinarten bedingt ist, sodann auch auf Unabhängigkeit des Betonierbetriebes von Störungen in den Steinbrüchen, in den Fördermitteln und den Zerkleinerungsmaschinen. Es war daher erforderlich, zwei Gruppen von Vorräten mit ganz verschiedenen Aufgaben als Ausgleich zu schaffen.

Die erste Gruppe umfaßt gewissermaßen die Rohstoffe für die Zerkleinerungsmaschinen. Sie befinden sich einmal als Tageslager in den Steinbrüchen bei den Vorbrechern und sind in kleineren Mengen in Bunkern im Gebäude der Nachzerkleinerungsanlage unmittelbar über den unteren Brechern und Sandmühlen untergebracht. Ihr Inhalt dient der Sicherstellung einer gleichmäßigen, ununterbrochenen Beschickung der Brecher, weshalb die Bunkerausläufe durchweg — über den Rundbrechern wie über den Walzenmühlen — mit einstellbaren Speiseapparaten ausgerüstet sind. Auf diese Weise ist es möglich, einen infolge Veränderung der

Gesteinzusammensetzung drohenden Mangel an irgendeiner Körnung sofort durch Regelung der betreffenden Beschickvorrichtungen zu beseitigen, andererseits aber auch den Ausfall einer einzelnen Maschine während der für eine Ausbesserung erforderlichen Zeit vollständig auszugleichen.

Die zweite Gruppe von Vorräten umfaßt die fertigen Betonzuschlagstoffe in einer Menge von 1000 t. Hierfür war wegen der hohen erforderlichen Kosten die Ausführung von Bunkern nicht mehr wirtschaftlich; sollte doch mindestens der Zuschlagstoffbedarf für eine ganze Woche gelagert werden. Man wählte daher Halden, auf die die aus der Nachzerkleinerung kommenden fertigen Körnungen mit drei Bandstraßen für je 120 t/h Leistung und 600 mm Bandbreite geworfen werden. Jede Bandstraße ist für die Beförderung von nur einer Korngröße bestimmt. Wenn eine von ihnen steht, kann aber ihre Arbeit sofort von einer der beiden andern ausgeführt werden. Die Bandstraße für 10 bis 60 mm Korngröße gestattet, neben ihrer Aufgabe, den Splitt abzuwerfen, auch noch die Kugelmühlen zu beschicken. Wie Abb. 5 zeigt, sind diese Halden überdacht, um in der niederschlagreichen Gegend eine nicht festzustellende Wasseraufnahme der Zuschlagstoffe zu verhindern. Diese Überdachung ergab sich leicht aus der Lage der Förderbänder, die die Halden beschicken; die für sie ohnehin erforderliche Eisenkonstruktion brauchte nur erweitert zu werden, um die Dachkonstruktion zu ergeben.

Die Entnahme der Zuschlagstoffe von den Halden ist sehr sinnreich und einfach und lehnt sich an Ausführungen an, wie sie Krupp für die russische Wasserkraftanlage Dnjeprostroi geliefert hat. Unter Flur, d. h. unter dem Boden der Halden und unter den Bunkern der Kugelmühlen laufen mit 1,5 m/s in Kanälen zwei 700 mm breite Förderbänder für je 200 t/h, die von jeder Körnungsgruppe durch einstellbare Speisevorrichtungen beschickt werden. Die Speiser stellt man so ein, daß sie die trocknen Zuschlagstoffe bereits im Verhältnis der gerade erforderlichen Mischung den Bändern zuführen. Da die Mischmaschinen aussetzend laufen, werfen die Bänder die richtige Vormischung zunächst in Bunker von 15 m³ Inhalt oberhalb der Betonmaschinen. Um eine Trennung der Stoffe zu vermeiden, hat man diesem Bunker bei 4 m Höhe nur den bescheidenen Querschnitt von 2 m × 2 m gegeben. Bei Störungen im Betonierbetrieb ermöglicht ein Hauptschalter, die Förderbänder zusammen mit ihren Beschickeinrichtungen zur gleichen Zeit stillzusetzen.

Eine Entstaubung der verschiedenen Anlagen ist nicht vorgesehen, da es sich ja nur um einen vorübergehenden Betrieb handelt. Beachtenswert ist aber, daß die Stoffe bei ihrem Gang durch die Zerkleinerung und Sieberei die denkbar kürzesten Wege zurücklegen. Es ist auffallend, daß in der Nachzerkleinerung nur ein einziges Becherwerk läuft. Man hat Förderbänder in weitestem Maß verwendet und so die Förderung sehr betriebsicher gestaltet. Begünstigt wird dieser Aufbau der Anlagen durch das Gelände und die Lage der Brüche. Da ohnehin Seilbahnförderung des vorgebrochenen Gesteins erforderlich wurde, konnte die Nachzerkleinerungsanlage die Zufuhr in derjenigen Höhe über Flur

erhalten, die durch den organischen Aufbau der Nachzerkleinerungsanlagen wünschenswert schien; hier kommen die Vorzüge der Seilbahnen als Fernfördermittel voll zur Geltung. Für die Anordnung der Vorratshalden war der zur Verfügung stehende, leicht geneigte Hang besonders günstig. Ein Vergleich der verschiedenen Anlagen mit andern ähnlichen Aufbaues zeigt, von wie ausschlaggebendem Einfluß auf die Durchbildung der Einzelheiten die Geländebeziehungen sind.

Unter den 15 m³ fassenden Bunkern, in die die Zuschlagstoffe in der richtigen Zusammensetzung von dem Vorratslager und der Mühle kommen, liegen, mit elektrischem Einzelantrieb und selbsttätiger Wasserabmessung versehen, zwei Lakewood-Mischer mit je 2000 l Inhalt, die bei 20 Spielen stündlich 60 m³ fertigen Beton liefern. Für einen dritten Maschinensatz ist hier, ebenso wie in der Nachzerkleinerung für einen vierten Feinrundbrecher und eine vierte Walzenmühle, Platz vorgesehen. In den Schüttrumpf der Mischer entleeren einesteils die vorgesehenen Raummehleinrichtungen unter den Bunkern die Zuschlagstoffe und andernteils die selbsttätigen Waagen den Zement. Auch diese Waagen sitzen unterhalb eines Bunkers von 15 t Inhalt, der über eine 120 m lange Zementschnecke von 300 mm Dmr. und 1:10 Neigung den Zement aus vier Eisenbetonbunkern von 1000 t Inhalt erhält. Diese reichen für fünf Tage Vollbetrieb aus und werden von der Seilbahn von Polminhac beschickt. Auch hier ist für alle Fälle die Zementzufuhr bis zur Mischanlage über eine Verlängerung der Seilbahn oder über eine Bahn von 600 mm Spur vom großen Zementbunker möglich, Abb. 4.

An die Aufbereitung schließen sich die

Anlagen zum Einbringen des Betons

an. Die zwei von der Firma Gauhe, Gockel & Cie., Oberlahnstein, gelieferten Seilrinnenanlagen (continuous lines) sind für zusammen 180 m³/h Betonleistung bemessen, Abb. 4 und 10. Hierzu waren erforderlich:

a) Zwei voneinander unabhängige Rinnenanlagen, die getrennt aufgehängt und beschickt werden; jede Rinnenanlage hat je ein Tragkabel für die festen Rinnen und für die Flieger.

b) Besonders reichliche Querschnitte der Rinnen und Drehköpfe mit Rücksicht auf die großen Abmessungen der Zuschlagstoffe; es wurden halbrunde Rinnen von 500 mm Breite und 350 mm Tiefe mit 14,5 dm² Durchgangsfläche gewählt.

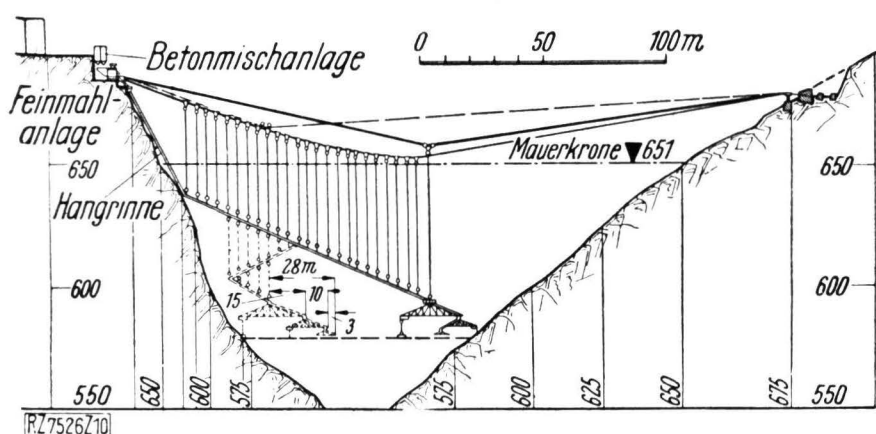


Abb. 10. Gießbrinnenanlage auf der Unterstromseite für den Bau der Talssperre Sarrans, geliefert von Gauhe, Gockel & Cie., Oberlahnstein.

280 m Kabelspannweite, 342 m größte Rinnebreite, 24° Rinne-Neigung, 14,5 dm² Rinnequerschnitt

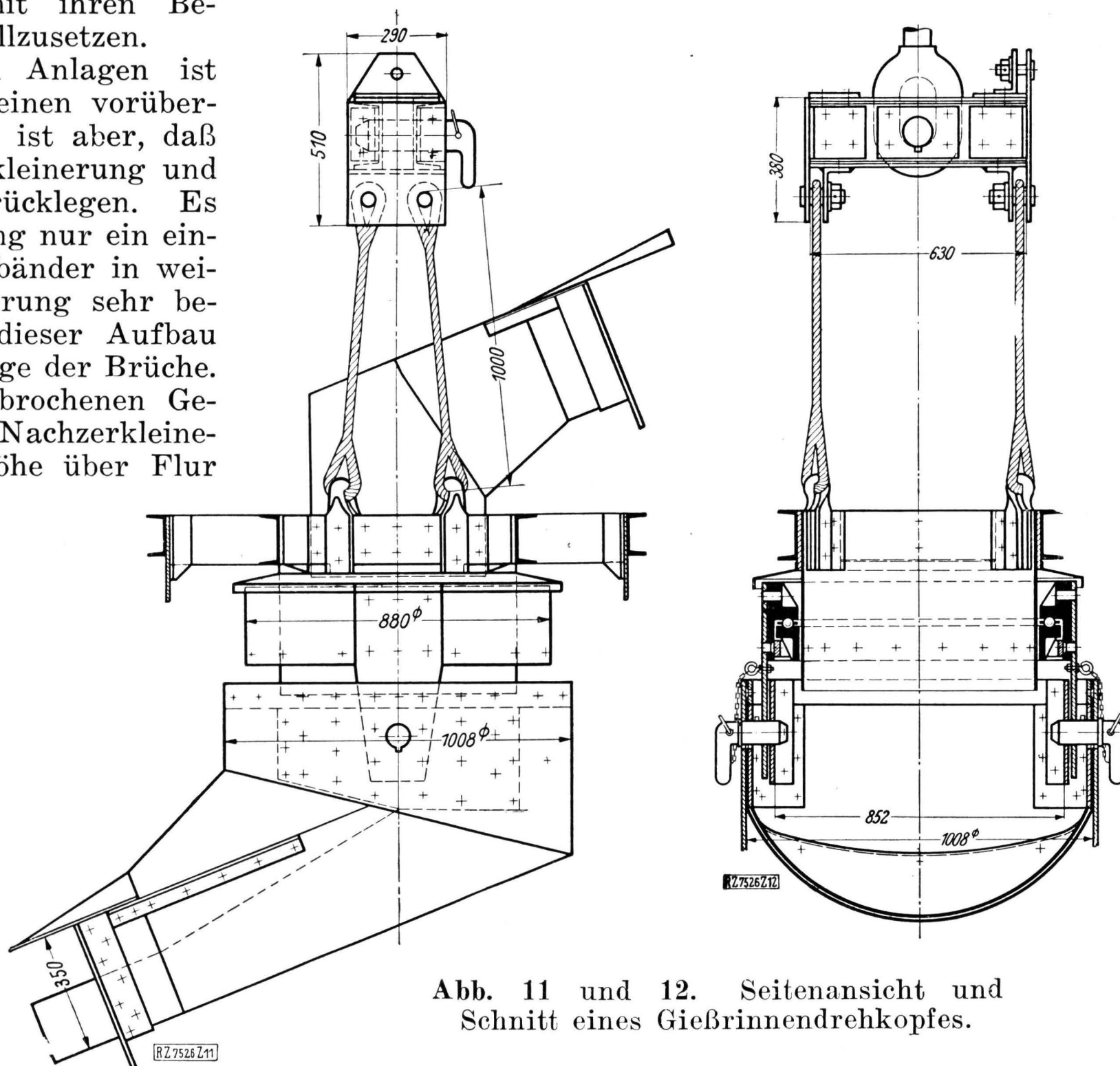


Abb. 11 und 12. Seitenansicht und Schnitt eines Gießbrinnendrehkopfes.

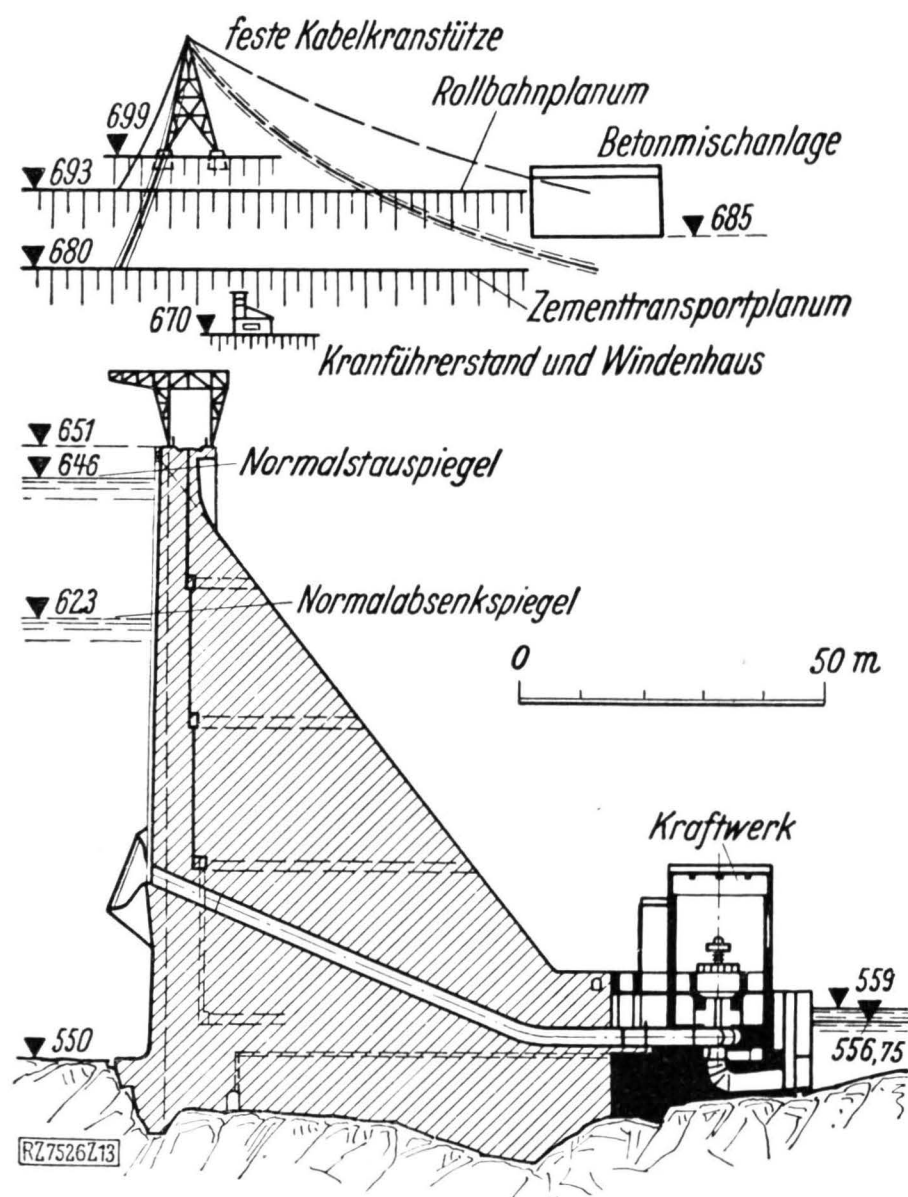


Abb. 13. Querschnitt der Tal Sperre Sarrans mit dem von A. Bleichert, Leipzig, gelieferten Kabelkran von 421 m Spannweite, 160 m Fahrbahnlänge, 170 m größter Hubhöhe und 5,5 t Tragkraft.

Beide Anlagen sind mit 280 m Stützweite und 30 m Durchhang sowie 40 m Abstand voneinander über das Tal gespannt. Auf dem linken Ufer liegt die Verankerung mit vergossenen Seilköpfen in schweren, im Felsen einbetonierten Eisenrahmen für 110 t Zug bei jedem Rinnen- und 70 t bei jedem Fliegerkabel unmittelbar in der Höhe der Mischanlagen, auf dem rechten Ufer zum Ausgleich der Schwankungen an einer beweglichen Stütze. Das Unterstrom-Fliegerkabel kann beim Höherwachsen des Bauwerkes nach Oberstrom verlegt werden. Die Tragkabel hat die Gutehoffnungshütte, Werk Gelsenkirchen, als verschlossene Seile mit 60 mm Dmr. für eine Gesamtbruchlast von 350 000 kg ausgeführt.

Der Beton läuft aus den Mischmaschinen über einen Vorfüllbunker den Rinnen zu, die zunächst in Zickzackform am linken Talhang hinunterführen und dort am Felsen mit einer Neigung von 25 bis 28° angeschellt sind. An jeder Umlenkstelle und am Übergang auf die Seilrinne sitzt ein Drehkopf. Die am Tragkabel hängenden Betongießrinnen sind mit Flanschen verbunden, in Längen von 8 m unterteilt und in den gleichen Abständen mit 12 mm dicken Seilen über Flaschenzüge und Laufwagen aufgehängt, die ihrerseits durch ein Fahrseil miteinander und mit 4 t-Kabelwinden verbunden sind.

Kleine Handwinden am unteren Ende der Flaschenzüge ermöglichen, die ganze Rinnenlänge hochzuwinden. In die Seilrinnen sind verschiedene Abzapftrichter eingeschaltet, um, dem späteren Baufortschritt entsprechend, auch vor dem Ende des Rinnensystems die Flieger anhängen zu können. Die Rinnen haben bei 342 m Gesamtlänge 24° Neigung. An getrennten Kabeln hängen die Fliegergruppen, die aus je einer Gegengewichtsrinne von 15, 10 und 3 m Arbeitshalbmesser bestehen. Die Rinnen von 10 und 3 m Hlbmr. sind über Drehköpfe mit Kugellagerung an die vorhergehenden angeschlossen, Abb. 11 und 12. Die Verfahrbarkeit der Flieger wird durch eine auf vier Rollen laufende Katze mit Flaschenzug und Handwinde auf dem Podest des obersten Drehkopfes erreicht. Für die Herstellung der oberen Bauwerkteile wird unter Verzicht auf die Zickzackrinnen ein 40 m langes Förderband den Beton unmittelbar von der Mischanlage zur Seilrinne fördern. Auf diese Weise sollen 350 000 m³ in natürlichem Gefäll und weitere 50 000 m³ mit Hilfe des Förderbandes eingebracht werden, während die restlichen 50 000 m³ mit dem Kabelkran und einem Gießturm verarbeitet werden sollen.

Gleich zu Beginn der Einrichtung der Sperrenbaustelle Sarrans wurde ein von A. Bleichert & Co., Leipzig, gelieferter, über 160 m Kreisbogen verfahrbarer Kabelkran, Abb. 4 und 13, aufgestellt, der außer zum Aushub des Sperrenfundaments und zum Betonieren vornehmlich zum Versetzen der Schalung benutzt werden

soll. Bei 421 m Spannweite und 170 m größter Hubhöhe beträgt die Tragkraft an der Laufkatze 5,5 t, so daß 2 m³ Beton in Kübeln bei 70 m mittlerem Hub und 200 m mittlerer Fahrlänge in 13 bis 14 Spielen stündlich befördert werden können. Der Kran ist mit einer Einmotorenwinde mit 90 PS für Heben und Katzfahren, für das Turmfahren mit einer Spillwinde von 6 PS Antriebsleistung ausgerüstet. Die Arbeitsgeschwindigkeiten betragen: Katzfahren 240 m/min, Vollastheben 50 m/min, Lastsenken und frei Heben 100 m/min, Turmfahren 8 m/min. Das Tragkabel hat 52 mm, das Fahrseil 15 mm, das Hubseil 18 mm Dmr.

Neben diesen größeren Einrichtungen haben deutsche Firmen noch mehrere

andre Baumaschinen

für den Ausbau der Truyèrewasserkräfte geliefert, u. a. die Frankfurter Maschinenbau A.-G., vorm. Pokorny & Wittekind sechs stehende Stufenkompressoren von je 10 m³/min (Baustelle Le Brézou) und drei fahrbare Motorkompressoren von 3,5 m³/min Ansaugleistung. Es sind zweizylindrige, zweistufige Kompressoren mit Köster-Steuerung und selbsttätiger Regelung des erforderlichen Betriebsdruckes im Windkessel.

Das Bayerische Hüttenamt Sonthofen lieferte u. a. einen ortfesten Steinbrecher, Maulweite 500 × 300 mm, zwei fahrbare Steinbrecher, Brechmaulweite 400 × 250 mm mit angebauten Sortiertrommeln für vier Korngrößen und 6 m³/h Leistung bei 50 mm Spaltweite, die von einem 14 PS-Benzinmotor angetrieben werden, zwei Sortiertrommeln für 12 bis 20 m³/h Leistung und eine Aufzugwinde für Baustoffe mit 45 PS-Elektromotor, Seiltrommel für 600 m Seil, 3 t-Seilzug bei 50 m/min Geschwindigkeit. Schließlich lieferte O. Kaiser, St. Ingbert, fünf Betonmischmaschinen, und zwar eine fahrbare mit 300 l und drei ortfeste mit 750 l Trommelinhalt.

*

Die ganze Baustelleneinrichtung beim Ausbau der Wasserkräfte der Truyère zeigt für die Ausbildung der Aufbereitung und Verarbeitung des Betons, die Zu- und Abfuhr der Baustoffe, die Versorgung mit elektrischem Strom und Druckluft eine bemerkenswerte Höhe in der Anwendung neuzeitlicher technischer Hilfsmittel, die ihren Gipfel in der vornehmlich mit deutschen Maschinen und Anlagen ausgestatteten Baustelle Sarrans erreicht. Dazu stehen die Lösungen der Lade- und Förderaufgaben in den Steinbrüchen und vor Ort bei den unterirdischen Arbeiten in keinem entsprechenden Verhältnis. [B 7526]

Schwere amerikanische Klappbrücke

Die insgesamt 650 m lange Arlington-Gedächtnisbrücke, die in Washington eine 18,3 m breite Straße nebst zwei Fußwegen über den Potomac führt, besteht aus acht Betonbogen von 50 bis 55 m l. W. und einer zweiarmigen Klappöffnung aus Stahl von 66 m l. W. Jeder Arm der Klappbrücke wiegt mit seinem Gegengewicht aus Beton rd. 3500 t; davon entfallen auf das Gegengewicht allein rd. 2200 t. Die beiden Gegengewichte sind in einem Keller unterhalb der Fahrbahn am hinteren Teil der Brückenkonstruktion an Zapfen aufgehängt, damit sie sich beim Auf- und Niederklappen der Flügel nur senkrecht bewegen. Jeden Brückenarm treiben zwei Gleichstrommotoren an, die ihre Energie aus dem Drehstromnetz über Umformer entnehmen.

Für den Zusammenbau wurden die einzelnen Teile auf dem Wasser herangebracht. Eines der Schiffe war mit einem Wippmast ausgerüstet, außerdem war auf jedem der beiden Widerlager ein 30 t-Wippkran zum Heben der schweren Einzelteile aufgebaut. Für das Betonieren der Gegengewichte von rd. 530 m³ Rauminhalt mußte man ein Lehrgerüst aus Stahl in den Keller einbauen. Da die Schifffahrt nicht gestört werden durfte, stellte man zuerst den einen Brückenarm mit der Fahrbahn fertig. Während des Zusammenbaues des zweiten Armes wurde der erste aufgeklappt gehalten. (Engng. News-Rec. 3. März 1932 S. 318/20*)

[N 7703]

Sd.

Normung der Kesselwagen

Von Dipl.-Ing. HANS BIECK, Oberingenieur der Deutschen Wagenbau-Vereinigung

Statistische Angaben über ausgeführte Kesselwagen. Neuzeitliche Typisierung auf Grund des von der Deutschen Reichsbahn zugelassenen Raddruckes von 8 t. Festlegung einheitlicher Abmessungen, und zwar als Kesseldurchmesser 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2300, 2400 mm, als Kessellänge 6650 mm. Einheitliche Bauarten der Zubehöerteile und Armaturen: Sattelauflagerung, Domverschluß, Ablaßeinrichtung, Heizung, Sicherheitseinrichtungen (Einheitsbauart für Überdruckventil, Flammendurchschlagsicherung und Gaspendelanschluß).

Nachstehend werden die Typisierungs- und Normungsarbeiten für Kesselwagen erstmalig zusammenfassend veröffentlicht¹⁾. Für den Bau der Kesselwagen, die als Privatwagen in den Wagenpark der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft eingestellt werden, gelten erstens als allgemeine Bestimmungen die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BBO), die Technischen Vereinbarungen des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen (TV) und die Übereinkommen betreffend Übergang der Güterwagen im Bereich des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen (VWÜ) oder im Internationalen Verkehr (RIV), zweitens als besondere Vorschriften die Technischen Vorschriften für den Bau von Privatgüterwagen (TVP).

Bei der Aufstellung der Normblattentwürfe sind diese Vorschriften zugrundegelegt worden. Die Entwürfe sind weiterhin an die Reichsbahn (Reichsbahn-Zentralamt für Maschinenbau, RZM) eingereicht worden, das sich hiermit soweit befaßt hat, als seine Vorschriften berührt werden, und erklärte, daß den Normungsvorschlägen die Vorschriften der DRG nicht entgegen stehen oder daß in den besonders beantragten Fällen die derzeitige Fassung in den TVP sinngemäß geändert wird.

Die Arbeiten betreffen die Normung der Einzelteile und die Typisierung der Kesselwagen, insbesondere der Kesselabmessungen. In erster Linie sind die zweiachsigen Wagen für drucklose Kessel erfaßt, doch sind die Einzelteile und Armaturen so bearbeitet, daß sie sich ohne weiteres für vierachsige Kesselwagen und Sonderkesselwagen anwenden lassen. Es dürfte sich erübrigen, ausführlicher auf die aus der Typisierung und Normung erwachsenden wirtschaftlichen Vorteile einzugehen. Nur die Hauptgründe seien kurz angeführt:

1. Billigere Beschaffung der wenigen noch in Betracht kommenden Arten von Kesselwagen;
2. schnellere Beschaffung aller Haupt- und Nebenteile vom Unterlieferer, der infolge der vereinfachten Lagerhaltung wirtschaftlicher herstellen und liefern kann;
3. vereinfachte Lagerhaltung von Ersatzteilen bei den Wagenbesitzern selbst.

Den sachlichen Erläuterungen zu den Normblättern sei eine allgemeine Betrachtung über die Statistik der bisherigen Kesselwagen und über den Zusammenhang zwischen bislang gebräuchlichen Kesselgrößen und den nunmehr bei der Typisierung festgelegten Abmessungen vorangestellt.

Die statistischen Unterlagen

lassen erkennen, daß trotz der Unterschiedlichkeit aller Abmessungen für gewisse Flüssigkeiten und Kesselgrößen eine besondere Häufigkeit im Vorkommen auch früher schon bestand, und daß sich bei Zusammenfassung benachbarter Kesselgrößen in Gruppen und zweckmäßiger Auswahl einer mittleren Größe die bisherige Wahllosigkeit durch eine beschränkte Anzahl von Kesseln ersetzen läßt.

