

HANDBUCH
der
chemisch-technischen Apparate
maschinellen Hilfsmittel und Werkstoffe

Ein lexikalisches Nachschlagewerk
für Chemiker und Ingenieure

Herausgegeben von

Dr. A. J. Kieser

Unter Mitarbeit von

Dipl.-Ing. Erich Hirschbrich, Dr.-Ing. Ernst Krause,
Ziv.-Ing. Theodor Möhrle VDI, Dipl.-Ing. Ferdinand Moser
VDI, Ziv.-Ing. Carl Naske VDI, Dr. Erich Rabald, Dr. Hans
Riesenberg, Ing. Gerhard Rothe VDI, Ob.-Ing. Ekkehard
Schauffele VDI, Dr.-Ing. Dr. phil. Hanns Schmidt, Dr.-Ing.
Dr. phil. Felix Singer, Dr.-Ing. Kurt Thormann VDI

Mit etwa 1800 Abbildungen

Lieferung 12



SPRINGER-VERLAG

BERLIN HEIDELBERG GMBH

1938

Etwa 18 Lieferungen je RM 8.50

Abnahme eines Bandes oder einer Lieferung verpflichtet zum Bezug des ganzen Werkes

Copyright 1938 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg

ISBN 978-3-662-32097-6
DOI 10.1007/978-3-662-32924-5

ISBN 978-3-662-32924-5 (eBook)

Zur Beachtung!

Aus dem Inhalt dieses Werkes (in Wort und Bild) kann in keiner Weise auf Vorliegen oder Nichtvorliegen von Rechtsschutz geschlossen werden (angeführte Patentschriften z. B. sind hier lediglich als Literaturangaben zu betrachten).

Wird ein zusammengesetztes Stichwort (Kompositum) vermißt, so suche man bei dem entsprechenden einfachen Stichwort (Simplex). Auch denke man an die verschiedenen Schreibweisen bei C, K, Z!

Die letzte Lieferung wird ein ausführliches Gesamtregister (mit Angabe der Seitenzahlen) über die Apparate, Maschinen, Werk- und Schutzstoffe (nicht nur der Stichwörter), aber auch über die chemischen Produktions- und Hilfsstoffe (durch besondere Satzart als Register für sich erkennbar) bringen, ferner ein Kurztitelverzeichnis der Zeitschriften.

Es wird daran erinnert (vgl. Vorwort, Seite 2), daß die letzten Lieferungen einen Nachtrag von A—Z bringen werden, der in dem Gesamtregister mit verarbeitet ist. Das Eingehen auf Wünsche oder Vorschläge sowie die Beachtung letzter Neuerungen braucht also im Prinzip nicht auf eine Neuauflage verschoben zu werden, sondern kann schon in dieser 1. Auflage erfolgen.

Einen gußeisernen Dreikörperverdampfapparat zum Eindampfen von Salzlösungen mit Salzelevatoren, welche die in jedem Körper ausgeschiedenen Salze ununterbrochen herausfördern, zeigt Abb. 1395. Die Verdampfanlage erreicht durch diese Anordnung eine Höhe von über 10 m. Die Verdampfkörper haben eingehängte Heizkörper mit ringförmigem Umlaufraum und zentralem Dampfzuführungsrohr.

Einen leicht umschaltbaren Vierkörperverdampfapparat zeigt Abb. 1396. Er ist so eingerichtet, daß jeder Körper als erster, zweiter, dritter oder vierter betrieben werden kann. Man kann daher den letzten Körper, der am meisten verschmutzt, in gewissen Abständen auch als ersten einschalten, so daß die Apparatur längere Zeit betriebsfähig bleibt. Jede Heizkammer ist mit einem Frischdampfstutzen, einem