¹⁾ Mit dieser Sonderaufgabe hat sich in mehrjähriger Tätigkeit unter Leitung von Geh.-Rat Dr. Zetzsche, Erdöl-Reichsverband, ein Fachnormenausschuß befaßt, gebildet aus Vertretern der Verbraucher (Vereinigung der Privatwagen-Interessenten, VPI, Berlin W. 10, Viktoriastr. 26a) und der Hersteller (Deutsche Wagenbau-Vereinigung, DWV, Berlin W. 10, Viktoriastr. 25). Die Normenentwürfe im einzelnen wurden von Obering. Sturm, IG Farbenindustrie, Ludwigshafen a. Rh., und vom Konstruktionsbüro der DWV ausgearbeitet. — Das Ergebnis der jetzt abgeschlossenen Arbeiten ist in 12 Normblättern zusammengefaßt, die dem Deutschen Normen-Ausschuß (DNA) übergeben sind und als DIN-Blätter erscheinen sollen. Interessenten, die die Entwurfsnormblätter zu erhalten wünschen, werden gebeten, sich an die Geschäftstellen der VPI oder DWV zu wenden.

Zahlentafel 1. Häufigkeit im Vorkommen der Ladegüter von Kesselwagen.

Benzin	2518 Wagen	Schwefelsäure . .	522 Wagen
Erdöle	1803 „	Melasse	369 „
Wein	808 „	Säure	364 „
Teer	667 „	Ammoniakwasser	311 „
vegetabilische Öle	602 „	Benzol	180 „

Die Ermittlungen der DWV im Jahre 1929/30 betrafen die seit 1919 von den Waggonfabriken gelieferten zweiachsigen Kesselwagen. Die Nachfragen waren auf Anzahl, Ladegut sowie Kesseldurchmesser, -länge und -inhalt gerichtet.

Häufigkeit im Vorkommen der Ladegüter

nach Zahlentafel 1. Die mit geringen Häufigkeitszahlen vorkommenden Flüssigkeiten sind als bedeutungslos außer Betracht gelassen. Von den 808 Wagen für Weinbeförderung sind allein 732 von einer einzigen Firma an das Ausland geliefert worden. Die Häufigkeit des Ladegutes „Wein“ ist daher für deutsche Verhältnisse in Wirklichkeit viel geringer anzusetzen. Oft wurden für einen Kesselwagen mehrere Ladegüter angegeben, z. B. Benzin, Benzol, Petroleum, in andern Fällen überhaupt keine bestimmten Flüssigkeiten; es war nur allgemein bezeichnet: Öl, Lauge, Säure, brennbare und ätzende Flüssigkeiten. Aus der gemeinsamen Verwendung eines Kessels für verschiedene Flüssigkeiten erklärt sich auch, daß das sehr häufig vorkommende Ladegut „Benzol“ nur mit der auffallend geringen Stückzahl von 180 Wagen aufgeführt ist. In dieser Hinsicht sind daher Rückschlüsse aus der Häufigkeit des Vorkommens verschiedener Ladegüter mit Vorsicht zu ziehen.

Kesselabmessungen

zeigt deutlich, daß man sich bislang mit Ausnahme der von der Reichsbahn vorgeschriebenen wagenbaulichen Teile so gut wie gar nicht um vorhandene Ausführungen gekümmert, sondern die Kesselabmessungen jeweils willkürlich gewählt hat.

Die Kesseldurchmesser kommen in den Grenzen 1150 bis 2455 mm vor; 50 verschiedene Durchmesser wurden angegeben, unter denen sich kaum verständliche Größen befinden, wie z. B. 1716, 1984, 2166, 2286 mm usw. Für die Kesselinhalte wurden 77 verschiedene Größen von 8,65 m³ bis 31 m³ genannt. Die

Zahlentafel 2. Statistische Ermittlung der häufigst vorkommenden Durchmesser, Inhalte und Längen von Kesselwagen.

Dmr. mm	Anzahl der Wagen	Kessel- inhalt m ³	Anzahl der Wagen	Kessel- länge mm	Anzahl der Wagen
1700	297	10,5	409	6250	227
1850	606	15,0	822	6350	251
1900	584	15,5	310	6500	471
1935	344	15,6	514	6580	826
1950	6299	17,0	943	6590	208
2000	494	19,0	1203	6600	1286
2050	348	19,2	4419	6650	262
2100	633	21,5	468	6660	238
2300	243	25,4	243	6680	445
				6685	238
				6700	2951

Kessellängen wiesen 100 verschiedene Maße auf, von 4660 bis 7400 mm. Einen Überblick auf die Stückzahl der häufigst vorkommenden Durchmesser, Inhalte und Längen gibt Zahlentafel 2.

Aus den statistischen Angaben der Zahlentafeln 1 und 2 geht hervor, daß der Benzinwagen die größte Häufigkeit aufweist und daß als Abmessungen mit Vorliebe der Kesseldurchmesser 1950 bei 6600 bis 6700 mm Kessellänge und 19 bis 19,2 m³ Inhalt Verwendung gefunden hat. Hieraus zu folgern, daß der Kesselinhalt von etwa 19 m³ nunmehr die Ausgangsform für die Einheitsbauart auch der Zukunft bilden müßte, würde jedoch abwegig sein, wie noch näher begründet werden soll. So sehr auch diese Abmessung in dem vergangenen Jahrzehnt sich eingebürgert haben mag und so sehr sie sich dem Verkehrs- und dem Fahrzeugfachmann eingeprägt hat, muß doch darauf aufmerksam gemacht werden, daß diese Größe bei den anschließend zu benennenden, für die Vereinheitlichung ausgewählten Abmessungen ausgeschieden ist.

Die Vereinheitlichung

Bei der Vereinheitlichung der Kesselabmessungen entschloß man sich, von der Festlegung von Kesseldurchmessern auszugehen, besonders mit Rücksicht auf die Kesselhersteller, denen damit der Vorteil zufällt, sich mit den besonders teuren Vorrichtungen und Gesenken für die Bodenherstellung nur noch auf wenige Arten einrichten zu müssen. Abgestuft wurde von 200 zu 200 mm, vorgesehen sind die Durchmesser 1400, 1600, 1800, 2000, 2200 und 2400 mm und eine Zwischenstufe von 2300 mm Dmr., mit der die wirtschaftlichste Ausnutzung für den häufigst vorkommenden Benzinwagen erzielt wird. Mit der weiteren Festlegung der größten Kessellänge auf 6650 mm ergeben sich somit 7 Normalkesselgrößen von 10 bis 29 m³ Inhalt.

Zahlentafel 3 enthält die wichtigsten Ladegüter und die zugehörigen Kesselgrößen, wobei die höchstmögliche Raumausnutzung und die Ausnutzung der Tragfähigkeit mit angegeben sind. Die häufigst vorkommenden Flüssigkeiten sind gesperrt gedruckt.

Bezüglich der wirtschaftlichen Ausnutzung der Tragfähigkeit und des Laderaumes ist zu berücksichtigen, daß den Vorschriften entsprechend das Ladegewicht maßgebend ist und daß in keinem Fall auch bei Überlastung infolge äußerer Einflüsse der zulässige Achsdruck überschritten werden darf. Demzufolge durfte in Tafel 3 als vollständige Ausnutzung der Tragfähigkeit nicht der volle Betrag: 4 × Raddruck — Gewicht des leeren Wagens, sondern nur höchstens 98 % eingesetzt werden. Andererseits ist für die Flüssigkeiten, für die sich die Ausnutzung des Kessels nicht nach der Tragfähigkeit, sondern nach dem Laderaum richtet, neben der vollen Füllung auch die verringerte Füllung von 98 % eingesetzt

Zahlentafel 3
Vereinheitlichung der Kesselabmessungen für die häufigst vorkommenden Ladegüter.

Ladegut	Spezi- fisches Ge- wicht	Kessel			Füllung, d. h. Nutzung des Lade- raumes in %	Nutzung der Trag- fähig- keit in %
		Dmr.	Inhalt	Länge		
		mm	m ³	mm		
Schwefelsäure . .	1,6	1600	13,07	6650	92,5	98
Melasse	1,25	1800	16,5	6650	91,5	98
Teer	1,2	1800	16,5	6650	95	98
Ammoniakwasser	1,1	1800	16,5	6650	{ 100 (89)	94,5 (92,5)
Wein	1	2000	20,32	6650	90,7	98
Mineralische Schweröle . . .	{ 0,93	2000	20,32	6650	98	97,5
Benzol und vege- tabilisches Öl .	{ 0,9	2000	20,32	6650	{ 100 (98)	97 (95)
Petroleum . . .	0,82	{ 2000 2000	24,58 22	6650 6000	89,5 (100)	98 (95,5)
enzin	0,72	2300	26,81	6650	92	98

worden, da für bestimmte, in den Beförderungsvorschriften besonders genannte Flüssigkeiten die nicht vollständige Füllung verlangt wird. Der Dominhalt ist bei der Berechnung des Rauminhaltes nicht berücksichtigt.

Wie erklärt es sich nun, daß die bisher häufigste Kesselgröße für den Leichtölwagen mit 1950 mm Dmr. und 19 bis 19,2 m³ Inhalt verschwinden soll und durch die wesentlich vergrößerte Bemessung des Kesseldurchmessers mit 2300 mm und des Inhaltes mit rd. 27 m³ ersetzt werden soll? Offenbar ist die Begründung darin enthalten, daß bislang bis zur Ausgabe der TVP im Jahr 1924/25 für Privatwagen nur 7 t Raddruck zulässig waren, der seitdem auf 8 t erhöht worden ist. Daher nutzt der 19 m³-Kessel für die häufigst vorkommenden Leichtölwagen die Tragfähigkeit nicht mehr am besten aus; mit Recht hat er deshalb seine Bedeutung verloren und sie an die größere Kesselabmessung von 2300 mm Dmr. abgegeben.

Im einzelnen sei über die Normungsarbeiten und Festlegungen folgendes berichtet.

Hauptabmessungen zweiachsiger druckloser Kesselwagen

In Abb. 1 und 2 und in Zahlentafel 4 sind die wichtigsten Baumaße, die zugehörigen Kesselinhalte und die Tragfähigkeit enthalten. Als Untergestell für den genormten zweiachsigen Wagen ist dasjenige des Austauschbauwagens 1 O der Deutschen Reichsbahn zu verwenden, eines offenen Güterwagens für 15 t Ladegewicht mit Bremserhaus, 4 m Achsstand und 16 t Achsdruck. Jedoch sind am Untergestell folgende Abweichungen zu berücksichtigen: Fortfall der Bodenrahmen, Fortfall der Kastenstützen, Verkürzung der Kopfstücke, Fortfall der entsprechenden Anschlußbohrungen der Langträger. Die Kesseldurchmesser sind, wie bereits gesagt, um 200 mm gestuft und mit 1400, 1600,

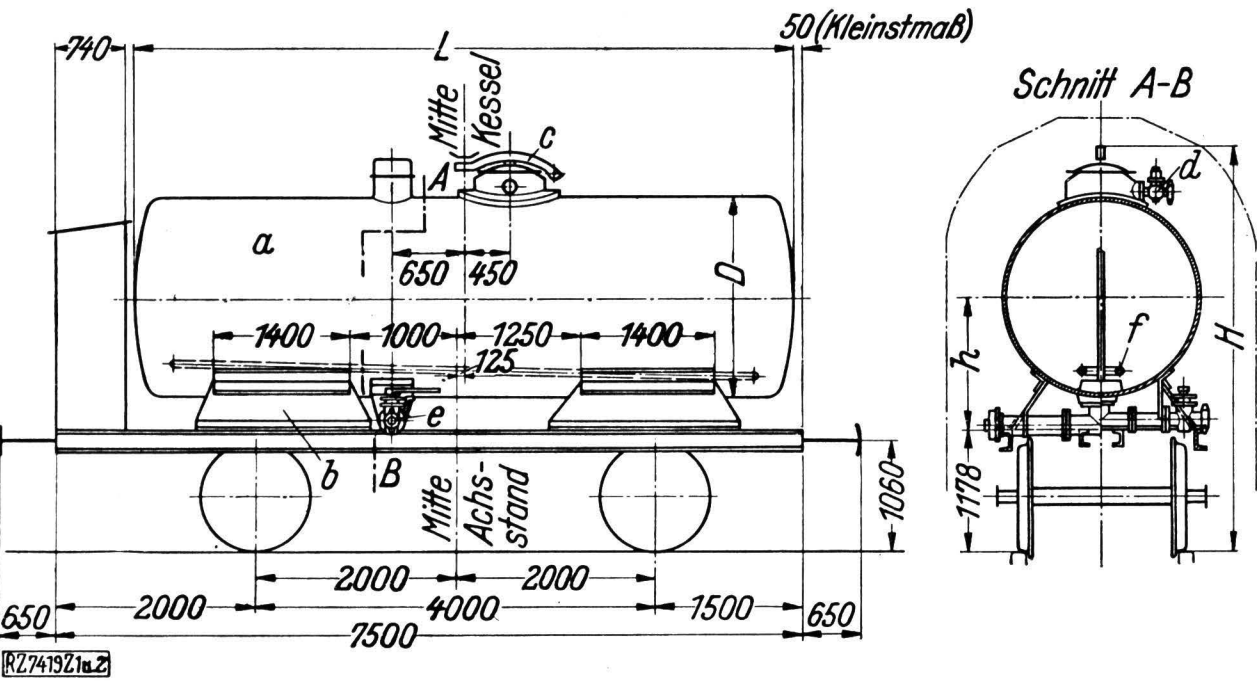


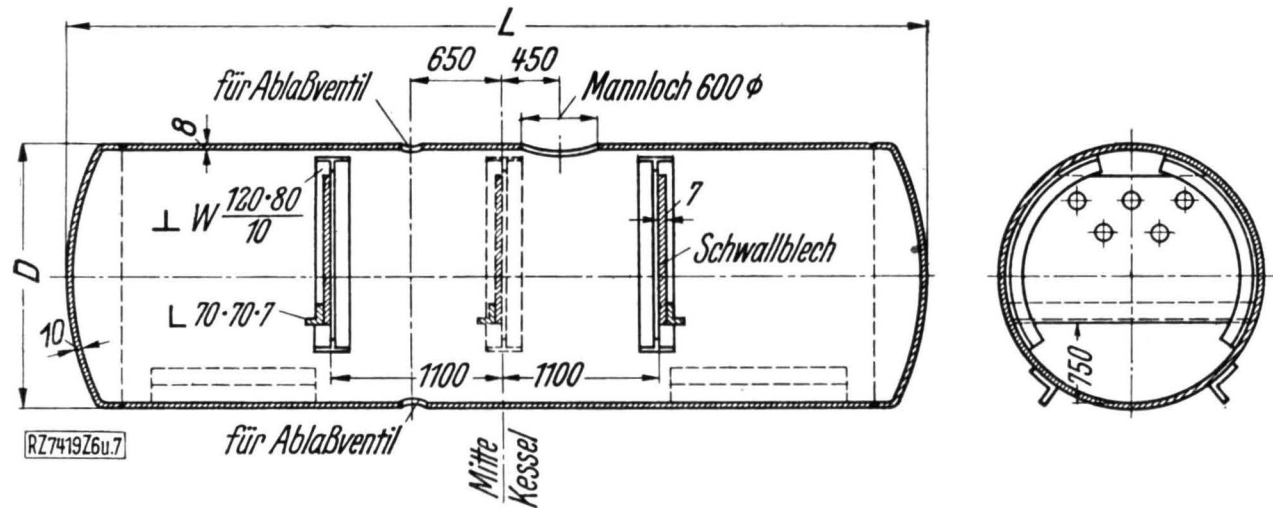
Abb. 1 und 2. Die vereinheitlichten Hauptabmessungen zweiachsiger druckloser Kesselwagen.

Gewicht des Untergestells ohne Sattel rd. 7800 kg.
a Kessel in genieteter oder geschweißter Ausführung b Kesselauf-
lagerung c Kesseldom d Sicherheitseinrichtung e Ab-
eintrichtung der Nennweite 100 bzw. 200 mm f Dampfheizung

Zahlentafel 4

Kessel			Höhe der Kessel- mitte über Untergestell h	Größe Höhe über Schienen- oberkante H	Gewicht des leeren Kessel- wagens rd. kg	Trag- fähig- keit ²⁾ rd. kg
Nenn- durch- messer D	Länge L	Inhalt rd. m³				
mm	mm	m³	mm	mm	kg	kg
1400	6550	10	1125	3380	11 900	20 400
1600	(6000) 6650	11,7 13	1225	3580	12 000 12 300	20 000 19 700
1800	(6000) 6650	14,8 16,4	1325	3780	12 400 12 800	19 600 19 200
2000	(6000) 6650	18,2 20,3	1425	3980	12 800 13 200	19 200 18 800
2200	(6000) 6650	22 24,5	1400	4055	13 100 13 600	18 900 18 400
2300	6650	26,7	1450	4155	13 900	18 100
2400	6650	29	1500	4255	14 100	17 900

²⁾ Über das Verhältnis von Tragfähigkeit zu Ladegewicht gilt das oben zu Zahlentafel 3 Gesagte.



Zahlentafel 6. Zu Abb. 6 und 7.

Kessel- durch- messer D mm	Kessel- länge L mm	Gewicht	
		eines Kessels rd. kg	eines Schwall- bleches rd. kg
1400	6650	2080	80
1600	(6000)	2190	105
	6650	2400	
1800	(6000)	2530	140
	6650	2760	
2000	(6000)	2860	180
	6650	3120	
2200	(6000)	3220	220
	6650	3500	
2300	6650	3670	245
2400	6650	3850	265

Betriebssicherheit könne dem Fortlassen der Bleche nur zugestimmt werden, wenn die Gewähr bestehe, daß eine 90proz. Füllung sichergestellt sei. Da es schwierig oder unmöglich ist, den Füllungsgrad zu messen, und ihn auch stets auf mindestens 90 % zu halten, müßte von einer allgemeinen Änderung der Vorschrift Abstand genommen werden. Doch soll in Sonderfällen, in denen die sichere Gewähr der Füllung von mindestens 90 % gegeben ist, ein entsprechender Antrag für die Einstellung von Wagen ohne Schwallbleche an die Reichsbahn gerichtet werden dürfen. In den Normenentwürfen mußten daher für Kessel bis 6 m Länge ein Schwallblech, und zwar in Wagenmitte, und für Kessel über 6 m Länge zwei Schwallbleche vorgesehen werden.

Für die Kessel in geschweißter Ausführung, Abb. 6 und 7 und Zahlentafel 6, gelten die vorstehenden Ausführungen sinngemäß. Bei der Ausführung der Schweißverbindung mit dem Kesselboden sei daran erin-

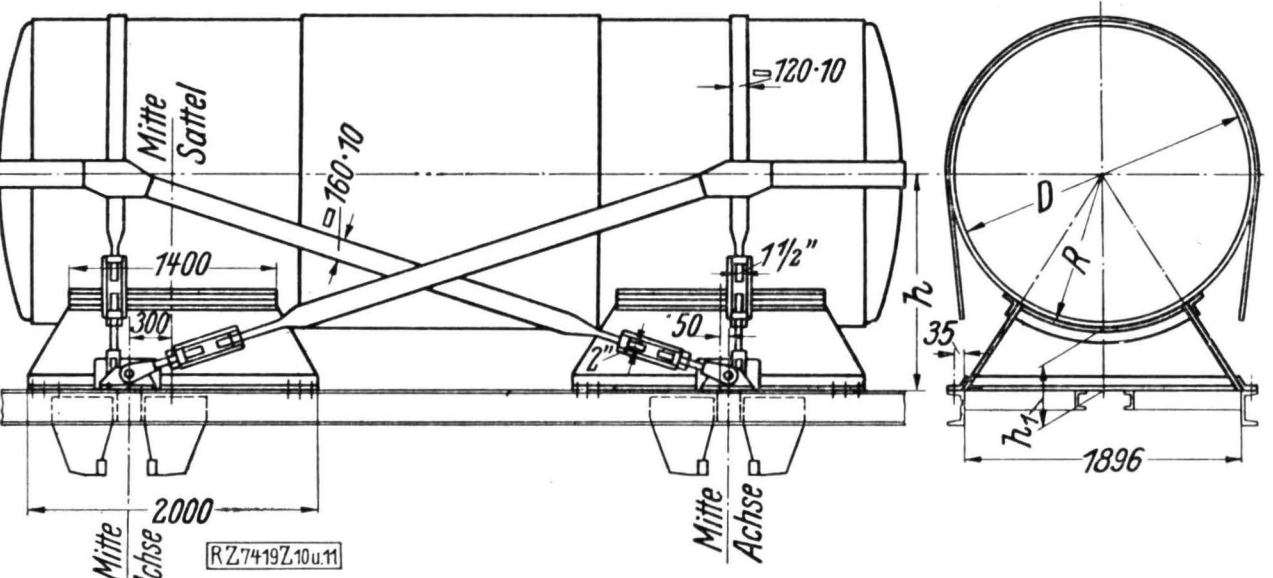


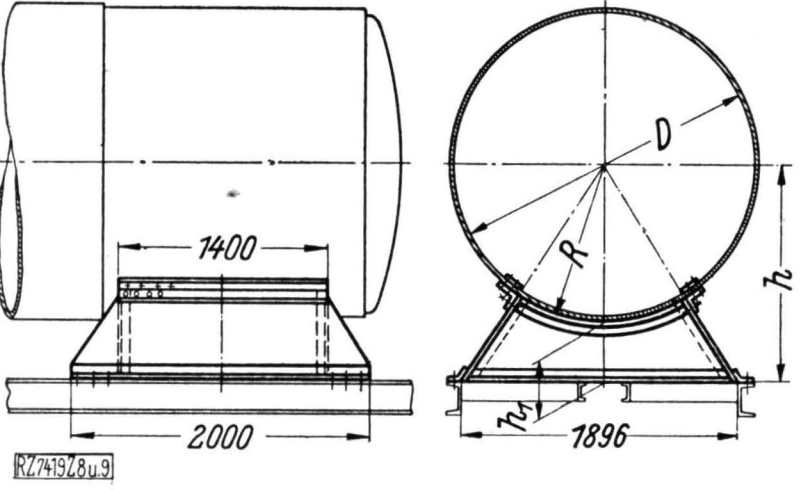
Abb. 10 und 11. Einheitskesselbefestigung mit Zugbändern.

Zahlentafel 8

Kessel- durch- messer D mm	Run- dung R mm	Höhe		Gewicht eines Kessel- sattels rd. kg	Gewicht der Zug- bänder rd. kg
		h mm	h ₁ mm		
1400	708	1125	417	340	650
1600	808	1225	417	340	
1800	908	1325	417	340	
2000	1008	1425	417	340	
2200	1108	1400	292	295	680
2300	1158	1450	292	295	
2400	1208	1500	292	295	

Abb. 6 und 7 (links) Abmessungen und Gewichte geschweißter Kessel.

Abb. 8 und 9 (rechts) Einheitskesselbefestigung mit Schrauben.



Zahlentafel 7. Zu Abb. 8 und 9.

Kessel- durch- messer D mm	Run- dung R mm	Höhe		Gewicht eines Kessel- sattels rd. kg
		h mm	h ₁ mm	
1400	708	1125	417	425
1600	808	1225	417	425
1800	908	1325	417	425
2000	1008	1425	417	425
2200	1108	1400	292	380
2300	1158	1450	292	380
2400	1208	1500	292	380

nert, daß die Schweißnaht nicht unmittelbar am Übergang, sondern erst am Rand der üblichen Krempe des Kesselbodens, Abb. 6, auszuführen ist.

Kesselbefestigung

Bislang sehen die Bestimmungen der TVP die Verbindung von Kessel und Sattel mit Nieten vor.

Diese Verbindungsart hat jedoch Nachteile. Die Wagen werden zu steif und für heiß zu befördernde Flüssigkeiten ist weiterhin eine Ausdehnungsmöglichkeit der Kessel auf den Sattellagern erwünscht oder erforderlich. Die starre Verbindung führt auch leicht zum Undichtwerden der Kesselniete am Sattel. Demzufolge war eine weniger starre Kessellagerung erwünscht. Die Technischen Vorschriften für Privatgüterwagen werden die Verbindung der Kessel mit dem Sattel durch Nieten oder Schrauben künftig zulassen und auch gestatten, den Kessel an einem Ende längs verschiebbar anzuordnen. In den Normenentwürfen sind Kesselbefestigungen mit Schrauben und mit Zugbändern aufgenommen.

Kesselbefestigung mit Schrauben. Der Kessel, Abb. 8 und 9, wird mit dem Kesselsattel durch Schrauben verbunden, und zwar zwischen Sattelblech und dem anliegenden Schenkel des oberen Sattelsaumwinkels. Unverändert beibehalten werden die Nietverbindungen zwischen Kesselmantel und dem an ihm anliegenden Schenkel des oberen Saumwinkels sowie an der Auflagerung der Sättel auf den Langträgern des Untergestelles. Der Kessel kann an einem Kesselsattel, und zwar zweckmäßigerweise am Nichtbremsende, längsverschieblich angeordnet werden dadurch, daß die Schrauben in Langlöchern gleiten, wobei die Langlöcher in dem am Kesselsattel anliegenden Schenkel des oberen Längswinkels angeordnet werden. Der Längsschub wird dann ausschließlich an dem anderen Sattel übertragen. Die Sättel einschließlich ihrer Befestigungsmittel sind so bemessen, daß ein Sattel den gesamten Schub aufnehmen kann. Die Schrauben sind zu sichern.

Die Längen der Einheitssättel sind in Abb. 8 und 9 enthalten. Unterschiede werden durch die Kesseldurchmesser bestimmt. Die Höhenmaße sind in Zahlentafel 7 zusammengestellt. Diese Sättel können für alle drucklosen Kessel genietet oder geschweißter Ausführung und für die Kessellängen 6650 und 6000 mm verwendet werden. In Zahlentafel 7 sind ferner die zugehörigen Gewichte der Sättel angegeben. Bei dieser Sattelbefestigung mit Schrauben lassen die Kessel sich erheblich leichter abnehmen.

Kesselbefestigung mit Zugbändern. In bestimmten Fällen wird besonderer Wert darauf gelegt, daß die Kesselwände für die Auflagerung nicht angebohrt werden. Dieser Forderung trägt die Befestigung mit Zugbändern, Abb. 10 und 11, Rechnung. Zur Entlastung der Langträger sind die Anschlußstellen der Zugbänder über Achsenmitte anzuordnen. Beide Sättel sind jedoch nicht genau symmetrisch; sie unterscheiden sich durch die etwas versetzte Lage des Ausschnittes für die Zugbänder. Sie lassen sich wiederum für alle drucklosen genieteten oder geschweißten Kessel, ebenso für die beiden Kessellängen 6650 und 6000 mm verwenden. In Tafel 8 sind die zugehörigen Angaben über diese Sattel-lagerung enthalten. Die Genehmigung für die Anwendung der Befestigung mit Zugbändern bleibt in jedem

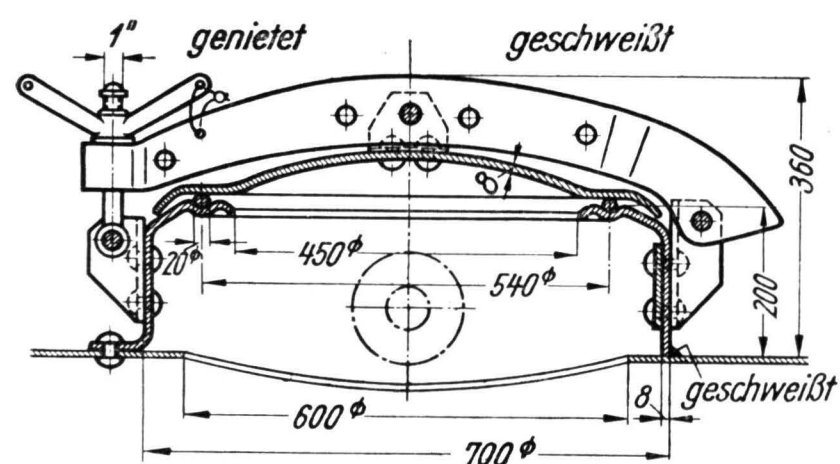


Abb. 12 und 13 (links). Einheitsbauart des Kesseldomes.

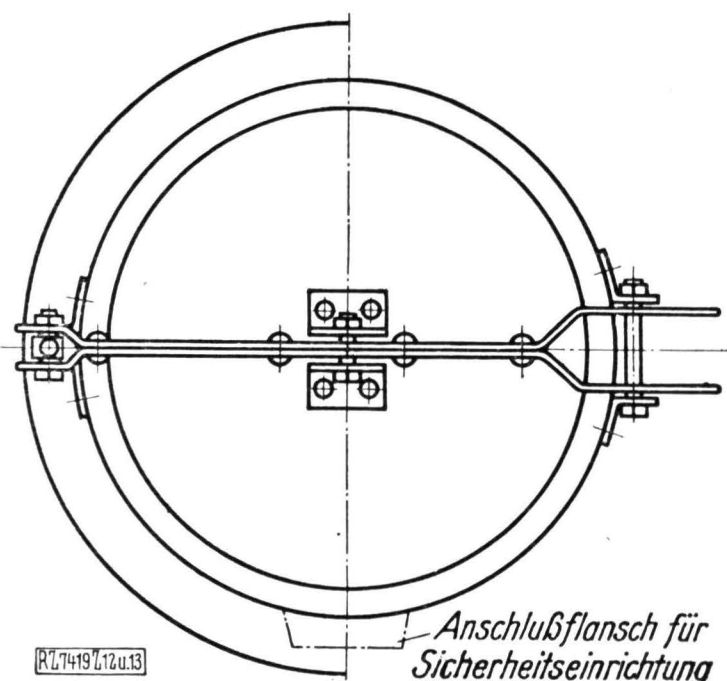


Abb. 14 bis 17 (rechts). Einheits-Ablaßeinrichtungen.

Abb. 14 und 15 (rechts). Ablaßeinrichtung von 100 mm Nennweite, insbesondere für leichtflüssige Ladegüter.

Abb. 16 und 17 (rechts unten). Ablaßeinrichtung von 200 mm Nennweite, insbesondere für schwerflüssige Stoffe.

Einzelfall der einstellenden Reichsbahndirektion vorbehalten.

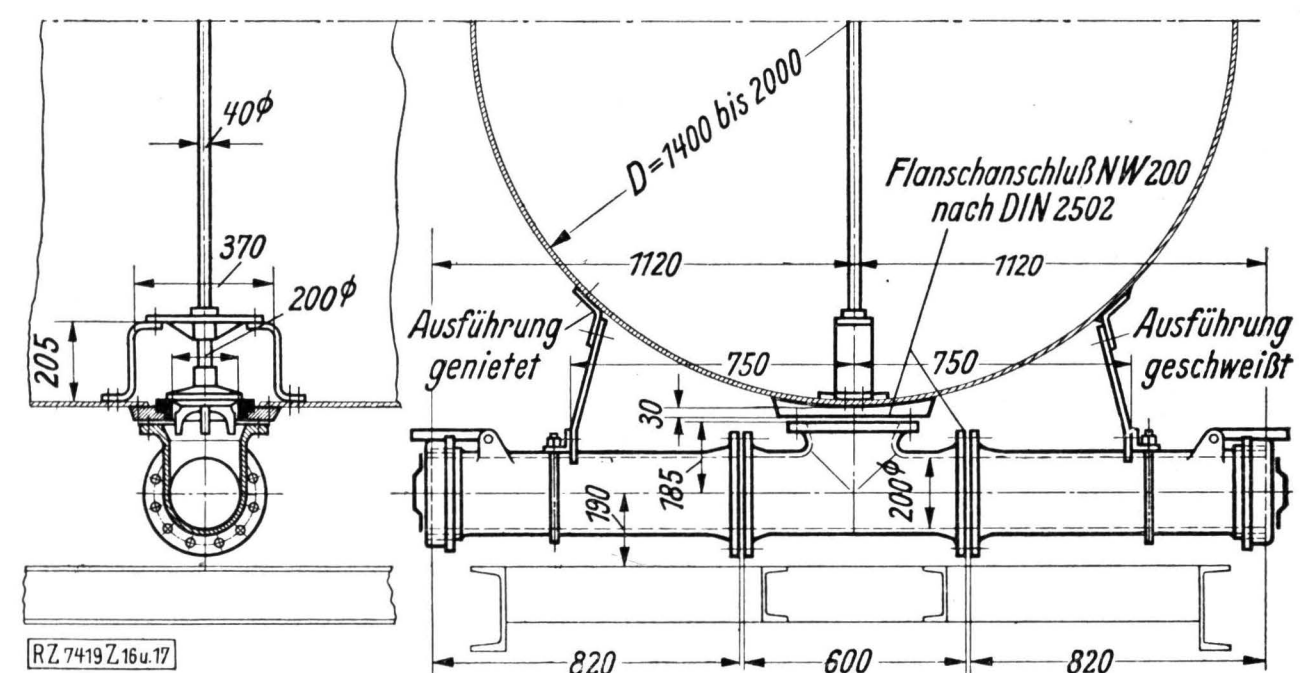
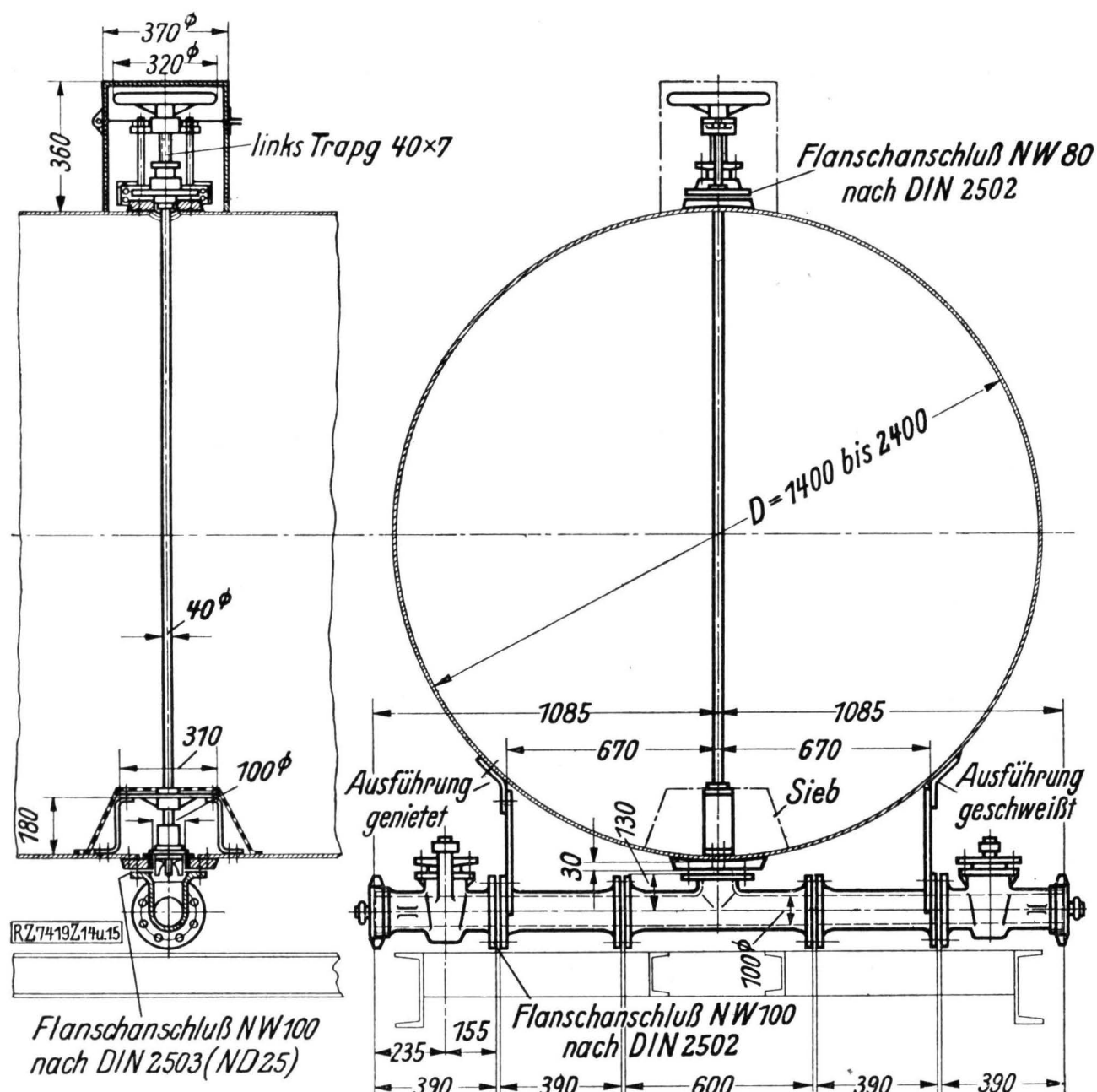
Daß noch andere Sattelbefestigungen erprobt und ausgeführt sind, die besonders den Zweck verfolgen, das Leckwerden der Kessel ganz auszuschließen, und die mit der bisherigen vernieteten Auflagerung verbundene Starrheit aufzulockern, u. a. durch Anschweißen der oberen Sattellängswinkel am Kesselmantel (Ausbildung einer Flossenkonstruktion) oder durch Zusammenfassung der Befestigungsmittel zwischen oberem Sattelwinkel und Sattelblech in ein größeres Befestigungsmittel (Gelenkpunktlagerung) ist bekannt. Normung dieser Konstruktionen ist nicht vorgesehen. Um sie zu verwenden, ist in jedem Einzelfall wiederum die Genehmigung der einstellenden Reichsbahndirektion zu beantragen.

Kesseldom

Die Einheitsbauart des Kesseldomes zeigen Abb. 12 und 13. Bei einem Mannloch von 600 mm Dmr. beträgt der Außendurchmesser des Domes 700 mm. Der Aufsatz erhält eine Krempe mit einer Einsteigöffnung von 450 mm l. W. und einer umlaufenden Nute für den einzulegenden Dichtring. Der eigentliche Deckel erhält keine Gelenke und keine Verschlusvorrichtung, sondern ist in seiner Mitte gelenkartig an dem Verschlushebel angehängt, so daß gleichmäßiger Anpreßdruck für den Dichtring gesichert ist. Die Höhe des Domaufsatzes beträgt 200 mm. Zwei Bauarten werden vorgesehen, eine genietete und eine geschweißte. Der Anschluß an den Kesselmantel ist den genormten Durchmessern anzupassen. Die Gewichte betragen für die genietete Ausführung 110 kg und für die geschweißte 100 kg. Es ist davon abgesehen, die Betätigung der Ablaßeinrichtung mit der Domkonstruktion zu vereinigen. Soweit Entlüftungs-, Sicherheits- oder Druckausgleicheinrichtungen anzubringen sind, werden sie am Kesseldom angebracht.

Ablaßeinrichtung

Verwendet werden zwei Ablaßeinrichtungen, Abb. 14 bis 17, je für die Nennweiten 100 und 200 mm. Die erste, Abb. 14 und 15, läßt sich unter jedem Kessel einbauen und wird besonders für leichtflüssige Ladegüter angewendet; die zweite, Abb. 16 und 17, für schwerflüssige Stoffe geeignet, läßt sich für Kessel mit den kleineren Durchmessern 1400 bis 2000 mm einbauen. Für die Betätigung sind einheitlich Kurbelantrieb, Säulenaufsatz mit Spindel sowie verschließbare und plombierbare Schutzhaube vorgesehen; ebenso sind am unteren Auslauf Spindelfuß und Sieb einheitlich gestaltet. Das Ventil selbst und die Abflußrohre einschließlich des Verschlußstückes, des besonderen Ablaßhahnes und der Rohraufhängung müssen entsprechend den verschiedenen Nennweiten 100 und 200 mm, jeweils abgeändert werden.



Das Ablaßventil, das wegen seiner Empfindlichkeit für die Lebensdauer des Kesselwagens von größter Wichtigkeit ist, und ebenso der Ablaßhahn, der nur für das Abflußrohr von der Nennweite 100 mm, also nur für die leichteren Flüssigkeiten, in Frage kommt, sind in besonderen Zeichnungen vom Fachnormenausschuß bearbeitet worden³⁾. Das Ablaßventil ist als kegeliges Tellerventil ausgebildet, die Gelenkverbindung zwischen Spindelfuß und Ventilteller stellt in Verbindung mit der Flügelführung in der Ventillagerung den genauen zentrischen Sitz her. Zum Anschluß der Abflußrohre am Kesselmantel ist zwischen dem Flansch am T-Stück und Kesselmantel ein Gegenflansch am Kesselmantel so angeordnet, daß er am Kesselmantel bei Vornahme einfacher Ausbesserungen verbleibt. Das Abflußrohr ist also ohne weiteres bei Ausbesserungen abnehmbar. Die genauen Angaben über den Gewindeanschluß am Ablaufstutzen und an der Verschlußkappe befinden sich bereits auf dem Normblatt WAN 221.

Dampfheizung

Die Dampfheizung ist in Abb. 18 bis 20 dargestellt. Die Anschlußstutzen für den Dampfeinlaß und -auslaß werden entweder angenietet oder angeschweißt. Bei Schweißung, Abb. 20, läßt sich die Heizung, die im Kessel soweit wie möglich nach unten zu verlegen ist, noch tiefer anordnen als bei Anschluß mit Nietflansch. Als normale Heizung ist die sogenannte doppelte 4-Zoll-Heizung vorgesehen. Als Rohre sind nahtlose Flußstahlrohre 108 × 3,75 DIN 2449 angewendet. Die Heizrohre werden im Innern mit Gefälle nach den Rohrenden zu verlegt. Normalerweise wird die Heizung in Verbindung mit der Kessellänge 6000 mm benutzt, die größte zulässige Kessellänge, bei der sie noch eingebaut werden

³⁾ Zeichnungen stehen auf Wunsch zur Verfügung.

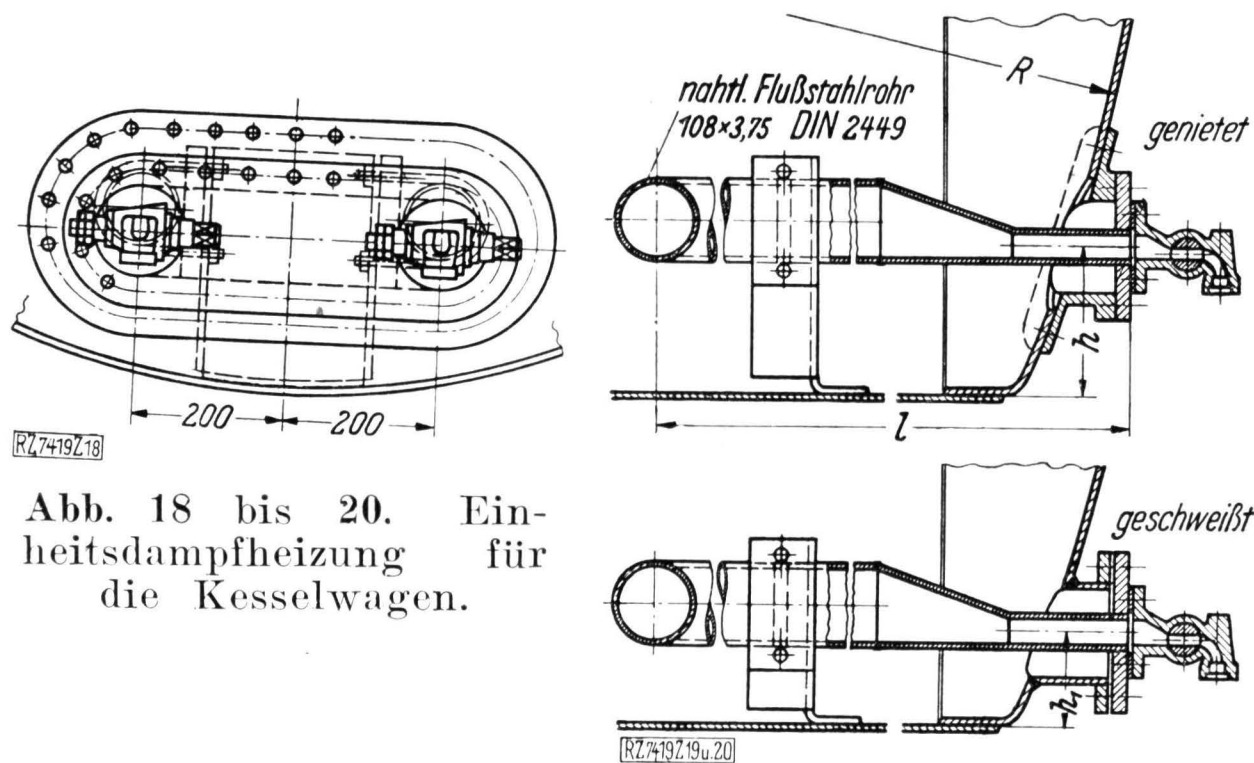


Abb. 18 bis 20. Einheitsdampfheizung für die Kesselwagen.

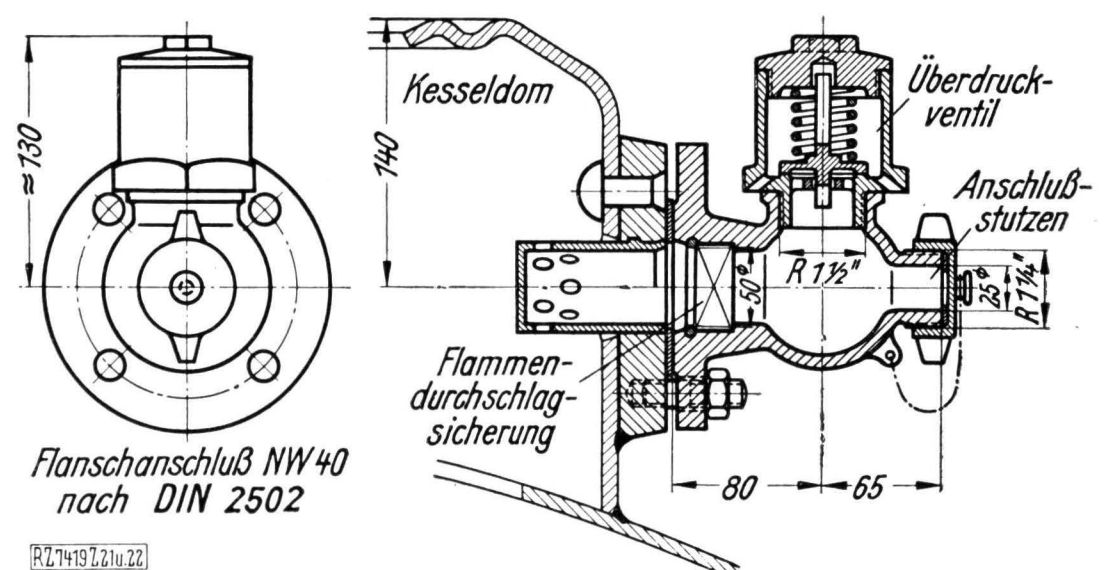


Abb. 21 und 22 (oben). Einheits-Sicherheitseinrichtung für Kesselwagen mit Flammendurchschlagsicherung, Überdruckventil und Anschlußstutzen für Ausgleichleitung zwischen Tank und Kesselwagen.

kann, beträgt 6450 mm. Für den Absperrhahn und für die Verlegung der Heizung bestehen bereits Musterzeichnungen.

Zubehörteile und Sicherheitseinrichtungen

Auch für weitere Zubehörteile zum Kesselwagen, wie Leiter, Gehsteg auf dem Kessel, Geländer u. a. liegen Musterzeichnungen im Entwurf vor. Obwohl die Konstruktionen für Druckausgleichseinrichtungen, Entlüftungs- und Sicherheitseinrichtungen noch nicht endgültig verabschiedet sind, wäre der vorliegende Bericht unvollständig, wollte man nicht kurz den gegenwärtigen Stand der Bearbeitung dieser wichtigen Kesselarmaturen erwähnen.

Die zur Zeit hierfür in den Anlagen 5, 6 und 7 der TVP enthaltenen Konstruktionen erscheinen nach den Erfahrungen der Reichsbahn wie auch der Verbraucher verbesserungsbedürftig. Vor allem dürfte die meist eingebaute Entlüfterkonstruktion mit dem nach unten um den Kessel herumgeführten Entlüfterrohr ihren Zweck nicht erfüllen. Abgesehen davon, daß dieses Rohr sich leicht verstopft, birgt es eine Gefahrenquelle im Fall einer Explosion in sich. Es ist deshalb beabsichtigt, eine an sich vereinheitlichte Sicherheitseinrichtung in der Gestalt zu schaffen, daß sie je nach den Anforderungen, die an den Wagen zu stellen sind, mit den erforderlichen Einzelteilen versehen wird.

Die in Abb. 21 und 22 dargestellte Sicherheitseinrichtung, die mittels Flansches am Dom angenietet oder angeschweißt wird, erhält als Sicherungselemente eine Flammendurchschlagsicherung, ein Überdruckventil und einen Gaspendelstutzen für den Anschluß der Ausgleichleitung zwischen Tank und Kesselwagen, ferner sind zum Schutze gegen unbefugte Entnahme ein durchlöchertes Rohrstück als Abschluß hinter der Domwand und außen Plombierstellen angeordnet.

Die einzelnen Teile der Sicherheitseinrichtungen werden erforderlich in folgenden Anwendungsfällen:

- Überdruckventil:** bei Flüssigkeiten, deren Siedepunkt unter 50°C liegt;
- Gaspendelstutzen (Anschlußstutzen für Ausgleichleitung):** bei Flüssigkeiten der Gefahrkategorie A I der Eisenbahn-Verkehrsordnung;
- Flammdurchschlagsicherung:** bei Flüssigkeiten von einer der vorgenannten Eigenschaften, sofern sie brennbar sind.

Soweit die Einzelteile in Abb. 21 und 22 danach nicht gebraucht werden, kann man die Vorrichtung ohne sie ausbilden, d. h. ohne Pendelanschluß, ohne Flammensieb oder ohne Überdruckventil, Abb. 23 bis 26. Will man jedoch den Kessel für Flüssigkeiten verschiedener Gruppen verwenden, so wird zweckmäßig die Regelausführung Abb. 21 und 22 oder die Ausführung nach Abb. 25 angewendet.

Bei allen Ladegütern, deren Siedepunkt über 50° liegt, und die nicht der Gefahrkategorie A I zugehören (z. B. Ammoniakwasser, Seewasser, Steinkohlenteer, Spiritus usw.), ist keinerlei Sicherheitseinrichtung notwendig.

Schließlich wird noch bemerkt, daß der Forderung der Aufsichtsbehörde nach Einbau eines Gaspendel-Anschlußstutzens an den in Frage kommenden alten Wagen

Abb. 23 bis 26. Sicherheitseinrichtungen im einzelnen.

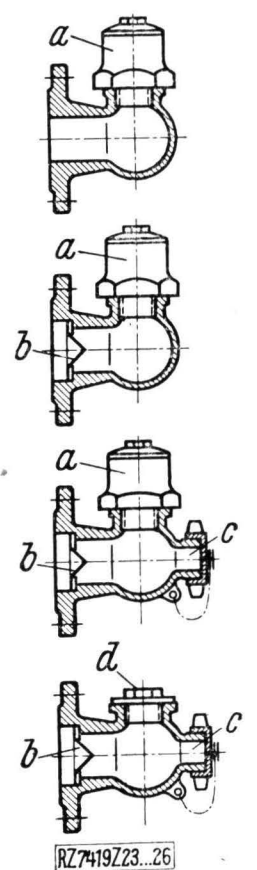
- a Überdruckventil b Flammendurchschlagsicherung
c Anschlußstutzen für die Ausgleichleitung d Verschlussschraube

Abb. 23. Für nicht brennbare Flüssigkeiten, deren Siedepunkt unter 50° liegt, z. B. Methylenchlorid.

Abb. 24. Für brennbare Flüssigkeiten, deren Siedepunkt unter 50° liegt und die nicht zur Gefahrkategorie A I gehören, z. B. Azetaldehyd.

Abb. 25. Für brennbare Flüssigkeiten, deren Siedepunkt unter 50° liegt und die zur Gefahrkategorie A I gehören, z. B. Benzin, Rohpetroleum, Äther usw.

Abb. 26. Für brennbare Flüssigkeiten, deren Siedepunkt über 50° liegt und die zur Gefahrkategorie A I gehören, z. B. Benzol, Toluol, Azethylenchlorid usw.



bis zum November 1932 dadurch entsprochen wird, daß zu den jetzt vorhandenen Sicherheitseinrichtungen dieser Teil zusätzlich am Kesseldom angebaut wird unter Beachtung der Konstruktionsgedanken der vereinheitlichten Sicherheitseinrichtung. Es ist zu erwarten, daß sodann für später zu liefernde Kesselwagen die Genehmigung der Reichsbahn zu der vereinheitlichten Sicherungseinrichtung abgeschlossen ist, so daß alsdann in Zukunft alle Sicherheitseinrichtungen einschließlich Gaspendelstutzen in einem Armaturenteil gemäß Abb. 21 und 22 vereinigt sein werden. [B 7419]

Spülverfahren bei einer Senkkastengründung

Beim Bau einer Überführung zwischen dem Michigan-Kanal und dem Chikagofluß in Chicago waren 73 Senkkasten 30 m tief abzusenken. Während man von 7,9 m Tiefe ab blauen Ton antraf, den man leicht ausheben konnte, machte die Beseitigung einer darüberliegenden Schicht von stark wasserführendem Sand Schwierigkeiten, so daß man sich zu folgendem Verfahren entschloß: Für die Senkkasten stellte man dünne Stahlmäntel von 9,15 m Höhe und 1,22 bis 1,83 m Dmr. mit stumpfgeschweißten Nähten her. In diesen Mänteln führte man je sechs bis acht Wasserrohre mit 52 mm Dmr. in gleichen Abständen herab. Jedes Rohr endigte in einer Strahldüse von 13 mm Weite. Unten um den Stahlmantel wurde von jedem Wasserrohr eine Abzweigung herumgeführt, die in eine nach oben gerichtete Düse mündete. Die Abzweigung ließ ebenfalls Wasser waagrecht austreten.

Die Gruben wurden zunächst für jeden Senkkasten 2,5 m tief mit der Hand ausgehoben und mit Holz ausgesteift. Danach setzte man die Stahlmäntel ein und schloß die Wasserrohre an eine Kreispumpe von 5500 l/min an, die das Wasser mit 7 at aus den Strahlöffnungen drückte. Der gelöste Sand stieg außen empor. In 10 min gelangte man so bis auf den blauen Ton. In den Ton wurden die Stahlmäntel mittels Dampfhammern getrieben. Das Wasser wurde dann ausgepumpt, Sand und Ton wurden in Eimern wegbeefördert. (Engng. News-Rec. 28. Januar 1932 S. 135*)

[N 7704]

R. H.

Die Härtung legierter Stähle durch Stickstoff

Von OSKAR MEYER und WALTER EILENDER, Aachen

Der Aufsatz faßt eine Reihe von Untersuchungen zusammen, die im Hüttenmännischen Institut der Technischen Hochschule Aachen zur Aufklärung der bei der Nitrierung von Eisen und Eisenlegierungen verlaufenden Reaktionen durchgeführt wurden. Von besonderer Bedeutung waren Diffusions- und Ausfällvorgänge in fester Metallphase, deren Bearbeitung zu einigen neuen Erkenntnissen auf diesem Gebiet der Metallkunde führte.

Bis in die letzten Jahre hinein wurde die Härtung von Eisen und Eisenlegierungen praktisch nur durch die Einführung von Kohlenstoff in Eisen oder passend gewählte Eisenlegierungen bewirkt, während man die härtenden Eigenschaften anderer Elemente in geringem Umfang oder überhaupt nicht nutzbar machte. Zum Teil lag das daran, daß man die Härtungsursachen und damit die Möglichkeiten, die die Verwendung weiterer Elemente bot, noch nicht klar erkannt hatte, zum andern Teil aber waren die Gründe darin zu suchen, daß erst die Nachkriegsentwicklung der Industrie bei dauernd gesteigerter Beanspruchung der Werkstoffe die Schaffung neuartiger, besonderer Legierungen forderte. Es sei in diesem Zusammenhang auf die Entwicklung der rostbeständigen Stähle, der durch Ausscheidung härtbaren Legierungen und der Schneidmetalle verwiesen, die der Metallkunde und der Technik neue Gebiete erschlossen. Eine Sonderstellung nehmen die durch Stickstoff gehärteten Stähle ein, die überall dort den im Einsatz gehärteten Kohlenstoffstahl zu verdrängen beginnen, wo größtmögliche Oberflächenhärte und Verschleißfestigkeit der bei nicht zu hohen Flächendrücken auf rollende oder gleitende Reibung beanspruchten Werkteile verlangt werden.

Wenn im folgenden von Nitrierhärtung gesprochen wird, so sei darin nicht einbegriffen die seit altersher geübte Zementation von Eisen durch gleichzeitige Einführung von Kohlenstoff und Stickstoff mit Hilfe fester, flüssiger oder gasförmiger Mittel, sondern darunter nur verstanden das Härten von gewissen Sonderstählen in stickstoffabspaltenden Gasen bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen, die ein verspannungsfreies Härten erlauben.

Nachstehende Zusammenstellung gibt die Zusammensetzung einiger in Amerika und Europa hauptsächlich verwendeter Stähle wieder.

	C %	Al %	Cr %	Mo %	
1	0,4	0,8 bis 1	1,4 bis 1,8	—	ältere Nitrierstähle
2	0,15 bis 0,65	0,6 bis 1,2	0,8 bis 1,3	0,15 bis 0,25	neuerdings in ausgedehnterem Maße benutzte Nitrierstähle
3	0,25	1 bis 1,4	—	0,8 bis 1	Nitrierstähle geringerer Härte, großer Zähigkeit

Daneben hat man in allerletzter Zeit Nitriersonderstähle hergestellt, die höhere Kohlenstoffgehalte und Legierungszusätze aufweisen, insbesondere um größere Kernfestigkeiten zu erzielen.

Die gebräuchlichen Nitrierstähle, die zuerst von A. Fry¹⁾ entwickelt und vorgeschlagen wurden, schreckt man vor dem Nitrieren von etwa 900 ° C ab und läßt sie darauf bei rd. 600 ° 2 h an, um einen sorbitischen Kern zu erhalten, der sich bei der anschließenden Nitrierung nicht mehr wesentlich verändert. Härtetemperatur, Anlaßtemperatur und -dauer richten sich nach der Zusammensetzung des Stahles und der Größe des Werkstückes. Die Oberflächenhärtung der nach dem Anlassen fertig bearbeiteten Werkstücke erfolgt fast ausschließlich in Öfen, die von Ammoniakgas durchströmt werden, zumeist elektrisch beheizten und selbsttätig geregelten Widerstandsöfen, bei einer mittleren Temperatur von 500 bis 520 ° C. Die erzielbare Härte von höchstens 1200 Vickers-Brinell-Härtegraden sowie die Eindringtiefe des

Stickstoffs sind bei gegebenem Stahl abhängig von der Ofentemperatur, der Nitrierdauer, der Ammoniakgeschwindigkeit und damit der Ammoniakdissoziation. Abwandlungen des hier nur in Grundzügen gekennzeichneten Verfahrens sind in großer Zahl vorhanden, haben aber noch keine praktische Bedeutung erlangt.

Die bisher erschienenen Veröffentlichungen über Einzelfragen der Nitrierung sowie Gesamtdarstellungen des Nitrierverfahrens beschränken sich mit wenigen Ausnahmen²⁾ auf die technische Seite der Nitrierung und streifen nur in Form von Hinweisen den eigentlichen Härtungsvorgang, der noch einer umfassenden Bearbeitung harret. Eine Reihe experimenteller Untersuchungen, die schon zum Teil ihren Niederschlag in Veröffentlichungen gefunden hat³⁾, ermöglichte uns, das Problem der Stickstoffhärtung einer gewissen Lösung entgegenzuführen.

Die überaus große Zahl der zu berücksichtigenden Komponenten und Reaktionen gab Anlaß, zunächst an reinem Eisen und an binären Legierungen den Nitriervorgang zu studieren. Die Zusammenfassung der hierbei gewonnenen Erkenntnisse erlaubt heute in großen Zügen die Darstellung des Gesamtverlaufs der Nitrierhärtung technischer, komplexer Stähle, die eine Fülle wichtiger und bemerkenswerter metallkundlicher Fragen umschließt.

Das Verhalten von Eisen bei der Nitrierung

Die wichtigsten Legierungselemente eines Nitrierstahles sind Aluminium und Chrom, beides gute Nitridbildner, weiterhin spielen noch Vanadium, Molybdän und Titan eine Rolle, die nicht ausschließlich durch die ebenfalls starke Stickstoffbindung dieser Metalle, sondern daneben durch eine Reihe von Eigenschaften bedingt ist, die diese dem Nitrierstahl an sich, also vornehmlich dem Kern des zementierten Werkstoffs verleihen. Träger der Nitrierung ist die Eisengrundmasse des Stahles. Schon bei der verhältnismäßig niedrigen Temperatur von 500 ° ermöglicht die geringe Stabilität der Eisennitride und des α -Eisenstickstoffmischkristalls eine beträchtliche Diffusion des Stickstoffs von dem aus Nitriden bestehenden äußeren Reaktionsraum ins Innere des Werkstoffes hinein³⁾.

Beim Vergleich der Diffusionsverhältnisse von Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff unter gleichen Bedingungen erkennt man deutlich, daß nicht so sehr die Atomvolumen, die zu Diffusionskonstanten wenig verschiedener Größe führen würden, als vielmehr die Bindungsart und -festigkeit dieser Atome in Form von Verbindungen und Mischkristallen mit Eisen maßgebend die Diffusionsmöglichkeit beeinflussen. Eine Auswirkung der verschiedenen Atomvolumen der diffundierenden Stoffe wird erst dann zu bemerken sein, wenn bei höheren Temperaturen die Dissoziation der Verbindungen oder der Zerfall der Mischkristalle Werte erreichen, die eine genügende Nachlieferung des diffundierenden Stoffes erlauben.

Es konnte nachgewiesen werden, daß der Transport des Stickstoffes dem Fickschen Diffusionsgesetz⁴⁾ gehorcht, und wir dürfen annehmen, daß im Falle des vorliegenden Mischphasentyps, eines Einlagerungsmischkristalls, die Wanderung der Stickstoffatome über Zwischengitterplätze ausschlaggebend ist. Die sich bei dieser Temperatur und der bei der technischen Nitrierung

²⁾ Hier sind vornehmlich zu nennen: G. Hägg, Jernkont. Ann. Bd. 115 (1931) S. 183, O. E. Harder, Met. & Alloys Bd. 2 (1931) S. 463.

³⁾ W. Eilender, O. Meyer, Arch. Eisenhüttenw. Bd. 4 (1930) S. 343. O. Meyer, R. Hobrock, Arch. Eisenhüttenw. Bd. 5 (1931/32) S. 525.

⁴⁾ Vergl. z. B. F. Sauerwald, Lehrb. d. Metallk., Berlin 1929, S. 179/81.

¹⁾ A. Fry, Kruppsche Mh. Bd. 4 (1923) S. 137, Z. Bd. 70 (1926) S. 612.

üblichen Ammoniakkonzentration bildende Außenschicht aus ε - und γ' -Phase des binären Systems Eisen-Stickstoff⁵⁾ ist zwar wegen ihrer Sprödigkeit nicht gerade erwünscht, hat sich aber wegen der Forderung wirtschaftlicher, also auch rascher Härtung und damit nach unten hin begrenzter Ammoniakkonzentration noch nicht umgehen lassen.

Im Verlaufe der Abkühlung scheidet sich gemäß der mit fallender Temperatur abnehmenden Stickstofflöslichkeit Eisennitrid, Fe_4N , aus dem Mischkristall aus, wobei die groben Ausscheidungen, „Nitridnadeln“, nahe der Oberfläche die Härte der Eisengrundmasse nur wenig verändern, dagegen aber feinst disperse Ausscheidungen im Innern des Werkstoffs zu beträchtlichen Härtesteigerungen Anlaß geben können. In dem Gebiet höchster Härte, dessen Entfernung von der Oberfläche durch die Nitrierdauer geregelt wird, beträgt die Stickstoffkonzentration nur wenige tausendstel Prozent Stickstoff. Röntgenographische und technologische Untersuchungen an nitriertem, kompaktem Eisen deuten darauf hin, daß die Stickstoffkonzentration des gesättigten Eisenstickstoff-Mischkristalls bei Raumtemperatur noch unter dieser Konzentrationsgrenze liegen muß.

Stickstoffhärtung von Eisenaluminiumlegierungen

Legiert man dem Eisen Aluminium zu, so verlaufen grundsätzlich ähnliche Reaktionen, hinzu tritt aber folgendes neue Moment. Die Aluminiumatome sind, wie die Untersuchungen von F. Wever und A. Müller⁶⁾ zeigen, an Stelle von Eisenatomen in das Eisengitter eingebaut, bilden einen Substitutions-Mischkristall. Diffundieren nun infolge des Konzentrationsgefälles Stickstoffatome von der Oberfläche ins Innere, wobei Stickstoff von den Eisenatomen wechselseitig gebunden und wieder abgegeben wird, so kann je nach der Konzentration des Aluminiums in der Grundmasse früher oder später der Fall eintreten, daß Stickstoffatome von Aluminiumatomen gebunden werden. Wie sich nachweisen läßt, treten bereits bei 500 ° metallisches Aluminium und Stickstoff unter Bildung des stabilen Aluminiumnitrides AlN zusammen. Diese Verbindung ist nach unsern Versuchen entgegen der Auffassung anderer⁷⁾ weder in flüssigem noch festem Eisen merklich löslich, kann sich also nicht an dem eigentlichen Diffusionsvorgang durch Platzwechselreaktion beteiligen, da der Stickstoff des Nitrides erst durch Erhitzen auf mehr als 1700 ° abgespalten wird. AlN ist somit als störendes, zum Ausscheiden neigendes Fremdmolekel im Gitterverband des Eisens anzusprechen. Der Umstand indes, daß Ausscheidungen des Aluminiumnitrides vor allem bei höheren Aluminiumkonzentrationen und Nitriertemperaturen zu beobachten sind, führte auf Grund einfacher kinetischer Vorstellungen zu einer Unterscheidung zwischen der Diffusion

löslicher Elemente und Verbindungen (Diffusion erster Art) und der unlöslicher Verbindungen (Diffusion zweiter Art⁸⁾), die nur dann in nennenswertem Maß eintreten sollte, wenn diese Verbindungen in möglichst fein verteilter Form in der Grundmasse vorliegen, so daß sich die zu einer Sammelkristallisation drängenden Kräfte in vollem Maß auswirken können.

Die größten Härtesteigerungen lassen sich durch Zusatz von etwa 0,8 % Al erzielen, bei weiterem Zusatz von Aluminium erhöhen sich die Härten nur noch in geringem Maße, weil bei höheren Aluminiumgehalten die Sammelkristallisation des Aluminiumnitrides leichter eintreten kann. In aluminiumreicheren Legierungen wird der Härtezuwachs vornehmlich durch schichtenförmige Ausscheidungen von Aluminiumnitrid bewirkt, die an rhythmische Fällungserscheinungen (Liesegangringe) in kolloiden Systemen erinnern, Abb. 1.

Die Verfolgung der Härte in die Tiefe nitrierter Eisenaluminiumlegierungen auf Grund von Schrägschliffen und die röntgenographische Untersuchung schichtweise abgetragenen Werkstoffs lieferten den Beweis, daß die bei der Nitrierung von Eisenaluminiumlegierungen auftretenden hohen Härten nicht mit merklichen Gitterverformungen verknüpft waren; fast unmittelbar unter der Oberfläche, im Gebiet höchster Härte, konnte nur das ungestörte α -Eisengitter erkannt werden. In größeren Tiefen der nitrierten Legierungen traten zwar beträchtliche Gitterstörungen auf, die teilweise zu einer regelrechten Aufspaltung der Röntgenreflexionen führten, aber nicht mit einer besonderen Härte des Werkstoffes zusammenfielen. Diese Störungen wurden dem schon erwähnten Einfluß geringer Stickstoffmengen im α -Eisen-Mischkristall und geringer Mengen nicht koagulierten Aluminiumnitrides zugeschrieben, während in den Zonen höchster Härte ausgeschiedene Aluminiumnitridpartikel günstigster Größe neben oder in dem ungestörten α -Eisengitter liegen⁹⁾. Die Blockierung der Gleitebenen des Eisens durch Aluminiumnitridteilchen ruft die mit Hilfe der üblichen Verfahren beobachtbare Härte hervor. Andeutungen einer Bildung von Aluminiumeisendoppelnitriden oder des von Hägg¹⁰⁾ vermuteten ternären Eisenaluminiumstickstoff-Mischkristalls konnten nicht gefunden werden.

Die Härtung der Eisenaluminiumlegierungen durch Stickstoff ist irreversibel und unterscheidet sich damit grundlegend von der Härtung des Eisens durch Kohlenstoff oder von duraluminartigen Härtungserscheinungen. Wird eine nitrierte Eisenaluminiumlegierung oder auch ein Nitrierstahl über 600 ° erhitzt, so tritt eine Koagulation des Aluminiumnitrides ein, die wegen der Unlöslichkeit des Nitrides durch eine Wärmebehandlung nicht mehr rückgängig gemacht werden kann. Gleichzeitig verläuft bei Überhitzung die Dissoziation der Eisennitride und die Stickstoffabgabe des α -Eisen-Stickstoff-Mischkristalls, die sich indes bis zu Temperaturen von 600 ° zur Hauptsache nur auf die äußerste Schicht des nitrierten Werkstücks erstreckt und die darunter liegenden Gebiete höchster Härte noch nicht wesentlich beeinflusst.

Die Nitrierung komplexer Legierungen und Stähle

Die Nitrierung von Eisenchromlegierungen zeitigt ähnliche Ergebnisse. Allerdings dissoziiert hier das weniger stabile Chromnitrid CrN ¹¹⁾ bei tieferen Temperaturen als AlN ; nach den Versuchen von Adcock¹²⁾ ist bei 1200 ° C schon eine merkliche Löslichkeit des Nitrides in Eisen anzunehmen, die bei der Abschreckung von stickstoffhaltigen Eisenchromlegierungen zu martensitähnlichem Gefüge Anlaß geben kann. Gleiches Verhalten zeigen die Legierungen des Eisens mit Molybdän und Vanadium bei der Nitrierung und, wie sich an der Hand von Vakuumdiffusionsversuchen nachweisen läßt, die Nitride dieser Legierungselemente, die, wie die im Gegensatz hierzu bei allen Temperaturen im festen und flüssigen Eisen unlös-

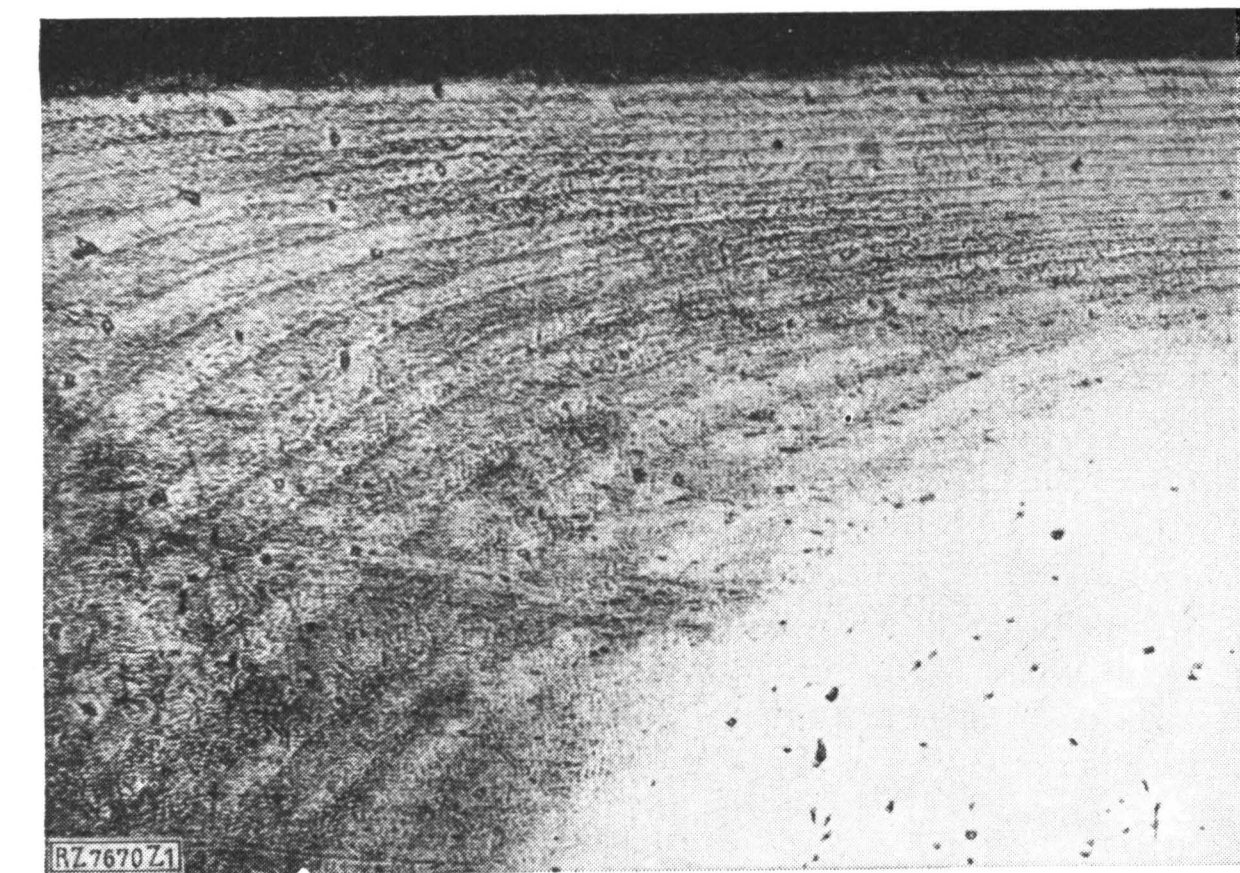


Abb. 1. Schrägschliff einer Legierung mit 3,21% Aluminium, 21 h bei 550° nitriert, im Ofen abgekühlt.

⁵⁾ s. a. G. Hägg, Z. physik. Chem. Bd. 38 (1930) S. 455, N. Eisenhut u. E. Kaupp, Z. Elektrochem. Bd. 36 (1930) S. 392.

⁶⁾ F. Wever u. A. Müller, Z. anorg. allg. Chem. Bd. 192 (1930) S. 337.

⁷⁾ Vergl. N. Tschischewsky, J. Iron Steel Inst. Bd. 17 (1915) S. 47.

⁸⁾ Vergl. Fußanm. 3).

⁹⁾ s. a. R. Hobrock, Trans. Amer. Soc. Stl. Treat. Bd. 15 (1929) S. 543.

¹⁰⁾ Vergl. Fußanm. 2).

¹¹⁾ G. Valensi, J. Physique Chim. Bd. 29 (1929) S. 152.

¹²⁾ P. Adcock, J. Iron Steel Inst. Bd. 114 (1926) S. 117.

lichen Nitride des Aluminiums und Titans, bei den in Frage kommenden Nitrieremperaturen nach ihrer Bildung wieder aus dem Mischkristall austreten und als höchstdisperse Nitridpartikel vorliegen dürften¹³⁾.

Einen besonders schlüssigen Beweis für die Unlöslichkeit dieser Nitride in festem Eisen lieferten letzthin Untersuchungen über die Wirkung von Zusätzen der Metalle Molybdän, Vanadium, Zirkon, Titan und Aluminium auf die Alterung von Eisenstickstofflegierungen, die praktisch kohlenstoff- und sauerstofffrei erschmolzen worden waren¹⁴⁾. Schon bei Anwesenheit relativ geringer Mengen dieser Nitridbildner, die den schmelzflüssigen Eisenstickstoff-Legierungen zugesetzt wurden, konnte die mit Hilfe der Messung von Härte, Koerzitivkraft, Remanenz und Leitfähigkeit verfolgbare Alterung des stickstoffhaltigen Eisens völlig unterdrückt werden. Der in Form von Eisennitrid ausscheidungsfähige Stickstoff des Mischkristalls wird durch die zulegierten Metalle in reaktionsträge Verbindungen übergeführt, die sich bei Erwärmung der Legierungen an Ausscheidungs- und Lösungsvorgängen nicht mehr beteiligen. Die nitridbildende Fähigkeit nimmt in der Reihenfolge Aluminium, Titan, Vanadium, Chrom, Molybdän ab.

In den technischen Nitrierstählen verhalten sich die Nitride dieser Metalle grundsätzlich ähnlich und durchsetzen je nach den Entstehungsbedingungen in der mehr oder weniger feinen Form harter Teilchen den Stahl. Bei zu hohen Gehalten des Eisens an nitridbildenden Metallen tritt aus leicht ersichtlichen Gründen eine Blockierung der Stickstoffdiffusion ein, die bei hochlegierten Werkstoffen oder bei Leichtmetalllegierungen zur Ausbildung einer sperrenden Nitridschicht führt. Die Gehalte der üblichen Nitrierstähle an Aluminium und Chrom und den übrigen Nitridbildnern sind daher ganz wesentlich bedingt durch ausreichende Diffusionsmöglichkeiten bei einer genügenden Menge härthbarer Eisengrundmasse und durch einen günstigen, also möglichst stetigen Verlauf der Härte in die Tiefe des Werkstücks. Daneben spielen natürlich im Hinblick auf die Verwendung und die Bearbeitbarkeit des Nitrierstahles die Gesamtzusammensetzung, also auch der Kohlenstoff-, Mangan-, Silizium- und Schwefelgehalt eine Rolle.

Die röntgenographischen Untersuchungen von O. F. Harder und G. B. Todd¹⁵⁾ bestätigen für nitrierte komplexe Stähle die von O. Meyer und R. Hobrock an Eisenaluminiumlegierungen erhaltenen Ergebnisse. Auch hier schließt sich an einen schwachen aus ϵ - und γ' -Phase bestehenden Außensaum in 0,1 mm Tiefe schon das Gebiet höchster Härte an, das durch ein ungestörtes α -Eisengitter gekennzeichnet wird. Aluminium, Titan, Vanadium, Chrom und Molybdän engen bekanntlich das Existenzgebiet des γ -Eisens ein, behindern die Bildung der γ' -Phase der Eisenstickstoff-Legierung und tragen somit unmittelbar zur Unterdrückung der unerwünschten, spröden Außenschicht bei, die durch erschöpfende Nitrierung der γ' -Phase entsteht. Einen Beweis für die Anwesenheit von Doppelnitriden in der nitrierten Außenschicht erbrachten auch diese Untersuchungen nicht, so daß mit ihrem Auftreten im Innern nitrierter Stähle kaum zu rechnen sein dürfte.

Unter der aus Eisennitrid bestehenden Außenschicht, die je nach der Zusammensetzung des Stahls wechselnde Mengen anderer Metallnitride enthält, läßt das Schlißbild im allgemeinen nur das bekannte Gefüge eines niedriglegierten Stahles mit geringem Kohlenstoffgehalt erkennen. Neben Perlit (Sorbit), der bei den relativ hohen Stickstoffgehalten der Oberflächenschicht von Nitriden begleitet wird, ist nur der α -Eisen-Mischkristall festzustellen. Weder röntgenographisch noch mikroskopisch ist die Anwesenheit weiterer Phasen zu erweisen. Durch Erhitzen und die damit verbundene Koagulation der Nitride werden diese im Schlißbild besser kenntlich, wohingegen sie sich wegen ihrer verhältnismäßig geringen Menge in den Röntgenogrammen auch dann noch nicht erkennen lassen.

Wahl von Zusatzmetallen (Titan)

Eine Erhöhung der Menge der zugegebenen Legierungsmetalle, allerdings auf Kosten rascher, gleichmäßig durchgreifender Nitrierung, ist bei der Herstellung von Sondernitrierstählen größerer Kernfestigkeit erforderlich. Im allgemeinen regelt hier der Kohlenstoffgehalt die Festigkeitseigenschaften. Der Kohlenstoffgehalt ist jedoch in seiner Höhe beschränkt, weil bei größeren Kohlenstoffgehalten die Einwanderung des Stickstoffs gebremst wird, die tatsächlich erreichbare Härtesteigerung bei sonst gleichbleibender Zusammensetzung des Stahles abnimmt und schließlich auch Vanadium, Chrom und Molybdän in unerwünschtem Maß als Karbide gebunden werden und damit für den eigentlichen Nitriervorgang ausscheiden. Eine Kompensation eines zu hohen Kohlenstoffgehaltes kann z. B. durch erhöhten Chromzusatz bewirkt werden.

Die neuerdings geübte Härtung von Sonderstählen durch Metalle, deren Löslichkeit in α -Eisen mit sinkender Temperatur abfällt¹⁶⁾, eröffnet ebenfalls neue Möglichkeiten, die Härte nitrierter Stähle zu steigern und die Kernfestigkeit durch einen gleichzeitig mit der Nitrierung ablaufenden Ausscheidungsvorgang zu erhöhen. Benutzt man Titan als Zusatzelement in Eisen oder Eisenlegierungen, so lassen sich abgeschreckte titanhaltige Legierungen im gleichen Arbeitsgang nitrieren und einer Ausscheidungshärtung unterwerfen, wenn man Nitrier-temperatur und optimale Ausscheidungstemperatur aufeinander abstimmt. Es gelang so, bei einer Kernhärte von 77, Rockwell C 60, Oberflächenhärten von 88 und mehr Härtegraden zu erzielen, also Härten, die die von Wolframkarbid-Hartmetallen erreichen, ja teilweise übertreffen¹⁷⁾. Eisentitanlegierungen mit den erforderlich hohen Gehalten von mehr als 5 % Titan lassen sich nur schwer unter Einhaltung bestimmter Vorsichtsmaßnahmen einwandfrei erschmelzen und vergießen; außerdem ergeben solche Legierungen sehr spröde Nitrierschichten mit ungünstigem Härteabfall. Durch Zulegierung weiterer nitridbildender und die Kernzähigkeit steigernder Metalle können die für eine Ausscheidungshärtung erforderlichen Titanmengen verringert und eine Verbesserung des Gefüges und Härteverlaufs in die Tiefe erreicht werden.

Einfluß des Wasserstoffes

Bei der Zersetzung des Ammoniaks an Eisen bilden sich Nitride, Stickstoff und Wasserstoff, deren Mengenverhältnis durch Geschwindigkeit, Druck und Temperatur des strömenden Gases geregelt wird. Durch die Dissoziation der Eisennitride wird der Diffusionsvorgang eingeleitet und bei genügender Nitridnachbildung dauernd weiter gespeist. Der Anwesenheit von Wasserstoff wurde bisher fast nur insofern Rechnung getragen, als man seine entkohlende Wirkung verringert wissen wollte. Eine Entkohlung der Randschichten führt zwar zu einer verstärkten Stickstoffaufnahme, aber auch zu spröden Nitrierschichten. Die Tatsache aber, daß Wasserstoff Eisen beträchtliche Härte verleihen kann, die selbst bei mehrtägigem Erhitzen im Vakuum auf 600 ° nur schwach abfällt¹⁸⁾, führte dazu, der Möglichkeit einer Mitwirkung von Wasserstoff bei der Nitrierhärtung einige Aufmerksamkeit zu schenken. Bei den Nitrierstählen kommt hinzu, daß fast alle Nitridbildner auch gute Hydridbildner sind und größere Mengen Wasserstoff zu binden vermögen.

Wir konnten jedoch feststellen, daß Eisentantal, -titan, molybdän, -chrom und -vanadium-Legierungen verschiedener Konzentration, wie auch Nitrierstähle durch Glühen im Wasserstoffstrom bei 400 bis 700 ° im Gegensatz zu Elektrolyteisen keiner beachtlichen Härte- und Gefügeveränderung unterlagen. Eine Hydrierung mit molekularem Wasserstoff sollte allerdings schon wegen der großen Stabilität des Wasserstoffmoleküls auf Schwierigkeiten stoßen, so daß man solche Versuche nicht zur endgültigen Entscheidung der Frage heranziehen

¹⁶⁾ W. Kroll, Metallwirtsch. Bd. 9 (1930) S. 1043, R. Wasmuth, Arch. Eisenhüttenw. Bd. 5 1931/32) S. 45.

¹⁷⁾ O. Meyer, W. Eilender u. W. Schmidt, Arch. Eisenhüttenw. demnächst.

¹⁸⁾ L. Guillet, A. Roux u. J. Couznot, C. R. Acad. Sci., Paris, Bd. 193 (1931) S. 685.

¹³⁾ W. Schmidt, Dissertation Aachen 1932.

¹⁴⁾ A. Gottwald, Dissertation Aachen 1932.

¹⁵⁾ O. F. Harder u. G. B. Todd, Amer. Soc. Steel Treat., September 1931.

kann. Wir gingen daher dazu über, Wasserstoffbestimmungen an nitrierten Eisen- und Stahlproben durchzuführen, und fanden tatsächlich, daß sowohl Elektrolyteisen als auch Nitrierstähle im Verlaufe der Nitrierung Wasserstoff aufnehmen. Die durch Schmelzextraktion bei 1600° gewonnenen Wasserstoffmengen waren sehr gering und entsprachen Gehalten von 0,001 % Wasserstoff und weniger. Weitere Untersuchungen nitrierter Stähle werden zeigen müssen, ob derartige Wasserstoffkonzentrationen ähnlich wie die geringen Stickstoffgehalte nitrierten Eisens einen in Betracht zu ziehenden Härtebeitrag zu liefern vermögen.

Beschleunigung der Diffusion

Die Diffusionsgeschwindigkeit des Stickstoffs in Eisen und Nitrierstählen ist bei den üblichen Nitrier-temperaturen nicht sehr groß. So beträgt für einen Stahl mit 0,3 % C, 1,12 % Al und 1,43 % Cr die Eindringtiefe nach 9 h Nitrierung bei 550° etwa 0,40 mm, nach 48 h Nitrierung rd. 1,05 mm. Die Diffusionskonstante für reines Eisen errechnet sich zu rd. $2 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ bei 550°¹⁹⁾. Eine Erhöhung der Temperatur zur Beschleunigung der Diffusion kommt aus früher erwähnten Gründen nicht in Frage, ebenso sind naturgemäß die Auswirkungen eines gesteigerten Ammoniakdurchsatzes, einer vergrößerten Ammoniakkonzentration oder erhöhten Druckes des Nitriergases begrenzt²⁰⁾. Eine Möglichkeit, die langen Nitrierzeiten zu verkürzen, scheinen die Versuche von Mahoux²¹⁾ zu bieten, der im Rahmen seiner Untersuchungen über den Einfluß schneller Schwingungen auf den Verlauf der Diffusion in Metallen auch die Nitrierung eines Nitriersonderstahles und eines Chromnickelstahles einer Überprüfung unterzog. Er stellte fest, daß bei 800° und der verhältnismäßig kurzen Nitrierdauer von 9 h ganz beträchtliche Eindringtiefen erreicht werden können, ohne indes einen Grund für diese Erscheinung anzugeben. Die Nachprüfung dieser Ergebnisse war wegen unzureichender Angaben der Versuchsbedingungen noch nicht möglich.

Im Eisenhüttenmännischen Institut der Technischen Hochschule Aachen wurden daher Versuche angestellt, die Diffusion von Stickstoff durch Beheizung des zu nitrierenden Werkstückes mittels hochfrequenter elektrischer Ströme (8000 Hz) zu beeinflussen²²⁾.

¹⁹⁾ Vergl. Fußanm. 3).

²⁰⁾ Vergl. Fußanm. 7).

²¹⁾ G. Mahoux, C. R. Acad. Sci., Paris, Bd. 191 (1930) S. 1328; s. a. Fayollet, Aciers spéc. Bd. 7 (1931) S. 11.

²²⁾ O. Meyer, W. Eilender u. W. Schmidt, Arch. Eisenhüttenw. demnächst.

Diese Versuche weisen insofern nur eine bedingte Ähnlichkeit mit denen von Mahoux auf, als dieser eine an einer vibrierenden Stahlplatte befestigte Probe nitrierte, sie also nicht einem intensiven elektromagnetischen Wechsel unterwarf. Es ergab sich bei der Nitrierung des Elektrolyteisens eine beträchtliche Steigerung der eindiffundierenden Stickstoffmenge, in geringerem Maße dagegen der eigentlichen Eindringtiefe. Ähnliche Ergebnisse zeitigten Versuche mit Nitrierstählen verschiedenster Zusammensetzung. Allerdings ist für kürzere Nitrierzeiten ein bedeutend tieferes Einwandern des Stickstoffs zu erzielen und damit ist, wenn man sich für bestimmte Zwecke mit geringeren Eindringtiefen begnügen kann und die technologischen Eigenschaften der nitrierten Schichten zufriedenstellend sein sollten, unter Umständen eine Verbilligung des Nitrierverfahrens möglich.

Die Feststellung, daß mit steigender Nitrierdauer bei Hochfrequenzbeheizung die nitrierte Schicht nicht in gleichem Maße weiter wächst, läßt sich durch die Annahme einer rein mechanischen Begünstigung des Nitriervorganges, z. B. durch Vibration, nicht durch irgendwie geartete Beschleunigung der chemischen Reaktionen deuten. In letzterem Falle müßte die Diffusion des Stickstoffs auch bei hochfrequentbeheizten Proben dem allgemeinen Diffusionsgesetz gehorchen und dürfte nicht nach einiger Zeit so deutlich wieder abklingen. Vermutlich werden die äußeren Schichten des Werkstücks durch Zug- und Druckspannungen etwas gelockert und auf diese Weise dem Stickstoff zunächst der Eintritt in die Kristallite erleichtert, während in den tiefer liegenden Schichten der Diffusionsvorgang nicht beeinflußt wird. Dieser Erklärung entsprechen auch Gefügebilder des im Hochfrequenzfeld nitrierten Eisens, das im Gegensatz zu normal nitriertem Eisen in den Randzonen grobere Nitridnadeln sowie Korngrenzennitrierung aufweist.

Zusammenfassung

Es wird eine allgemeine Deutung der Härtung von Stählen durch Nitrierung gegeben, die Möglichkeit einer Verknüpfung von Ausscheidungshärtung und Nitrierhärtung für gewisse Stähle besprochen und schließlich auf den Einfluß des Wasserstoffs bei der Nitrierung hingewiesen. Eine Verkürzung des Verfahrens scheint bei Anwendung hochfrequenten Heizstromes zu erwarten zu sein. Der Notgemeinschaft deutscher Wissenschaft schulden wir Dank für die Unterstützung unserer Arbeiten. [B 7670]

Nomogramme zur Mengenmessung von Gasen und Dämpfen

Von Dr.-Ing. H. RICHTER, Freiberg i. Sa.

Die Grundgleichung

Die neuen VDI-Regeln für die Durchflußmessung¹⁾ haben durch Einführung der Normdüse 1930 das Düsenmeßverfahren ungemein vereinfacht und verbessert. Für den Durchfluß G in kg/h gilt²⁾

$$G = 15\,950 \alpha \chi F_0 \sqrt{\gamma_1 (P_1 - P_0)} \quad (1),$$

mit

$$\chi = \frac{\alpha_\kappa}{\alpha} \beta \quad \text{und}$$

$$\beta^2 = \frac{1 - m^2}{1 - m^2 \left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{2/\kappa}} \frac{\kappa}{\kappa - 1} \left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{2/\kappa} \frac{P_1}{P_1 - P_0} \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right] \quad (2) \text{ u. } (3).$$

Dabei ist

F_0 der engste Düsenquerschnitt in m^2 ,

P_0 der Druck im Querschnitt F_0 in kg/m^2 (mm WS),

P_1 der Druck im Anfangsquerschnitt F_1 der Düse in kg/m^2 ,

¹⁾ Regeln für die Durchflußmessung mit genormten Düsen und Blenden. 1. Aufl. Berlin 1930; 2. Aufl. Berlin 1932. Weiterhin kurz angezogen als „Regeln“.

²⁾ H. Richter, Forschg. Ing.-Wes. Bd. 2 (1931) S. 387.

γ_1 das spezifische Gewicht des strömenden Mittels im Anfangsquerschnitt F_1 in kg/m^3 ,

α die Durchflußzahl der Düse für eine raumbeständige Flüssigkeit,

α_κ die Durchflußzahl für eine zusammendrückbare Flüssigkeit,

χ ein Berichtigungsfaktor³⁾,

m das Öffnungsverhältnis der Düse: $m = F_0/F_1$.

Wenn sich eine zusammendrückbare Flüssigkeit, z. B. ein Gas, beim Strömen durch eine Düse infolge Druckverminderung ausdehnt, muß eine zusätzliche Arbeit geleistet werden, zu der ein Teil des Anfangsdruckes P_1 herangezogen wird. In der Zeiteinheit fließt eine kleinere Menge durch die Düse, als wenn diese Arbeit nicht zu leisten wäre. Der Faktor χ in Gl. (1) muß also für zusammendrückbare Flüssigkeiten kleiner als 1 sein. Für raumbeständige Flüssigkeiten ist $\chi = 1$.

Der Berichtigungsfaktor für zusammendrückbare Mittel

Man kann χ durch Versuche bestimmen. Zu diesem Zweck wurden 18 verschiedene Düsen⁴⁾ mit Wasser und mit Luft geeicht. Nach Gl. (2) und (3) kann man χ in zwei Teile zerlegen: in das Verhältnis zweier Durchflußzahlen α und α_κ und in einen Faktor β . Berechnet man β unter der heute als

³⁾ In Abweichung von den „Regeln“ wird die dortige Größe ε hier mit χ bezeichnet, um Verwechslungen mit dem allgemein eingeführten Maß ε für die relative Rauigkeit zu vermeiden.

⁴⁾ Die Versuche wurden im Maschinenversuchsfeld „Reiche Zeche“ an der Bergakademie ausgeführt; Leitung Prof. Dr.-Ing. Fritzsche.

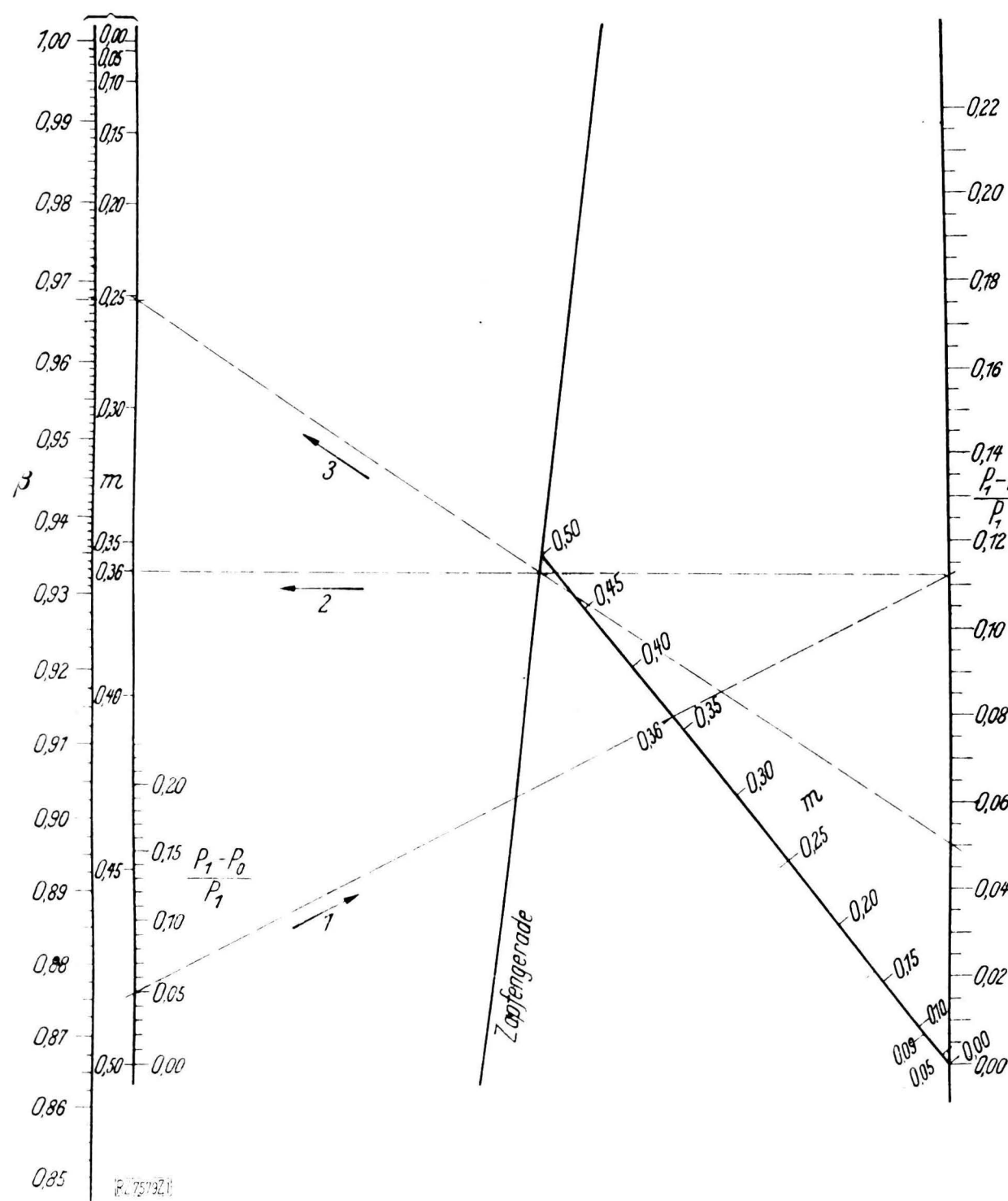


Abb. 1. Nomogramm zur Ermittlung der Expansionsberichtigung β (Gl. 3) für den Durchfluß strömender Gase mit $\kappa = 1,40$ (Luft, zweiatomige Gase) durch Düsen (adiabatische Expansion).

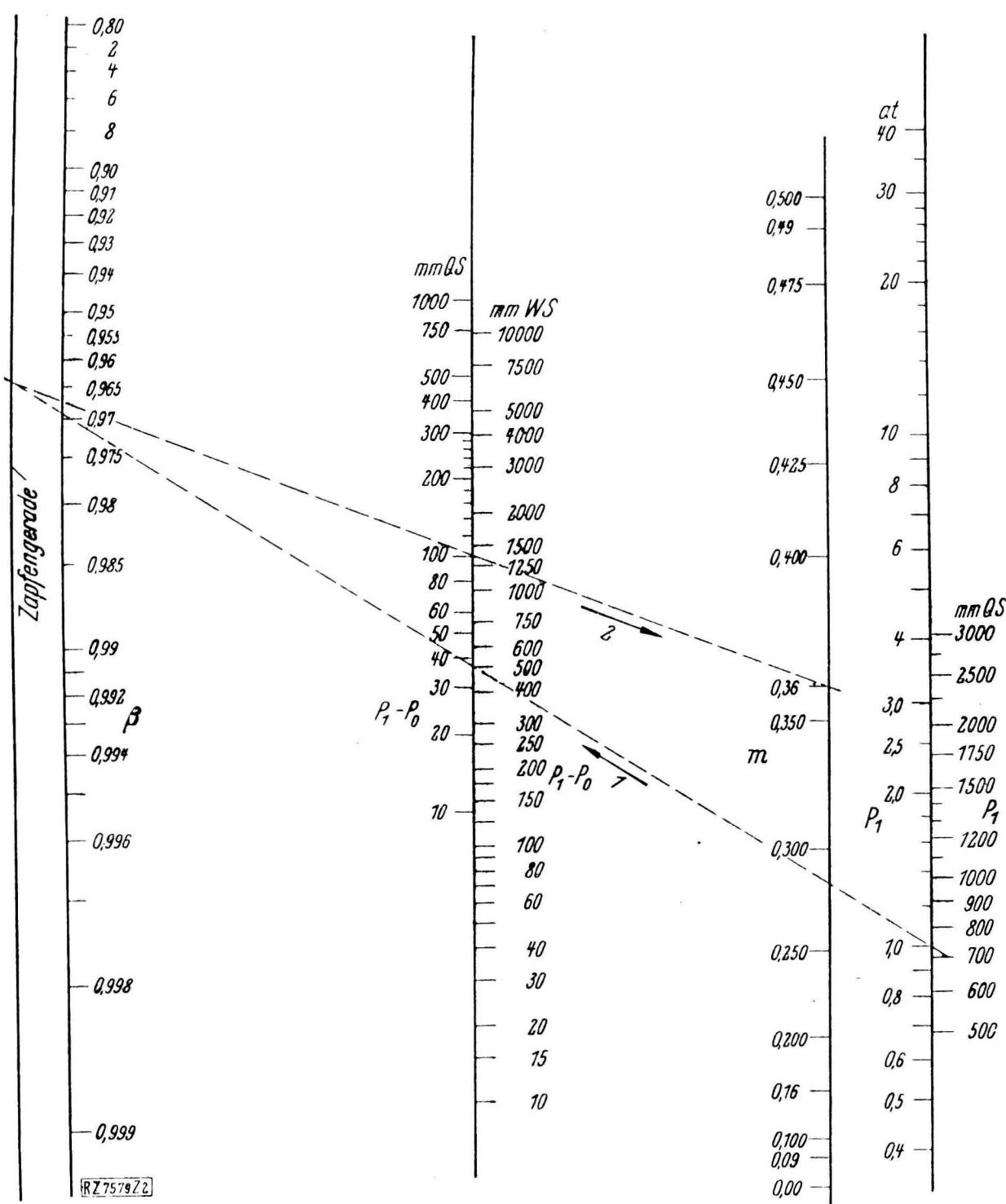


Abb. 2. Vereinfachtes Nomogramm zur Ermittlung der Expansionsberichtigung β (Gl. 3) beim Durchfluß von Gasen mit $\kappa = 1,40$ durch Düsen.

sicher anzusehenden Annahme, daß sich die Luft beim Strömen durch die Düse adiabatisch ausdehnt ($\kappa = 1,40$), so erhält man für α/α_κ einen Wert von 0,999 bis 1,000. Man kann also α/α_κ mit genügender Genauigkeit gleich 1 setzen. Dann ist χ gleich β . Nach meinen Untersuchungen²⁾ hängt das Verhältnis der beiden Durchflußzahlen nicht vom Öffnungsverhältnis m der Düse ab.

Nomogramme zur Ermittlung von χ für Luft, Satt- und Heißdampf

Die Gleichung, nach der β von Fall zu Fall zu berechnen wäre, ist sehr unbequem. Es empfiehlt sich β graphisch zu ermitteln. Nach Gl. (3) ist

$$\beta = f(m, \kappa, P_0/P_1) \quad (4).$$

Für einen bestimmten Exponenten κ stellt Gl. (4) ein Kurvenbündel mit den Veränderlichen β und P_0/P_1 und dem Parameter m dar. In den „Regeln“¹⁾ sind solche Diagramme für ein- und zweiatomige Gase sowie für Heißdampf angegeben. Dabei ist an Stelle der Ordinatenwerte P_0/P_1 der Ausdruck $(P_1 - P_0)/P_1$ aufgetragen. Für den praktischen Gebrauch sind diese Diagramme nicht immer vorteilhaft, weil man erst den Wert $(P_1 - P_0)/P_1$ berechnen muß. Deshalb enthalten die „Regeln“ außerdem Nomogramme für zweiatomige Gase und Heißdampf, die aus zwei aneinander gefügten Netztafeln bestehen. Man hat zwei Kurvenbündel und kann so zu drei Veränderlichen die vierte finden: P_1 , $P_1 - P_0$ und m sind gegeben, β wird gesucht. Allein diese Tafeln haben den großen Nachteil, daß man die P_1 - und die m -Werte zwischen gekrümmten Kurven aufsuchen muß, was für den praktischen Betrieb oft nicht handlich genug ist.

Die Bestimmungsgleichung (3) für β läßt sich aber auch auf andre Weise graphisch darstellen. Wählt man einen unveränderlichen Wert für den Exponenten κ , also für zweiatomige Gase 1,40, so kann man Gl. (3) exakt in einem dreifachen Nomogramm darstellen, s. Abb. 1. Dabei sind allerdings je zwei Eingänge für m und $(P_1 - P_0)/P_1$ nötig.

Beispiel: Gegeben seien der Druckunterschied an der Düse $P_1 - P_0 = 500$ mm WS, ferner $P_1 = 1$ at abs, also $(P_1 - P_0)/P_1 = 0,05$ und $m = 0,36$. Man verbindet nun den Punkt $(P_1 - P_0)/P_1 = 0,05$ der linken $(P_1 - P_0)/P_1$ -Leiter mit dem Punkt $m = 0,36$ der geeigneten m -Leiter und schneidet die rechte Zapfengerade, die mit der rechten $(P_1 - P_0)/P_1$ -Leiter zusammenfällt. Dieser Schnittpunkt ist mit dem Punkt $m = 0,36$ auf der senkrechten m -Leiter zu verbinden. Eine durch den neuen Schnittpunkt auf der ungeteilten Zapfengeraden und durch den Punkt $(P_1 - P_0)/P_1 = 0,05$ auf der rechten Leiter für $(P_1 - P_0)/P_1$ gelegte Gerade schneidet die β -Leiter an der Stelle $\beta = 0,9677$. Praktisch wird

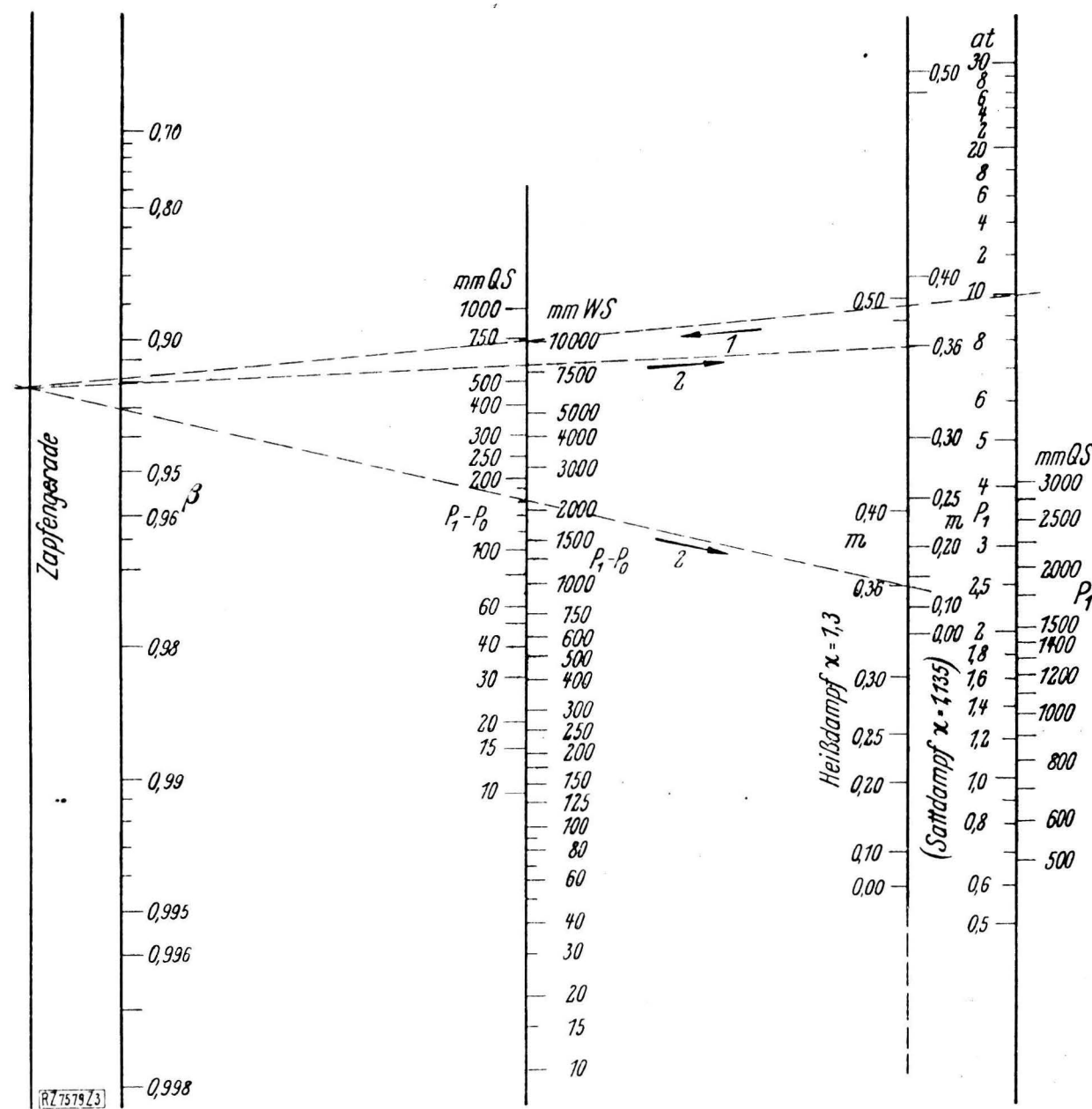


Abb. 3. Berichtigungsfaktor β bei adiabatischer Ausdehnung von Satt- und Heißdampf. Vereinfachtes Nomogramm.

man nur die beiden Schnittpunkte auf den Zapfengeraden anmerken und β sofort ablesen. Auf den geradlinigen Einteilungen kann man gut interpolieren, so daß man β für alle Fälle genügend genau ermitteln kann. Dieses Nomogramm ist nur bei sehr genauen Messungen erforderlich, für die man den Berichtigungsfaktor β exakt bestimmen muß. Für die Praxis kann man ein einfacheres Nomogramm mit vier parallelen Leitern angeben. Die Funktion

$$\beta = f\left(m \frac{P_1 - P_0}{P_1}\right)_{\kappa = \text{konst}} \quad (5)$$

läßt sich schreiben

$$1 - \beta = f(m) \left(\frac{P_1 - P_0}{P_1}\right)^b \quad (6),$$

wobei man in einer Reihe $f(m) = a_0 + a_1 m + a_2 m^2 + \dots$ entwickeln kann, wenn man einen kleinen Fehler zuläßt. Darf

der Fehler im ungünstigsten Falle — für Druckverhältnisse $(P_1 - P_0)/P_1 > 0,2$ — bis 0,5 % betragen, so kann man Gl. (6) vereinfachen:

$$1 - \beta = f(m) \frac{P_1 - P_0}{P_1} \dots \dots \dots (6a).$$

Es ist also $b = 1$. Die Funktion $f(m)$ kann nunmehr aus β und $(P_1 - P_0)/P_1$ berechnet werden. Eine solche Gleichung für $\kappa = 1,40$ wurde in dem Nomogramm, Abb. 2, dargestellt. Der Ausdruck $(P_1 - P_0)/P_1$ braucht nicht berechnet zu werden. Der Wert β aus dem oben angeführten Beispiel wird in diesem Nomogramm folgendermaßen ermittelt.

Beispiel: Man verbindet den Punkt $P_1 = 1,0$ at auf der P_1 -Leiter mit Punkt $P_1 - P_0 = 500$ mm WS, auf der Leiter für $P_1 - P_0$ und weiter den Schnittpunkt auf der Zapfengeraden mit dem Punkt $m = 0,36$ auf der m -Leiter. Die Gerade schneidet die β -Leiter an der Stelle $\beta = 0,9675$. Der Fehler gegenüber der Ermittlung von β aus dem genauen Nomogramm beträgt + 0,02 %. Bei einem Nomogramm in der Größe DIN A 5 ist der Ablesefehler größer als der im Nomogramm enthaltene. Die Ablesung ist sehr einfach. Der Schnittpunkt auf der Zapfengeraden wird angemerkt und β sofort abgelesen. Man kann die gegebenen Werte auf den geradlinigen Skalen leicht interpolieren.

Im allgemeinen wird man bei Durchflußdüsen nicht mehr als 10 % Druckabfall zulassen. Dann ist $\left(\frac{P_1 - P_0}{P_1}\right)_{\max} = 0,1$. Der Wert β liegt dann zwischen 0,92 und 1,00. Ein weiterer Vorteil dieses Nomogrammes ist, daß dieser Bereich logarithmisch auseinandergezogen erscheint.

Ähnliche Diagramme für Satt- und Heißdampf zeigt Abb. 3. Hier gelten die Exponenten $\kappa = 1,135$ für Sattedampf und $\kappa = 1,3$ für Heißdampf⁵⁾. Da sich Gl. (6a) bei verschiedenen Strömungsmitteln nicht weiter ändert, als daß $f(m)$ je nach der Größe von κ andere Werte annimmt, kann man sehr praktisch Gl. (6a) für Satt- und Heißdampf in einem Nomogramm darstellen, Abb. 3.

Beispiel: Der Dampf stehe vor der Düse unter 10 at abs. Der absolute Druck im engsten Querschnitt der Düse sei 9 at, also $P_1 - P_0 = 1$ at oder 10 000 mm WS. Das Öffnungsverhältnis der Düse sei $m = 0,36$. Man verbindet den Punkt $P_1 = 10$ at der P_1 -Leiter mit dem Punkt $P_1 - P_0 = 10$ 000 mm WS der Leiter für $P_1 - P_0$ und den Schnittpunkt auf der ungeteilten Zapfengeraden mit dem Punkt $m = 0,36$ der m -Leiter auf der Satt- und Heißdampfseite. Diese Geraden schneiden auf der β -Leiter für Sattedampf den Wert 0,9205 und für Heißdampf den Wert 0,9300 ab. Berechnet man die β -Werte nach Gl. (3), so erhält man $\beta = 0,9208$ und $\beta = 0,9304$. Die Diagrammwerte sind also nur um 0,03 bis 0,04 % falsch.

Allgemeine Gleichung für den Berichtigungsfaktor

Vergleicht man die $f(m)$ -Werte von Gl. (6a) für verschiedene Exponenten κ miteinander, so findet man einen überraschenden Zusammenhang. Es zeigt sich nämlich, daß für irgendeinen Wert m die Beziehung besteht

$$\kappa_1 f_1(m) = \kappa_2 f_2(m) = \dots \dots = \text{konst} \dots \dots (7).$$

⁵⁾ Die beiden Exponenten 1,135 und 1,3 für Satt- und Heißdampf sind bis zu Drücken von 25 at „völlig ausreichend genau“, vergl. „Hütte“ 26. Aufl. Berlin 1931 Bd. 1 S. 524.

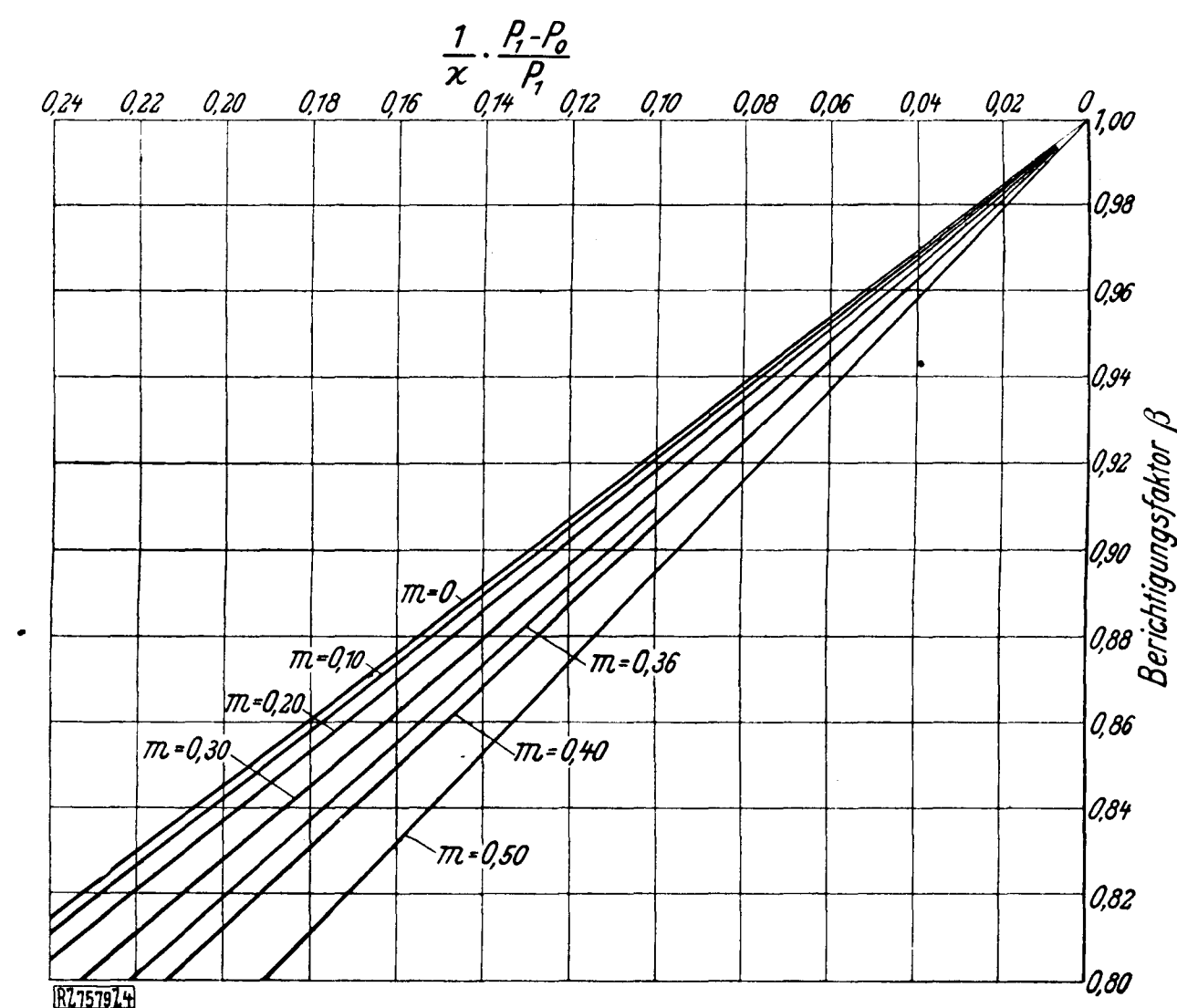


Abb. 4. Expansionsberichtigung β für strömende Gase mit verschiedenem κ bei verschiedenen Öffnungsverhältnissen.

Demnach ist der Berichtigungsfaktor β für ein beliebiges Strömungsmittel — wenn man Abweichungen bis zu 0,5 % zu läßt —

$$\beta = 1 - \frac{\text{konst}}{\kappa} \frac{P_1 - P_0}{P_1} \dots \dots \dots (8).$$

Die Konstante ist für verschiedene Werte m verschieden:

$$\text{Const} = f'(m).$$

Die Funktion $f'(m)$ kann man aus dem Wert β für einen beliebigen Wert von $(P_1 - P_0)/P_1$ und für $\kappa = 1,0$ berechnen. Gl. (3) gibt für $\kappa = 1,0$ einen unbestimmten Ausdruck. Umgeformt erhält man

$$\beta^2 = \frac{1 - m^2}{1 - m^2 (P_0/P_1)^2} \frac{P_1}{P_1 - P_0} (P_0/P_1)^2 [-\ln (P_0/P_1)].$$

Wertet man diese Gleichung z. B. mit $m = 0,36$ und $P_0/P_1 = 0,9$ aus, so erhält man $\beta = 0,9098$ und nach Gl (8) den Wert $f'(m) = 0,902$. Rechnet man mit diesem $f'(m)$ die obigen Beispiele nach, so findet man

$$\begin{aligned} \beta &= 0,9205 \text{ für } \kappa = 1,135 \text{ (unmittelbar: } 0,9205), \\ \beta &= 0,9306 \text{ „ } \kappa = 1,3 \text{ („ } 0,9300), \\ \beta &= 0,9678 \text{ „ } \kappa = 1,4 \text{ („ } 0,9675). \end{aligned}$$

Wenn man Gl. (8) graphisch darstellt, indem man β und $\frac{1}{\kappa} \frac{P_1 - P_0}{P_1}$ zu Ordinaten wählt, so erhält man für jedes Öffnungsverhältnis m eine Gerade, Abb. 4. Aus diesem Diagramm kann man β für jedes Strömungsmittel entnehmen. Wird z. B. eine Methanmenge ($\kappa = 1,31$) mittels einer Düse mit $m = 0,20$ gemessen, so ist β bei einem Druckverhältnis an der Düse von 0,08 nach Abb. 4 gleich 0,950. Dieser beachtenswerte Zusammenhang, der am besten aus Gl. (7) hervorgeht, wird durch amerikanische Versuche bestätigt⁶⁾.

Zusammenfassung. Zur leichten Bestimmung des Berichtigungsfaktors in der Durchflußgleichung für Düsen, der — nach zahlreichen Versuchen — durch einen Wert β ersetzt werden kann, wird für zweiatomige Gase ein Nomogramm für genaue Messungen angegeben. Ferner werden zwei vereinfachte Nomogramme mit $\pm 0,5$ % Genauigkeit für zweiatomige Gase und für Wasserdampf zum praktischen Gebrauch gezeichnet, da die entsprechenden Diagramme in den „Regeln“ in vielen Fällen nicht handlich genug erscheinen. Schließlich wurde eine einfache Gleichung entwickelt, mit der man den Ausdehnungsfaktor für beliebige Stoffe ermitteln kann. Diese Gleichung ist in einem Diagramm dargestellt. [M 7579]

⁶⁾ Amerikanische Durchflußmessungen nach einem Bericht von G. Ruppel, Forschg. Ing.-Wes. Bd. 2 (1931) S. 340

Bau von Fern-Rohrleitungen in Amerika

Im Jahre 1931 hat man in Amerika über 24 000 km Fernrohrleitungen verlegt, wofür rd. 1700 Mill. \mathcal{M} aufgewendet wurden. Über die Hälfte der neuen Anlagen, 12 300 km, dienen zur Fortleitung von Gas, 6700 km sind Ölleitungen, rd. 5400 befördern Benzin. Die größte Länge unter den 1931 fertiggestellten Rohrleitungen für Gas weist die von Skellytown, Tex., nach Minnesota und North Dakota mit fast 3000 km auf, die 190 Mill. \mathcal{M} kostete. Ferner sind hervorzuheben eine Rohrleitung von mehr als 2000 km der Panhandle Eastern Pipe Line Co und eine 1600 km lange Leitung von The Texas Panhandle nach Chikago. Zu erwähnen ist noch die Umstellung einer alten Ölleitung von Teapot Dome, Wy., nach Kansas City auf Gasförderung, wobei man das zur Reinigung der Innenwandung dienende Gerät mit Geschwindigkeiten bis zu 80 km/h durch die Leitung geblasen haben soll.

Die 1931 erbauten Ölleitungen erreichen nicht solche Längen wie die Gasleitungen. Als längste ist zu nennen die von Oklahoma nach Ohio mit 1170 km Länge. Eine 330 km lange Ölleitung von East Texas nach Port Arthur konnte in der kurzen Zeit von zwei Monaten fertiggestellt werden. Die Benzinleitungen dienen im Gegensatz zu den Gas- und Ölleitungen, die zu einem bestimmten Endpunkt führen, dazu, auf einmal möglichst vielen Verbrauchspunkten das Benzin zuzuführen. Die größte 1931 fertiggestellte Anlage, die von Ponca City, Okl. über Kansas City und Omaha nach St. Paul führt, weist 2240 km Leitungslänge mit Rohrweiten von 100, 150 und 200 mm auf. Ferner sind zu nennen eine Anlage von 1170 km Länge, die in zwei Zweigen Marcus Hook, Pa., mit Cleveland und Syracuse verbindet¹⁾, und eine von 1090 km zwischen The Texas Panhandle und St. Louis. (Engng. News-Rec. 3. März 1932 S. 325)

[N 7714]

Sd.

¹⁾ s. Z. Bd. 76 (1932) Nr. 4 S. 95.

R U N D S C H A U

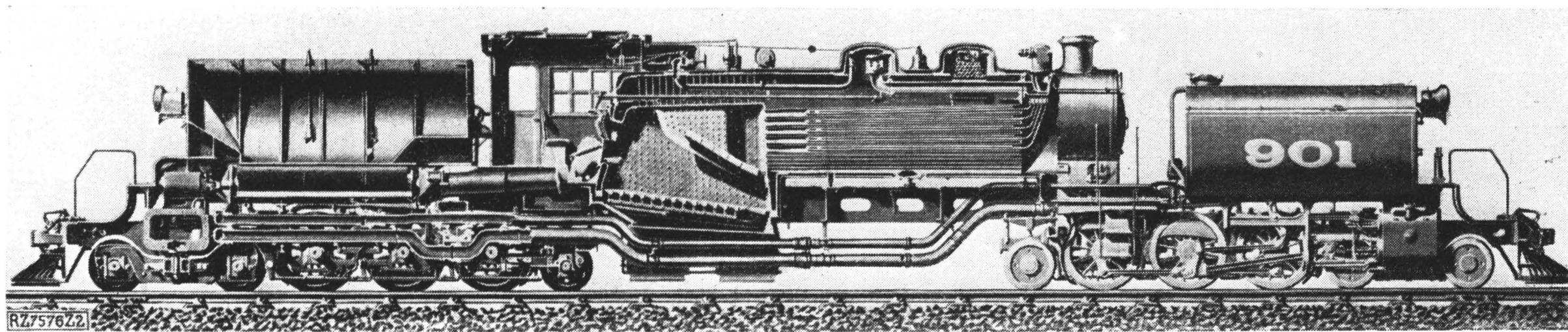


Abb. 2. 2C1-1C2-Garratt-Lokomotive für Rio Grande do Sul, gebaut 1931 von Henschel & Sohn, Kassel.

Spurweite 1000 mm Triebwerk 4×356/610/1143 mm Dampfüberdruck 14 at
Rostfläche 3,62 m², feuerberührte Heizfläche 146 m² Dienstgewicht 103 t

Die Entwicklung des Dampflokomotivbaues

Wenn auch 1931 der Dampflokomotivbau der ganzen Welt mengenmäßig auf unter 10 % der tatsächlichen Leistungsfähigkeit der Fabriken zurückgegangen ist, so hat doch die Entwicklung nicht geruht. An

neuen bemerkenswerten Lokomotiven

ist allerdings, abgesehen von den in dieser Zeitschrift behandelten, nicht viel entstanden. Der geschwächte Verkehr gestattet oft nicht, die schweren Lokomotiven richtig auszunutzen. So hat die Deutsche Reichsbahn neben der 2C1-h2-Lokomotive von 20 t Achsdruck der Reihe 01 noch eine leichtere ähnliche Lokomotive für 17,5 t Achsdruck geschaffen¹⁾.

Englische Bahnen haben für Personenzüge mehrfach 1C-h3-Lokomotiven gebaut, mit reichlich großen Treibrädern von 1727 und sogar 1829 mm Dmr. mit Deichselgestell²⁾, Abb. 1. Das Drillingstriebwerk, das bei der Deutschen Reichsbahn nur noch ausnahmsweise verwendet wird, hat doch mehrfach Eingang gefunden, so z. B. bei der tschechoslowakischen Staatsbahn und bei verschiedenen südamerikanischen Bahnen, ebenso auch in Südafrika. Einige für europäische Verhältnisse besonders schwere 1E1- und 1E2-Lokomotiven mit 23 t Achsdruck beschafften die Sowjetbahnen³⁾.

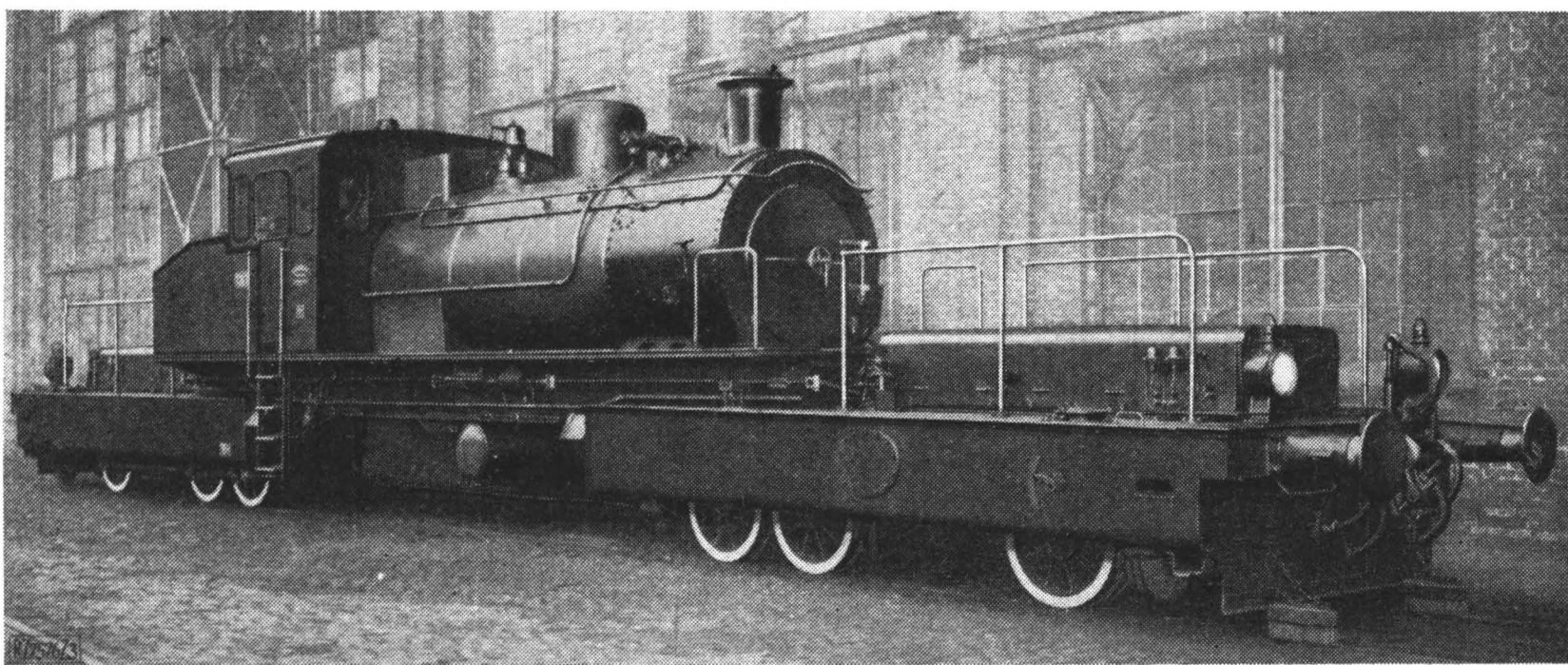
Die Garratt-Lokomotive findet als die für den Oberbau günstigste Bauart von Gelenklokomotiven immer weitere Verbreitung, insbesondere für leichten Oberbau. Abb. 2 zeigt eine solche für Meterspur und nur 9 t Achsdruck gebaute Lokomotive von 103 t Dienstgewicht. Obwohl sie nur 3,62 m² Rostfläche aufweist, hat sie doch Stoker-Feuerung erhalten. Das Heranbringen der Kohle bei Handfeuerung, das bei amerikanischen Lokomotiven durch große Schieber⁴⁾ erfolgt, hat die Firma Beyer-Peacock dadurch zu lösen versucht, daß sie den Kohlenbehälter als schrägliegende, mittels einer kleinen Hilfsmaschine drehbare kegelförmige Trommel ausbildete. Diese Einrichtung ist natürlich auch für jeden Tender verwendbar⁵⁾.

Dem Nachteil, daß der vordere Wasserbehälter der Garratt-Lokomotiven das Ausziehen der Rohre erschwert, wird auf verschiedene Weise begegnet, z. B. durch einen großen abschraubbaren Deckel in der der Rauchkammer zugewandten Seite der Wasserbehälter, oder dadurch, daß man ihn hochklappbar macht. Bei nicht zu großen Vorräten und Innentriebwerk ist es möglich, seitlich neben den Rädern Wasserbehälter anzuordnen. Das gibt, wie Abb. 3 zeigt, eine vorzügliche Zugänglichkeit der Rauchkammer und einen außerordentlich guten Streckenüberblick. Eine Neuerung an der Lokomotive, Abb. 3, ist auch die Herstellung des Tragrahmens aus Differdinger Trägern.

Der Zahnradbetrieb verschwindet auf Strecken bis etwa 1:16 Steigung immer mehr. Kürzlich hat die Deutsche Reichsbahn für die Höllentalbahn einige schwere 1E1-h3-Tenderlokomotiven von etwa 136 t Dienstgewicht in Auftrag gegeben.

¹⁾ L. Schneider, Z. Bd. 75 (1931) S. 194.
²⁾ Lokomotive Bd. 38 (1931) S. 110 u. f.
³⁾ Z. Bd. 75 (1931) S. 1567.
⁴⁾ Z. Bd. 74 (1930) S. 1368.
⁵⁾ Z. Bd. 76 (1932) Nr. 3 S. 71.

Abb. 3. C+C-Garratt-Lokomotive für die Limburgische Zentralbahn, gebaut 1931 von Henschel & Sohn, Kassel. Wasserbehälter neben den Rädern; Differdinger Träger als Tragrahmen.



Als wirtschaftlich richtige Maßnahme wird die von der Deutschen Reichsbahn großzügig durchgeführte Typisierung mit Verwendung ganzer Konstruktionseinheiten wie z. B. Kessel, Zylinder usw. für ganze Typenreihen auch von kleineren Verwaltungen mehr und mehr anerkannt und angewendet, so z. B. von der Jugoslawischen und der Bulgarischen Staatsbahn⁶⁾. Interessant ist dabei, daß die von der Deutschen Reichsbahn eingeführten Windleitbleche schnell überall im Ausland, auch in Übersee, Verwendung finden.

Die z. Z. durch die Schnellbahnwagen⁷⁾ wieder erweckten Bestrebungen der Beschleunigung des Zugverkehrs haben die Deutsche Reichsbahn veranlaßt, die Beschaffung einer Dampflokomotive in Aussicht zu nehmen, die Züge von 250 t mit einer Geschwindigkeit von 150 km/h befördern soll.

Mehr als im Bau neuer Lokomotiven ist in der

Durchbildung im Einzelnen

geschehen. Als besonders wichtig wird die Erhöhung des Dampfdruckes angesehen. In den Vereinigten Staaten ist ein Dampfüberdruck von 17,6 at die Regel geworden, auch für Vierlings-Mallet-Lokomotiven; mehrfach sind auch schon Überdrücke von 19,3, selbst 21 at angewendet. Da mit der bisherigen Bauform des Lokomotivkessels eine weitere Steigerung auf 25 at möglich ist, hat die Deutsche Reichsbahn je zwei 2C1-Schnellzug-, 1E-Güterzug- und 1C1-

⁶⁾ R. P. Wagner, Z. Bd. 75 (1931) S. 121 u. f. u. R. Opitz, S. 1553.
⁷⁾ M. Breuer, Z. Bd. 76 (1932) Nr. 4 S. 73.

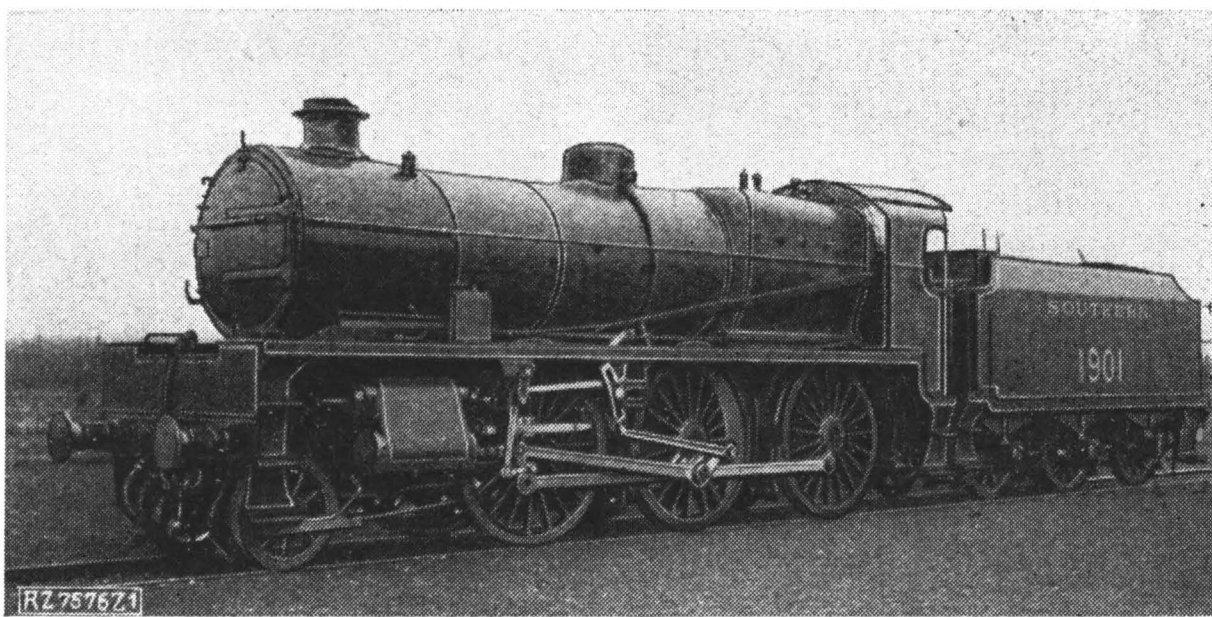
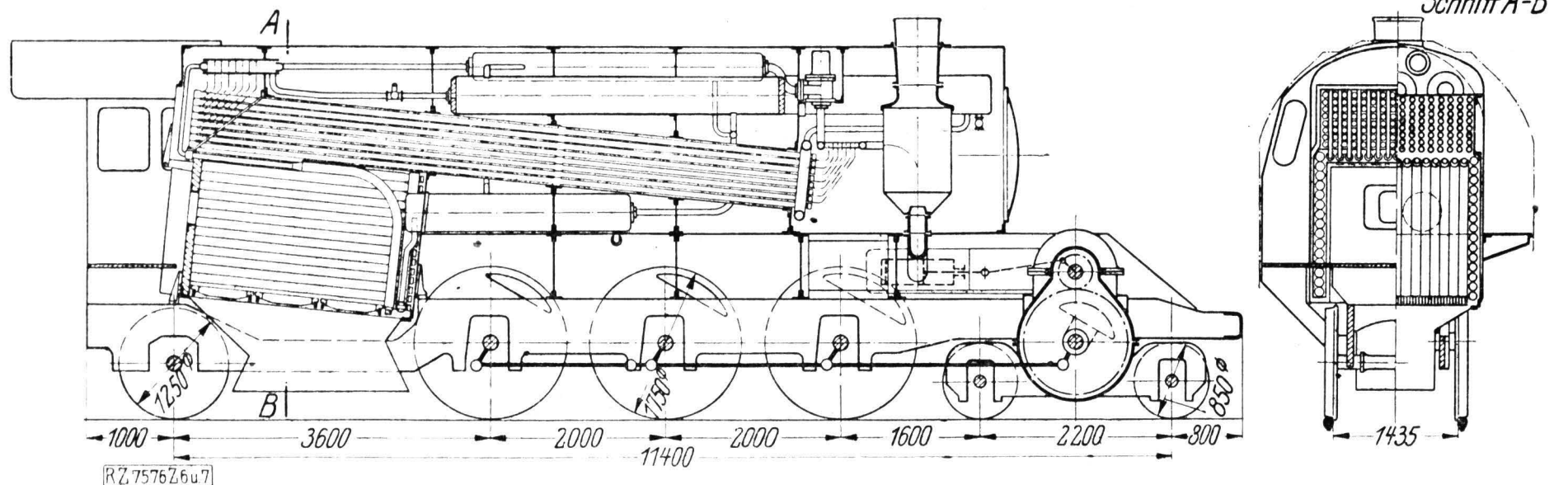


Abb. 1. 1C-h3-Lokomotive der Southern-Bahn (England), gebaut 1931.

Triebwerk . . . 3×406/711/1829 mm feuerberührte Heizfläche 161 m²
Dampfüberdruck 14 at Dienstgewicht 66,4 t
Rostfläche 2,3 m² Reibungsgewicht 55,6 „

Abb. 6 und 7. Wasserrohr-Hochdruck-Lokomotivkessel, Entwurf Hanomag. Möglichst einfache Bauart unter fast ausschließlicher Verwendung nur gerader Rohre.

Abb. 4 und 5 (unten) Stehkessel, Bauart Emerson. Vorn und hinten parallele Wände, durch Stehbolzen verankert, Rohre als Seitenwände.



Tenderlokomotiven mit diesem Druck in Auftrag gegeben. Hierbei gelangen nickelstählerne Feuerbüchsen, sowie zur Erzielung eines stärkeren Wasserumlaufes bei den großen Lokomotiven *Nicholson'sche* Wasserkammern zur Anwendung. Feuerbüchsen und Wasserkammern werden in sich und miteinander verschweißt. Kupferne Feuerbüchsen schweißt die Deutsche Reichsbahn seit Jahren in zunehmendem Umfang. Auch in den Vereinigten Staaten schweißt man schon oft die stählernen Feuerbüchsen.

Da die übliche Schwingensteuerung nur gewisse geringste Füllgrade zuläßt, zwingt der hohe Druck, wie dies ja auch bei den amerikanischen drei Versuchsausführungen⁸⁾ der Delaware-Lackawanna-Bahn von 1929 mit 35 at der Fall war, wieder zur Verbundwirkung zurückzugreifen, und zwar erhalten die oben erwähnten 2C1-Lokomotiven Dreizylinder-, die 1E-Lokomotiven Vierzylindertriebwerk.

Außer der bekannten deutschen Zweidrucklokomotive für 60 at, Bauart Schmidt-Henschel, sind Versuchslokomotiven gleicher Bauart inzwischen auch von der London-Midland and Scottish-Bahn, der Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn⁹⁾, der New York Central- und der Kanadischen Pacific-Bahn¹⁰⁾ beschafft worden; sämtlich mit Dreizylinder-Verbundtriebwerk.

Höhere Drücke als 25 at zwingen dazu, mindestens den Stehkessel mehr oder weniger nach dem Grundgedanken des *Brotan*-Kessels aus Rohren herzustellen. In den Vereinigten Staaten findet neuerdings die Bauart *Emerson*, Abb. 4 und 5, Anwendung.

Das Bestreben geht aber für die höheren Drücke dahin, auch den Rundkessel als Wasserrohrkessel auszubilden. Die London-North Eastern-Bahn hat bei ihrer 2C2-Lokomotive¹¹⁾ einen solchen Kessel nach Entwürfen von *Yarrow* benutzt. Alle diese Bestrebungen leiden aber darunter, daß gekrümmte Rohre sich schwer reinigen lassen und daß bei den heutigen Zinssätzen die Bauart nicht wesentlich gegenüber den alten Ausführungen verteuert werden darf. Ein neuerdings unter Berücksichtigung dieser Grundsätze¹²⁾ von der Hanomag entworfener und auch in seinen Einzelheiten ausgetesteter Kessel nach Abb. 6 und 7 ist leider wegen der Ungunst der Zeiten noch nicht ausgeführt worden. Die Höchstdrucklokomotive, Bauart *Löffler-Schwartzkopff*, für 100/120 at¹³⁾ befindet sich noch im Versuchszustand.

Die Turbolokomotiven haben sich bisher betrieblich bewährt. Eine weitere Beschaffung ist aber in Frage gestellt, da bei den heutigen hohen Zinssätzen die wesentlichen Ersparnisse an Brennstoff die höheren Beschaffungskosten kaum wettmachen können.

Auch auf dem Gebiet der Lokomotivsteuerungen wird emsig weitergearbeitet. Der erstmals im *Nicolai*-Schieber verwirklichte Gedanke des Druckausgleiches bei Leerlauf durch den Kolbenschieber hindurch hat zum *Trofimoff*-Schieber¹⁴⁾ geführt, der die beiden losen Kolbenschieberhälften bei Leerlauf in zurückgeschobene Stellung bringt, so daß beide Kolbenseiten über die Ausströmräume miteinander

verbunden sind. In Rußland wird dieser Schieber bereits allgemein verwendet und bei vielen sonstigen Bahnen versucht. Ein Mitbewerber erscheint in einer neuen Bauart *Müller*, bei der auf der Dampfseite des Schiebers liegende glockenförmige Ventile im Leerlauf ein Umwälzen der Zylinderluft durch den rußfreien Einströmraum des Schieberkastens ermöglichen¹⁵⁾.

Nachdem die Möglichkeit der Verwendung der Ventilsteuerung auch im Lokomotivbetrieb seit vielen Jahren erwiesen ist, geht das Bestreben dahin, nicht mehr durch Schwingen zu steuern, um die dadurch erzwungenen Steuerungsverhältnisse in erwünschter Weise zu ändern. Die Bewegung der Ventile wird von einer synchron mit der Treibachse umlaufenden Welle abgeleitet. Bei der *Lentz*-Steuerung ist eine stufenweise regelbare Füllung erreicht; vollkommener ist in dieser Beziehung die *Caprotti*-Steuerung, die jeden Füllungsgrad zuläßt. Sie hat inzwischen auch ziemlich ausgedehnte Anwendung gefunden.

Für die Dampfzuführung finden Heißdampfregler, d. h. Regler, die erst hinter dem Überhitzer liegen, immer mehr Anwendung, in Europa meist Bauart *Wagner*, die auch in den Vereinigten Staaten neben dem dort verbreiteten bekannten Mehrfachventilregler aufkommt. Dort wird auch der *Schmidt'sche* Kleinrohrüberhitzer in steigendem Maße bei großen Lokomotiven verwendet.

Lager. Am Kurbelzapfen bereitet die Beherrschung der großen Kolbendrücke gewisse Schwierigkeiten. Die von den Lima Locomotive-Werken eingeführte Gabelung des großen Treibstangenkopfes findet auch in England schon Anwendung. Sehr verbreitet sind die „schwimmenden Buchsen“. Sie befriedigen aber nicht voll, da sie zum Ausschlagen neigen. Die Baldwin-Werke pressen die Buchsen ein und walzen sie nach dem Verfahren *Faessler-Maupin*¹⁶⁾ auf Maß auf. Das erhöht den Preßsitz der Buchse und ergibt eine vergütete Lauffläche.

Die von der Timken Roller Bearing Co. 1930 gebaute 2D2-Versuchslokomotive¹⁷⁾ hat über 160 000 km auf den verschiedensten Bahnen Amerikas zurückgelegt und zur Verbreitung der Rollenlager zunächst bei den Laufachslagern der Lokomotiven und Tender beigetragen. Aber auch an den Treibachsen finden sich bereits vielfach Rollenlager, u. a. auch bei 150 im Bau befindlichen elektrischen Lokomotiven der Pennsylvaniabahn.

Zur Gewichtsersparnis werden in Amerika für Achsen, Zapfen, Stangen, Federn usw. immer häufiger legierte Stähle verarbeitet, auch die Ausführung der Stangen in Aluminium ist bereits versucht worden. Im gleichen Metall führt die Tschechoslowakische Staatsbahn Schieberkörper aus. Für die Kesselbleche wurden namentlich in Kanada in ausgedehntem Umfang hochwertige Stahlarten benutzt, um bei Erhöhung des Dampfdruckes mit den bisherigen Wanddicken auszukommen. Ebenso schreitet in Amerika die Anwendung des Stahlgusses für größere Baueinheiten wie vollständige Drehgestell-, Tender- und Lokomotivrahmen fort. Auch die Tender der deutschen Einheitslokomotiven erhalten Stahlgußrahmen. Andererseits wird auch der Ersatz der Niet- und Schraubenverbindungen des Rahmens durch Schweißen versucht.

Die größer werdenden Roste zwingen immer mehr zur Anwendung des 1908 von *Gölsdorf* eingeführten hinteren Drehgestelles. Die Österreichische Bundesbahn beschaffte weitere sechs 1 D2-h2-Schnellzuglokomotiven¹⁸⁾. Von den 1931 in den Vereinigten Staaten bestellten großen Lokomotiven erhielten 90 % hintere Drehgestelle und nur 10 % eine hintere Laufachse.

An Stelle des Vorwärmers findet in Europa namentlich auch in Deutschland mehr und mehr die Abdampfstrahlpumpe, Bauart *Friedmann*, Anwendung. Sie ist derart eingerichtet, daß sie sich bei Schließen des Reglers

⁸⁾ Eine weitere folgt in diesem Jahr.

⁹⁾ Ein Bericht über diese Lokomotive erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

¹⁰⁾ Z. Bd. 75 (1931) S. 1140.

¹¹⁾ Z. Bd. 74 (1930) S. 94.

¹²⁾ Vergl. *E. Najork* u. *R. Wichtendahl*, Wirtschaftliche Betrachtungen über Lokomotiven mit erhöhtem Wärmegefälle, Z. Bd. 74 (1930) S. 1645.

¹³⁾ *Fr. Witte* u. *R. P. Wagner*, Z. Bd. 74 (1930) S. 1073.

¹⁴⁾ *F. Meineke*, Z. Bd. 73 (1929) S. 726 u. *N. Tager*, Z. Bd. 75 (1931) S. 1421.

¹⁵⁾ Vergl. *F. Meineke* a. a. O.

¹⁶⁾ Baldwin-Hefte 1931 Nr. 1 S. 63.

¹⁷⁾ Z. Bd. 74 (1930) S. 1401.

¹⁸⁾ *A. Giesl-Gieslingen*, Z. Bd. 73 (1929) S. 441.

selbsttätig auf Frischdampf umstellt und umgekehrt. Wenn auch die Ansichten, welche von beiden Einrichtungen die höheren wärmetechnischen Vorteile bietet, noch nicht übereinstimmen, so sind doch wesentlich geringere Gewichte und die geringeren Unterhaltungskosten Vorzüge der Abdampfstrahlpumpe.

Die Kohlenstaubfeuerung der Bauarten AEG¹⁹⁾ und „Stug“ hat sich bei der Deutschen Reichsbahn weiter gut bewährt doch fehlen z. Zt. die Mittel für Ausrüstung weiterer Lokomotiven.

Die knappen Mittel zwingen auch bisweilen zum Umbau vorhandener Lokomotiven, um deren Leistungsfähigkeit zu steigern. Die Verbindung der hinteren Laufachse einer 2B1-Lokomotive mit der ersten Tenderachse zu einem mit Zusatzmaschine versehenen Drehgestell ist bereits in dieser Zeitschrift erwähnt worden²⁰⁾.

Was bei Umbau durch Anwendung der Verbesserungen der letzten Jahre erreicht werden kann, zeigten am besten Versuche der Paris-Orléans-Bahn. Diese rüstete eine ihrer älteren 2C1-h4v-Lokomotiven mit größerem Überhitzer, Lentz-Ventilsteuerung, Nicholson'schen Wasserkammern und Kylala-Blasrohr aus, wobei besonderer Wert auf reichliche Bemessung aller Dampfquerschnitte gelegt wurde. Das Ergebnis war für hohe Geschwindigkeiten eine Erhöhung der Zugkraft am Tenderhaken um rd. 50 % und eine Wasser- und Kohlenersparnis von rd. 10 bis 20 % je nach den Belastungsverhältnissen. Die Bahn läßt infolgedessen weitere 20 Lokomotiven umbauen. Dabei ist zu beachten, daß die Ergebnisse mit 16 at Überdruck und 400 ° Überhitzung erreicht sind und daß also z. B. die Anwendung des Hochdruckes und der Zwischenüberhitzung eine wesentlich weitere Steigerung des thermischen Wirkungsgrades der Lokomotive verspricht.

Hannover

[M 7576]
E. Metzeltin

¹⁹⁾ H. Nordmann, Z. Bd. 73 (1929) S. 951.
²⁰⁾ Z. Bd. 76 (1932) Nr. 5 S. 118.

*

Kraftwagengetriebe¹⁾

Während alle Teile des Kraftwagens in den letzten Jahrzehnten einer dauernden Wandlung und Verbesserung unterworfen waren, nahm das Schaltgetriebe an dieser Entwicklung kaum teil. Es waren hier sehr große Schwierigkeiten zu überwinden. Insbesondere war es der Kampf gegen den Getriebelärm, der zwar heftig geführt, doch ziemlich erfolglos blieb. Auch empfand man, da die Ansprüche allseits stiegen, immer mehr die Unannehmlichkeit des häufigen Schaltens. So kam es, daß die von Amerika vordringende Richtung, die Motoren anpaßbarer zu gestalten und dafür einen Gang des Getriebes zu opfern, bald den ganzen Automobilbau beherrschte.

Ein Jahrzehnt dauerte es, bis man sich des großen Vorteils der Vier- und Mehrganggetriebe erinnerte, die eine viel bessere Ausnutzung der Motorleistung mit sich bringen. Durch Schaffung von Zusatzgetrieben²⁾ bildeten Ford, Maybach, Voisin und Berliet die Brücke vom Zwei- und Dreiganggetriebe zum Vier- und Mehrganggetriebe. Es ist das Verdienst der Firma Maybach, durch Einführung geschliffe-

¹⁾ Auszug aus dem Vortrag „Neuerungen an Schaltgetrieben für Kraftfahrzeuge“ von Dipl.-Ing. Graf v. Soden in der 28. Hauptversammlung der Automobil-Technischen Gesellschaft, Berlin. Der Vortrag erscheint im vollen Wortlaut in Nr. 5 und 6 Bd. 35 (1932) der Automobil-technischen Zeitschrift.

²⁾ Vergl. A. Heller, Wechselgetriebe französischer Kraftwagen, Z. Bd. 73 (1929) S. 1586.

ner Schraubenräder für dieses Zusatzgetriebe einen neuen Abschnitt im Getriebebau begründet zu haben; denn durch Verwendung geschliffener Schraubenräder war man erst in der Lage, ruhige Getriebe zu bauen. Die Zahnradfabrik Friedrichshafen, die diese Schraubenräder lieferte, war die erste, die sie schleifen konnte.

In Amerika versuchte man den Lärm der Getriebe durch Verwendung innenverzählter Räder zu vermindern, allerdings nicht mit großem Erfolg. Es entstanden dort unter dem Einfluß der europäischen Zusatzgetriebe die Getriebe mit heraufgesetztem 4. Gang, dann aber bald mit herabgesetztem 3. Gang. Diese Entwicklung ist natürlich; denn warum soll man im 4. Gang erst ins Schnelle übersetzen, wenn man nachher in der Hinterachse doch wieder ins Langsame übersetzt. Die nur als Übergang gedachten Schnellgang-Zusatzgetriebe wurden zuerst von Mercedes-Benz mit dem Schaltgetriebe in einem Gehäuse vereinigt. Einen Schritt weiter ging dann Mercedes-Benz mit seinem Schongang-Getriebe des neuen Kleinwagens, aber immer noch ist die Zusätzlichkeit des 4. Ganges zu erkennen.

Einen andern Weg stellt das Aphongetriebe der Zahnradfabrik Friedrichshafen³⁾ dar; es unterscheidet sich vom üblichen Vierganggetriebe nur dadurch, daß bei drei Gängen geschliffene, stets im Eingriff bleibende, mit Klauen zu schaltende Schraubenräder zur Verwendung kommen, während die Geradflankenräder für 1. Gang und Rückwärtsgang in der üblichen Weise geschaltet werden.

Bei allen diesen Getrieben sind die Schraubenräder dauernd im Eingriff. Die Zahnradfabrik Friedrichshafen entwickelte aber neuerdings ein Getriebe, dessen Schraubenräder wie Geradflankenräder durch Verschieben geschaltet werden können. Die Räder dieses „Spiralgetriebes“, Abb. 8, sind auf Schraubenkeilen verschiebbar; infolgedessen ergibt das Getriebe vier geräuscharme Gänge.

Erleichtern des Schaltens. Schon die Verwendung stets im Eingriff befindlicher Räder und das Schalten mittels Klauen bedeuten Schalterleichterungen, von denen man beim Aphongetriebe und bei den verschiedenen Getrieben mit Schraubenrädern Gebrauch macht. Eine bemerkenswerte Abart dieser Klauenkupplungen ist die Überholkuppelung von Maybach. Durch Umlegen des Schalthebels wird die Muffe unter axialen Federdruck gesetzt. Sobald das Drehmoment des Motors durch Loslassen des Gashebels verschwindet, schlägt die Muffe gegen die andre Hubbegrenzung, wird aber durch Abweisklauen so lange am Einrücken gehindert, bis Synchronismus zwischen Muffe und Rad herrscht.

Synchronismus kann man aber zwangsläufig erreichen, indem man kleine Reibkegel — wie beim Graham-Getriebe⁴⁾ — oder Lamellenkuppelungen, wie neuerdings beim Aphongetriebe, Abb. 9, zwischen den zu schaltenden Zahnradern anbringt.

Durch die Freiluft-Klauenschaltung wird bei Loslassen des Gashebels die Verbindung Motor-Hinterachse gelöst, so daß man beim Schalten nur die kleine Schwungmasse der Muffe zu beschleunigen oder zu verzögern braucht. Eine wesentliche Erleichterung des Schaltens bieten ferner Unterdruckschaltungen, die Maybach in seinem Doppelschnellgang-Getriebe und Mercedes-Benz verwenden. Hier kann, wie seinerzeit bei der Vorwählerschaltung des Sodengetrie-

³⁾ Vergl. G. Quarg, Die neuere Entwicklung des Großstadt-Omnibusses, Z. Bd. 74 (1930) S. 1313.

⁴⁾ Vergl. P. Friedmann, Internationale Automobilausstellung in Berlin, Z. Bd. 75 (1931) S. 676.

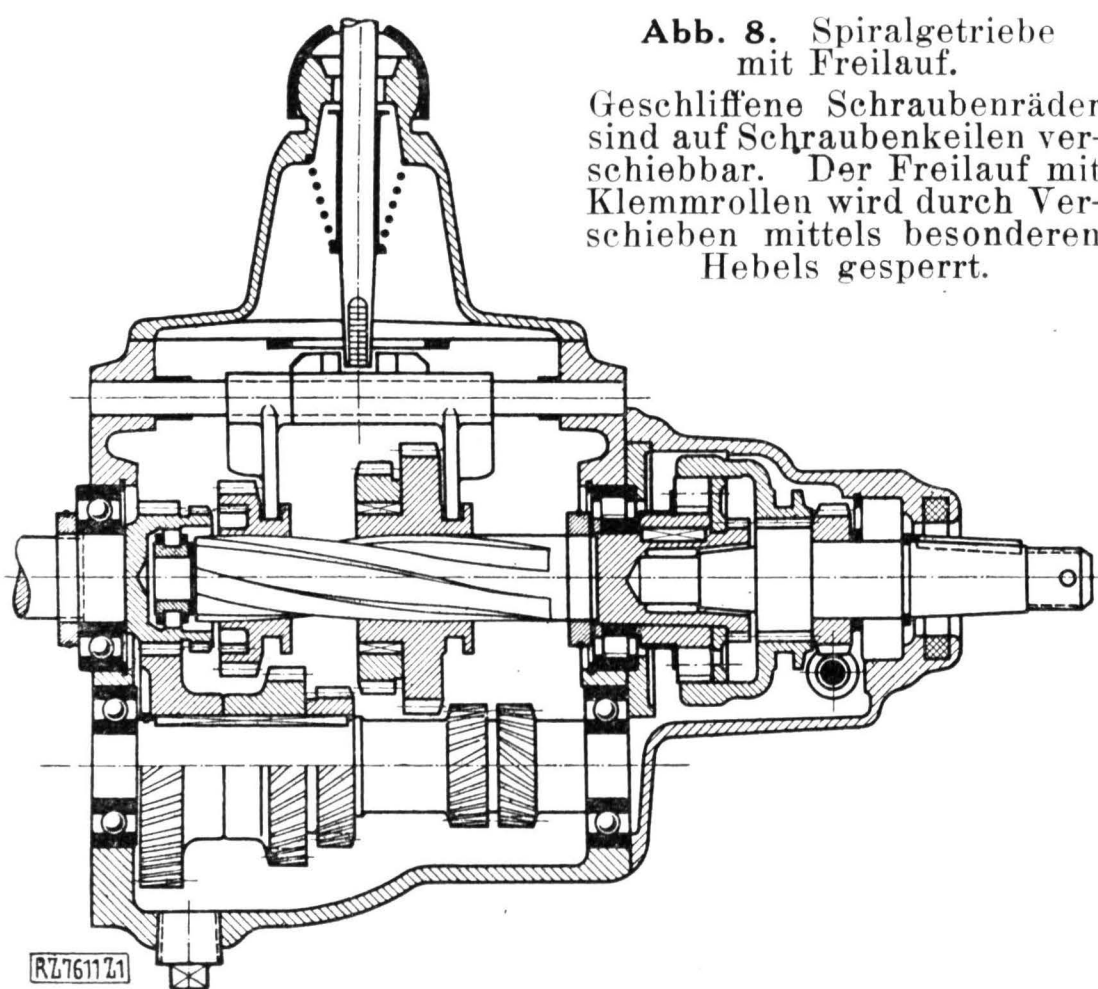


Abb. 8. Spiralgetriebe mit Freilauf.

Geschliffene Schraubenräder sind auf Schraubenkeilen verschiebbar. Der Freilauf mit Klemmrollen wird durch Verschieben mittels besonderen Hebels gesperrt.

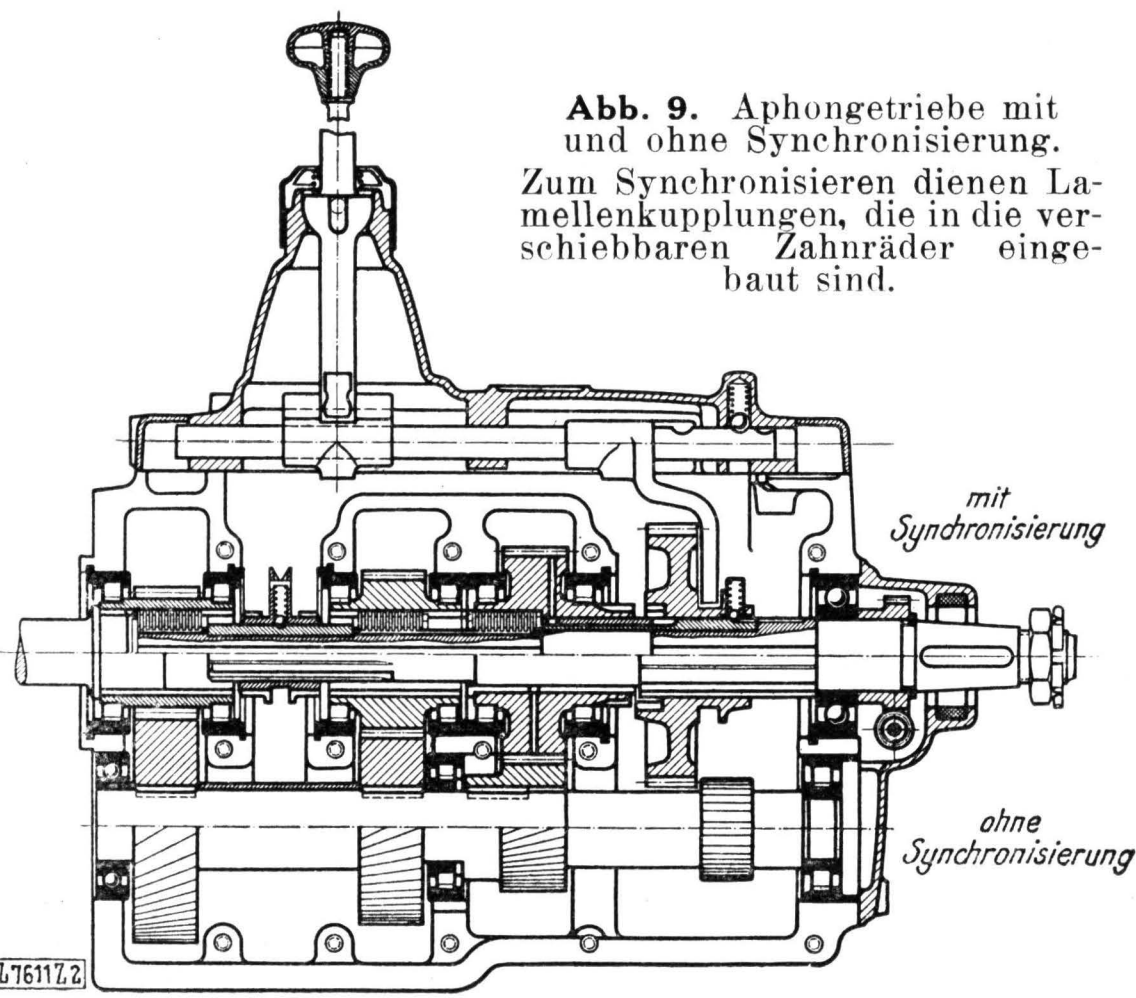


Abb. 9. Aphongetriebe mit und ohne Synchronisierung.

Zum Synchronisieren dienen Lamellenkuppelungen, die in die verschiebbaren Zahnradern eingebaut sind.

bes⁵⁾, der gewünschte Gang voreingestellt werden, der dann erst bei Loslassen des Gashebels infolge der Wirkung der Überhol-Klauenkupplung einrückt.

Eine Einrichtung, die vielleicht eine große Zukunft im Automobilbau haben wird, ist der Freilauf. Neben der gebräuchlichsten Ausführung mit Klemmrollen gibt es eine Menge anderer Bauformen. Bei dem Klemmbacken-Freilauf übertragen die Rollen nur die Drücke, während die Mitnahme an den Backen erfolgt. Bemerkenswert ist der Freilauf von *Humfrey-Sandberg*; er nutzt die Eigentümlichkeit des Hyperboloids aus, daß es windschief zur Achse gerichtete, gerade Erzeugende hat. In dieser Richtung liegen zwischen einem Hohl- und einem Vollhyperboloid Rollen, die je nach der Drehrichtung klemmen oder freigeben. Eine weitere Art von Freilauf arbeitet mit einem Federband, das sich bei einer Drehrichtung fest an die Wand legt und kuppelt.

Der Freilauf wird zweckmäßig hinten am Getriebegehäuse angeflanscht, vergl. Abb. 8. Notwendig ist eine Vorrichtung zum Sperren des Freilaufs, damit man gegebenenfalls den Motor als Bremse benutzen kann. Neben dem sehr genußreichen und sicheren Fahren sind die Vorzüge des Freilaufs Schonung des Motors, Lärminderung und eine gewisse Brennstoff- und Ölersparnis in welligem Gelände, vor allem aber eine wesentliche Erleichterung des Schaltens. Vergleichsversuche auf dem Nürburgring ergaben einen Minderbedarf an Kraftstoff von 12 % mit Freilauf. Ob der Freilauf bald allgemeine Verbreitung finden wird, dürfte davon abhängen, daß es gelingt, eine Freilaufsperrung auszubilden, die falsche Betätigung vollkommen ausschließt. [M 7611]

⁵⁾ Vergl. A. Heller, Die Deutsche Automobilausstellung 1921, Z. Bd. 45 (1921) S. 1157.

*

Gerät zum Bestimmen von Trägheitsmomenten

Nach dem auf *Gauß* zurückgehenden Verfahren zum Bestimmen des Trägheitsmomentes eines Körpers¹⁾ beobachtet man die Schwingungsdauer t des Körpers, dem etwa durch die Verdrehungselastizität des Aufhängedrahtes eine bestimmte Richtkraft (Direktionskraft) erteilt wird, vermehrt hierauf das gesuchte Trägheitsmoment J um ein bekanntes beträchtliches Trägheitsmoment J_1 , ohne die Richtkraft der Aufhängung zu verändern, und beobachtet die neue Schwingungsdauer t_1 . Dann ergibt sich das gesuchte Trägheitsmoment J zu:

$$J = J_1 \frac{t^2}{t_1^2 - t^2}$$

Das zugesetzte Trägheitsmoment besteht zweckmäßig aus einem Körper, dessen Trägheitsmoment leicht zu berechnen ist.

Ein Gerät zum Bestimmen von Trägheitsmomenten nach diesem genauen Verfahren ist in Abb. 10 dargestellt²⁾. In einem standfesten, kegelförmigen Untersatz befindet sich

¹⁾ F. Kohlrausch, Lehrb. d. prakt. Physik, 14. Aufl., Leipzig u. Berlin 1923, S. 115.

²⁾ Hersteller: Losenhausenwerk, A.-G., Düsseldorf.

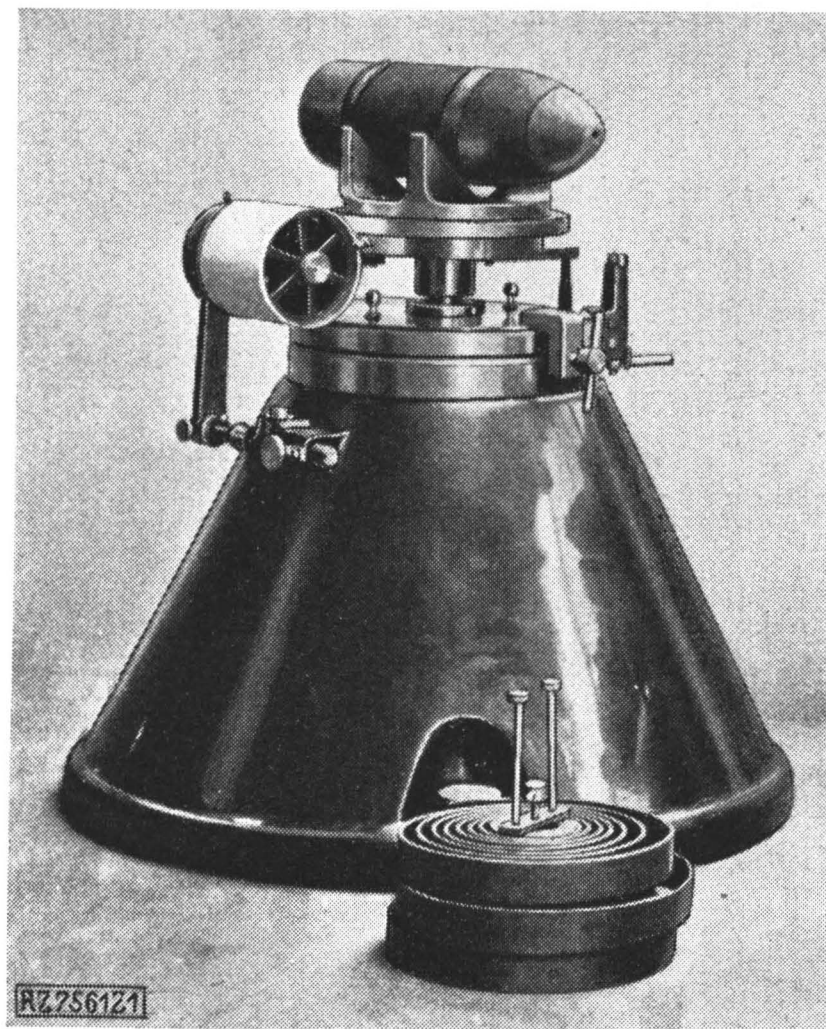


Abb. 10
Gerät zum Bestimmen von Trägheitsmomenten nach dem Verfahren von *Gauß*. Tragfähigkeit bis 50 kg. Ein kleineres Gerät für 10 kg Tragfähigkeit ist ähnlich gebaut. Im Vordergrund auswechselbare Spiralfedern, die der senkrechten Tellerwelle die Richtkraft erteilen.

eine in Kugellagern gelagerte und auf einer Kugel abgestützte Welle, die am oberen Ende einen Teller zur Aufnahme des Prüfkörpers trägt. Die Welle erhält eine Richtkraft um ihre Achse durch eine auswechselbare Spiralfeder. Die Schwingungen des Tellers mit dem Prüfkörper werden auf einem Papierstreifen aufgezeichnet, der auf einer durch ein Uhrwerk angetriebenen Trommel abläuft.

Beim Versuch wird zunächst der Teller mit dem Prüfkörper aus der Ruhelage ausgelenkt und mittels eines Anschlages in einer bestimmten Stellung gehalten. Hierbei wird die Spiralfeder gespannt. Nach Lösen der Rast durch einen Hebelgriff führt der Teller Drehschwingungen aus, deren Dauer aus den Aufzeichnungen auf der gleichzeitig in Betrieb gesetzten Trommel zu entnehmen ist. Das Gerät ist so geeicht, daß aus der Schwingdauer mit Hilfe von Zahlentafeln ohne weiteres das Trägheitsmoment abgelesen werden kann.

Voraussetzung für die Versuche ist, daß der Schwerpunkt des Prüfkörpers mit der Schwingachse zusammenfällt. Zu diesem Zweck wird auf einer Schwerpunktwaage³⁾ die Lage des Schwerpunktes bestimmt und der Körper auf dem Teller so lange verschoben, bis der Schwerpunkt in der Mittelebene der Torsionswelle liegt. Man kann auch die Schwerpunktwaage mit der Einrichtung zum Bestimmen des Trägheitsmomentes vereinigen und die Waage unmittelbar auf dem Teller anordnen, was sehr genaue Messungen ermöglicht. [M 7561]

Wuppertal-Barmen

Dr. W. Späth

³⁾ H. Hort, Maschinenbau Bd. 2 (1922/23) S. G 271.

Kleine Mitteilungen

Hochdruck-Kleindampfkessel mit elektrisch geheiztem Überhitzer

Die Forschungsanstalt der American Chain Co. hat einen Kleindampfkessel aufgestellt, der 113 kg/h Dampf von 112 at und 680 ° für die Untersuchung von Armaturen liefern soll. Er besteht aus mehreren Bündeln schwach geneigter Rohre, die an beiden Enden in senkrechte Sammelrohre eingeschweißt sind; die vorderen Sammelrohre sind oben und unten durch waagerechte Rohre vom gleichen Durchmesser verbunden, die eine kleine Dampf- und eine Schlammtrammel bilden. Der Wasserspiegel liegt in $\frac{2}{3}$ der Kesselhöhe. Zum Beheizen dienen vier Leuchtgasbrenner, die insgesamt 28,3 m³/h verbrauchen.

Der Dampfdruck wird selbsttätig von einem Regler eingestellt der die Gaszufuhr zu den Brennern beeinflusst. Die Speisepumpe arbeitet ununterbrochen; das überschüssige Wasser fließt durch ein Ventil ab, das sich entsprechend der Wärmedehnung eines mit Dampf- und Wasserraum des Kessels verbundenen geneigten Stahlrohrs verstellt. Ein gleiches Rohr in einem bestimmten Abstand unter dem Wasserstandzeiger dient als Sicherung gegen Wassermangel. Bei seiner Ausdehnung schließt dieses Rohr einen Stromkreis, wodurch die Gaszufuhr und die Speisung unterbrochen werden.

Der Überhitzer von 19 mm l. W. und 26,8 m wirksamer Rohrlänge hat sechs Windungen, die einzeln hergestellt und dann aneinandergeschweißt worden sind. Um interkristalline Wirkungen von schwefligen Rauchgasen auszuschließen, wählte man elektrische Beheizung. Die Heizkörper sind an den Innenwänden einer quadratischen Ofenkammer, die

Überhitzerschlange in der Mitte angeordnet und durch feuerfestes Mauerwerk gegen unmittelbare Wärmestrahlung geschützt. Ein Flügelrad aus nichtrostendem Stahl am Boden der Kammer erzeugt einen Luftstrom, der in dem Ringraum zwischen Außenwand und Strahlungsschutzwand aufsteigt und in der Mitte am Überhitzer absteigt. Die Heißdampfleitung ist geschweißt und enthält keine Flanschverbindung.

Bei einem einstündigen Verdampfversuch lieferte der Kessel mit drei Brennern 89 kg Dampf von 112 at und 595 ° und verbrauchte 21,2 m³ Leuchtgas von 4700 kcal/m³ sowie 42 kWh. Der Wirkungsgrad des Kessels betrug 55 %, der des Überhitzers bei 3 % Feuchtigkeit des Sattdampfes 58 %. Auf 1 m² Kesselheizfläche wurden 7300 kcal/h übertragen, auf 1 m² Überhitzerflächenfläche 9250 kcal/h und auf 1 m² Überhitzerinnenfläche 22 400 kcal/h. Die mittlere Dampfgeschwindigkeit im Überhitzer betrug rd. 7,3 m/s und die Luftgeschwindigkeit an der Überhitzeroberfläche 5,6 m/s. Aus dem Temperaturabfall von 608 auf 591 ° der Luft zwischen dem oberen und unteren Ende des Überhitzers ergibt sich, daß 71 % der Wärme durch Konvektion übertragen wurden. (Power 16. Februar 1932 S. 238*) [N 7706 b] Lc.

Einwellen-Turbodynamo von 160 000 kW

Anfang dieses Jahres wurde im Hudson-Avenue-Werk der Brooklyn Edison Co. eine von der General Electric Co. erbaute Maschinengruppe aufgestellt, die bei 1500 U/min und $\cos \varphi = 0,8$ die Leistung von 160 000 kW bei 16 500 V abgeben soll. Der Dampfteil besteht aus einem Hochdruck-

gehäuse für 28 at Anfangsdruck und rd. 385 ° Anfangstemperatur mit 15 Gleichdruckrädern, 8 Düsenventilen und 2 Anzapfstufen, auf das bei voller Belastung 120 000 kW entfallen, und einem Zweistrom-Niederdruckgehäuse mit rd. 3,9 m größtem Laufraddurchmesser, dessen Eintrittsdruck je nach der Belastung 0,21 bis 0,94 at abs beträgt. Zum ersten Male hat man bei dieser Turbine den Versuch gemacht, das Wasser aus den Niederdruckstufen in der von Brown, Boveri & Cie. angegebenen Weise abzuleiten.

Die Maschinengruppe wird aus vier von der Combustion Engineering Corp. erbauten Kesseln mit Schubrosten versorgt, die bei 32,8 at Überdruck und rd. 400 ° Endtemperatur des Dampfes je 240 t/h verdampfen sollen. Jeder Kessel besteht aus drei Trommeln und 1000 gebogenen Wasserrohren von rd. 80 mm Dmr. Die Feuerräume von je 396,4 m³ Inhalt sind mit Kühlrohren von rd. 360 m² Oberfläche ausgekleidet. Auf jedem Unterschubrost mit 69 Düsen und rd. 65 m² projizierter Fläche sollen zwei Stunden lang 25,6 t/h Kohle verfeuert werden können. (Electr. Wld. 20. Februar 1932 S. 356/59*) [N 7706a] H.

Mehrteilige Großgleichrichter

Aus der Erfahrung heraus, daß Quecksilberdampf-Gleichrichter von mittlerer Leistung bessere Wirkungsgrade als solche von sehr hoher Leistung erreichen, baut die Westinghouse Electric & Mfg. Co. Hochleistungsgleichrichter aus mehreren Teilen zusammen. Ein solcher Gleichrichtersatz für 3000 kW besteht aus vier 750 kW-Gleichrichtern — je zweien übereinander. Sie sind mit zwei Pumpensäzen ausgerüstet, von denen jeweils einer zur Aushilfe dient. Allerdings begegnet man auch der Ansicht, daß sich gute Wirkungsgrade von Quecksilberdampf-Gleichrichtern nicht auf mittlere Leistungen beschränken. (Power 1. März 1932 S. 343*) [N 7706 c] Pa.

Breitflanschträger-Walzwerk in South Chicago

Das Walzwerk der Illinois Steel Co. für Breitflanschträger von 203 bis 914 mm Steghöhe, 152 bis 381 mm Flanschbreite und rd. 31 bis 630 kg/m Gewicht umfaßt vier Gerüste: ein 1676 mm-Blockgerüst, in 82 m Abstand ein 1626 mm-Vorwalzwerk mit Kantenwalzgerüst, in 64 m Abstand ein 1626 mm-Zwischenwalzwerk mit Kantenwalzgerüst und in 73,5 m Abstand ein 1626 mm-Fertigwalzwerk¹⁾. Das Block-

gerüst ist in einem besonderen Gebäude untergebracht, an das sich die 230 m lange Halle mit den übrigen drei Gerüsten anschließt. Die ersten drei Gerüste sind umkehrbar. In dem 1676 mm-Gerüst werden die beiden Walzen von 5000 PS-Motoren angetrieben, das Normalgerüst und das Zwischengerüst durch je einen 7000 PS-Motor, die Kantenwalzgerüste durch je einen 2000 PS-Motor und das Fertiggerüst durch einen 3000 PS-Motor. (Iron Age 3. März 1932 S. 541/45*) [N 7706 d] Gw.

Personenschwebbahn in den italienischen Alpen

Am 16. Januar 1932 wurde westlich von Turin, nahe der französischen Grenze, eine von A. Bleichert, Leipzig, erbaute Personenschwebbahn dem öffentlichen Betrieb übergeben. Die Bahn führt von der Paßhöhe Sestrières (2035 m ü. M.) südlich der Mont Cenis-Eisenbahn mit zwei Teilstrecken auf den Monte Sises (2600 m ü. M.). Auf halber Strecke liegt die Haltestelle Alpette (2280 m), die vornehmlich dem Winterverkehr dient und ein bekanntes Skigelände mit guten Abfahrten erschließt. Die Länge beträgt insgesamt 1803 m. Jede Strecke hat nur eine Stütze in der Nähe der Zwischenhaltestelle.

Die Anlage hat auf jeder Teilstrecke nur einen Wagen. Beide Wagen werden von einem gemeinsamen Zugseil gezogen; sie fahren gleichzeitig aus den beiden Endhaltestellen ab und kommen gleichzeitig in der Zwischenhaltestelle an. Zur Weiterfahrt muß hier umgestiegen werden. Der zwölf-rädrige Wagen der unteren Teilstrecke faßt 36, der achträdrige Wagen der oberen Strecke 21 Personen entsprechend dem dort zu erwartenden geringeren Verkehr. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 4 m/s.

Da die Antriebmaschinen sowie die Spannvorrichtungen in der unteren Haltestelle liegen und oben nur feste Umführungsscheiben eingebaut sind, muß jedes Seil auf beiden Seiten seines Antriebes eine Spannvorrichtung erhalten. Um die schweren Nachteile von zwei unabhängig arbeitenden Spannvorrichtungen zu vermeiden, hat man die beiden Spannscheiben jedes Seiles auf einen gemeinsamen Spannwagen gesetzt¹⁾. Damit wird unter verschiedenen Bedingungen ein sicherer Ausgleich der Seilspannungen erzielt, der sich insbesondere im Gefahrfall bei Einfallen der Trageilbremsen der Seilbahnwagen günstig auswirkt. [N 7706 e] St.

¹⁾ Vergl. H. Illies, Z. Bd. 72 (1928) S. 1269.

¹⁾ DRP Nr. 558 091.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: A 1 Jäger 6171).

Hydro- und Aeromechanik nach Vorlesungen von L. Prandtl.

Von O. Tietjens. 2. Bd.: Bewegung reibender Flüssigkeiten und technische Anwendungen. Berlin 1931, Julius Springer. 299 S. m. 237 Abb. u. 28 Taf. Preis 23 RM.

Nach kurzem Hinweis auf Elemente der Idealtheorie wird die Zähigkeit eingeführt und ein Abriß von Ähnlichkeits- und Dimensionsbetrachtungen gegeben, die bei dem wesentlich empirischen Charakter einer heutigen Hydro-mechanik von grundlegender Bedeutung sind. Über den Rahmen der allen Kapiteln des Bandes zugrundeliegenden Prandtl'schen Vorlesungen hinaus behandelt der Verfasser die Strömung in Rohren und den Widerstand umströmter Körper, im engeren Anschluß an die Vorlesungen dagegen die Differentialgleichung der Bewegung zäher Flüssigkeiten, der „schleichenden“ und der Grenzschichtbewegung „bei kleiner Reibung“. Ausführlich und durchsichtig wird die Lehre vom Auftrieb (experimentelle Ergebnisse, unendlich langer und endlich langer Tragflügel) mitgeteilt; Turbulenzproblem und Schmierreibung werden nicht besprochen. Einen willkommenen Abschluß bilden die sehr schönen Göttinger Strömungsbilder auf den 28 Tafeln und das Schlußkapitel über Versuchsmethoden und -einrichtungen (Windkanäle u. a.), das ebenfalls nicht auf Prandtl's Vorlesungen zurückgeht.

Offenbar hat diesmal der zweite Verfasser überhaupt viel mehr freie Hand gehabt als im 1. Band¹⁾. Dagegen verdankt man Prandtl einen eigenen Beitrag über die wichtigen Sätze vom Impuls einer Quelle und dem Zusammenhang von Körperwiderstand und Nachlaufimpuls. Das Gebiet des 2. Bandes ist gegen Feinheiten der Ausdrucksweise viel empfindlicher als das der idealen Flüssigkeitsbewegung; denn die Erkenntnisse sind hier teilweise noch zu jung und noch nicht abgeklärt.

Der 2. Band, der schon 1928 abgeschlossen war, jedoch einzelne neuere Göttinger und Aachener Arbeiten als Kor-

rekturzusatz berücksichtigt, enthält viele, in Göttingen selbst erhaltene grundlegende Ergebnisse und Ansätze; so ist es besonders zu begrüßen, daß wir nunmehr wenigstens als Zwischenlösung eine autoritative, zusammenfassende Darstellung aus der Feder eines Angehörigen der Göttinger Schule besitzen. Einer besonderen sachlichen Empfehlung bedarf ein derartiges Werk nicht. Das Buch liest sich ganz besonders leicht und angenehm; wesentlich sind auch die guten Abbildungen mit ihren vollständigen, erklärenden Unterschriften. Die Bildtafeln sind vorzüglich. Ein wesentlicher Schritt für das Nahebringen moderner strömungstechnischer Auffassung an die Kreise der Ingenieure und Physiker ist mit dem Erscheinen dieses Werkes getan. [E 7615] Eisner

Kinematics of Machinery. By C. D. Albert and F. S. Rogers. New York 1931, John Wiley & Sons, Inc., London 1931, Chapman & Hall, Ltd. 527 S. m. Abb. Preis 27 sh.

Das vorliegende Werk, das aus Vorlesungen und Übungen an der Cornell University in Ithaca hervorgegangen ist, gibt einen lehrreichen Einblick in den amerikanischen Unterrichtsbetrieb. Die Kinematik, die an deutschen Hochschulen vielfach stiefmütterlich behandelt oder auf verschiedene Lehrgebiete aufgelöst und verteilt wird, steht hier mehr im Mittelpunkt des Unterrichts und übernimmt teilweise Gebiete, die nichts mit ihr zu tun haben, nämlich außer der Kinetik der Getriebe auch ihre Konstruktion und Berechnung. 125 Seiten des Werkes sind der Mechanik der Bewegung gewidmet (Analyse der ebenen Bewegung, Polbahnen, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektoren); weitere 121 Seiten den periodischen Getrieben (Nocken, Wälzhebel, Koppeltriebe) und 194 Seiten den Getrieben mit gleichförmiger Übersetzung (Reib- und Zahntriebe, Hülltriebe und zusammengesetzte Getriebe). Diese zweite und dritte Gruppe sind so ausführlich gehalten, daß eine Behandlung in den bei uns üblichen „Maschinenelementen“ überflüssig wird. Von deutscher Literatur sind nur erwähnt Reuleaux und Bur-

¹⁾ s. Z. Bd. 75 (1931) S. 307.

mester für Kinematik, ferner *Reuleaux* und *Rötscher* für Konstruktion. Die Entwicklungen sind sehr ausführlich und darum für Selbststudium geeignet, ein Anhang von 61 Seiten „Fragen und Probleme“ ist für diesen Zweck besonders wertvoll. Dem deutschen Fachmann bietet das Buch einige Darlegungen, die uns aus mangelnder Kenntnis der amerikanischen Literatur entgangen sind, im übrigen wahr es den Charakter des Unterrichtswerkes, der zur Vollständigkeit und Ergänzung auf den heutigen Stand nicht verpflichtet.

[E 7495]

Kutzbach

Der Schnittvorgang im Sande. Von *J. Rathje*. Forschungsheft 350. Berlin 1931, VDI-Verlag. 24 S. m. 83 Abb. Preis 5 RM, für Mitglieder des VDI 4,50 RM.

Während die Technik des maschinellen Grabens heute als hoch entwickelt bezeichnet werden darf, sind unsere Kenntnisse über die Theorie des Schneidens im Boden äußerst mangelhaft. Es erklärt sich dies daraus, daß die Eigenschaften des Baggergutes außerordentlich stark wechseln, so daß selbst eine gute Theorie niemals dem jeweils vorliegenden Spezialfall genügen kann. Eine genaue theoretische Erfassung aller Umstände kann als unmöglich angesehen werden.

Dinglinger hat als erster versucht, im Laboratorium an ganz einfachen Verhältnissen bei homogenem Baggergut und primitivem Schneidzeug Gesetzmäßigkeiten im Schneidvorgang zu beobachten. Die vorliegende Arbeit bestätigt diese Ergebnisse und erweitert sie. Es wird in leicht faßlicher Weise auf die Übereinstimmung der Lehren der modernen Baugrundforschung hingewiesen. Besonders interessant ist der Nachweis, daß die Schneidvorgänge im Sande keine Sonderstellung einnehmen, sondern allgemein unter die plastischen Verformungsvorgänge fallen. Die in lockeren Massen auftretenden Fließ- und Bruchfiguren stimmen weitgehend mit denen bei der Zerspanung von Metallen überein.

Alle in der Praxis stehenden Ingenieure, die Freude daran haben, mit dem Rüstzeug einer guten Theorie gewappnet, praktische Vorgänge genauer erkennen zu lernen, werden die Schrift mit Nutzen zur Hand nehmen. Dagegen wird man enttäuscht sein, wenn man hofft, gebrauchsfertige Formeln vorzufinden, nach denen eine Bemessung der Spezialschneidwerkzeuge von Baggern und anderen Grabmaschinen vorgenommen werden kann. Von großem Interesse für den Konstrukteur wäre es auch, Unterlagen für die Ermittlung des Kraftverbrauches zu erhalten.

[E 7511]

R. Wenzel

ATM. Archiv für technisches Messen. Herausgeg. von *Georg Keinath*. Lieferung 1 bis 3. 1. Bd. München 1931, R. Oldenbourg. Lfg. 1 Bl. 1 bis 16, Lfg. 2 Bl. 17 bis 32, Lfg. 3 Bl. 33 bis 48. Preis je Lieferung 1,50 RM.

Dem Nachteil, daß die Veröffentlichungen über Meßeinrichtungen und Meßverfahren meist weit zerstreut und nicht immer leicht zugänglich sind, will das Archiv für technisches Messen dadurch abhelfen, daß es einheitlich aufgebaute kurze Abhandlungen über Meßgeräte und -verfahren bringt, die man sammeln und zu einem Nachschlagewerk vereinigen kann. Die einzelnen Abhandlungen von 2 oder 4 Seiten Länge sind mit einer Klassifikationsnummer versehen, für die ein eigenes Dezimalsystem aufgestellt worden ist. Um die Verbindung mit dem internationalen Dezimalsystem herzustellen, werden neuerdings auch die internationalen DK-Nummern angegeben. Hinweise auf das Schrifttum zeigen den Weg zu eingehender Unterrichtung. In der ersten Lieferung waren an die wissenschaftlichen „Textblätter“ noch „Firmenblätter“ angefügt, die mehr katalogmäßig die Meßgeräte beschrieben. Diese Einrichtung ist aus den neueren Lieferungen wieder verschwunden.

Das Bestreben des Herausgebers, dessen Name für kritische und sachliche Auswahl der Veröffentlichungen bürgen dürfte, ist sicher zu begrüßen. Es erscheint aber natürlich

etwas zweifelhaft, ob der Zweck ganz erreicht wird. Denn die Zeit, die ein solches in dünnen Lieferungen erscheinendes Sammelwerk braucht, bis es einigermaßen vollständig ist — der Herausgeber selbst rechnet im Geleitwort mit fünf Jahren — läßt bei der schnellen technischen Entwicklung doch manches veralten; außerdem wird es nicht leicht sein, die Abhandlungen auch weiterhin so einheitlich zu halten wie bei den ersten Lieferungen und Wiederholungen und Lücken zu vermeiden. Die Ausführung der Blätter, namentlich auch der Abbildungen, ist zu loben.

[E 7425]

Parey

Leistungsversuche an Mischmaschinen. Von *Georg Garbotz* und *Otto Graf*. Mitteilungen des Forschungsinstituts für Maschinenwesen beim Baubetrieb. 1. H. Berlin 1931, in Kommission beim VDI-Verlag. 26 S. m. 135 Abb. Preis 6,75 RM.

Die vorliegende Arbeit eröffnet eine Reihe von Forschungsheften des Forschungsinstituts für Maschinenwesen beim Baubetrieb in Berlin. Mit diesen Heften wird den Fachgenossen Gelegenheit gegeben, sich eingehender über die Arbeiten des Instituts und deren Ergebnisse zu unterrichten. Alle, denen die wissenschaftliche Durchdringung des Baubetriebs am Herzen liegt, werden es begrüßen, daß sich Prof. *Garbotz* trotz der gegenwärtigen schwierigen wirtschaftlichen Verhältnisse zur Herausgabe einer solchen Heftreihe entschlossen hat.

Über die im ersten Heft behandelten Versuche haben *Garbotz* und *Graf* ausführlich in dieser Zeitschrift berichtet¹⁾. Auch auf die große Bedeutung dieser Untersuchungen für die Wirtschaftlichkeit des Baubetriebs wurde verschiedentlich hingewiesen²⁾. [E 7585] *Sd.*

¹⁾ Z. Bd. 73 (1929) S. 772 u. 782.²⁾ Z. Bd. 75 (1931) S. 574 u. 1257.

Anleitung zur Durchführung von Versuchen an Dampfmaschinen, Dampfkesseln, Dampfturbinen und Verbrennungskraftmaschinen. Von *Franz Seufert*. 9. Aufl. Berlin 1932, Julius Springer. 180 S. m. 60 Abb. Preis 4,40 RM.

Selbsttätige Temperaturregelung für Elektrowärmeegeräte durch Stabausdehnungsregler. 1. T. Von *L. Nolte*. Mitteilungen d. Forschungsinstituts für Elektrowärmetechnik a. d. Technischen Hochschule Hannover, 7. H. Berlin 1932, Schubert & Co. 47 S. m. 34 Abb. Preis 3 RM.

VDE-Fachberichte 1931. Herausgeg. vom Verband Deutscher Elektrotechniker. Berlin 1931, VDE-Verlag. 177 S. m. Abb. Preis 14 RM.

Spannung, Widerstand, Strom. Bearb. und herausgeg. vom Deutschen Ausschuss für Technisches Schulwesen. Berlin 1931, DATSCH. 128 S. m. 263 Abb. Preis 3 RM.

Die Pumpen. Von *Hermann Matthießen* und *Eugen Fuchslocher*. 3. Aufl. Berlin 1932, Julius Springer. 106 S. m. 178 Abb. Preis 3,30 RM.

Geschichte des Rammelsberger Bergbaues. Bearb. v. *Wilh. Bornhardt*. Archiv für Lagerstättenforschung, 52. H. Herausgeg. v. d. Preussischen Geologischen Landesanstalt. Berlin 1931, Selbstverlag. 366 S. m. 22 Abb. u. 11 Taf. Preis 15 RM.

Vierte Technische Tagung des rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues. Gesamtbericht über die am 22. und 23. Oktober 1931 vom Bergbau-Verein in Essen veranstaltete Tagung und Erörterungen¹⁾. Essen 1932, Selbstverlag. 81 S. m. Abb. Vorzugspreis 2,50 RM (durch Verein für die bergbaulichen Interessen, Essen, Postfach 279).

¹⁾ Vergl. V. Rossum, Z. Bd. 75 (1931) S. 1564.

Der „Fluch“ der Technik. Von *Fritz Schumacher*. Hamburg 1932, Boysen & Maasch. 30 S. Preis 0,80 RM.

Das Gesicht des neuen Rußland. Von *Rudolf Saliger*. Wien 1932, Julius Springer. 24 S. m. 17 Abb. Preis 2,40 RM.

Schluß des Textteiles

I N H A L T

	Seite		Seite
Deutsche Baumaschinen in Frankreich. Von <i>G. Garbotz</i>	305	Rundschau: Die Entwicklung des Dampflokomotivbaues — Kraftwagengetriebe — Gerät zum Bestimmen von Trägheitsmomenten — Kleine Mitteilungen . . .	323
Schwere amerikanische Klappbrücke	310	Bücherschau: Hydro- und Aerodynamik. Von <i>L. Prandtl</i> und <i>O. Tietjens</i> — Kinematics of Machinery. Von <i>C. D. Albert</i> und <i>F. S. Rogers</i> — Der Schnittvorgang im Sande. Von <i>J. Rathje</i> — ATM. Archiv für technisches Messen. Von <i>G. Keinath</i> — Leistungsversuche an Mischmaschinen. Von <i>G. Garbotz</i> und <i>O. Graf</i> — Eingänge	328
Normung der Kesselwagen. Von <i>H. Bieck</i>	311		
Spülverfahren bei einer Senkkastengründung	316		
Die Härtung legierter Stähle durch Stickstoff. Von <i>O. Meyer</i> und <i>W. Eilender</i>	317		
Nomogramme zur Mengenmessung von Gasen und Dämpfen. Von <i>H. Richter</i>	320		
Bau von Fern-Rohrleitungen in Amerika	322		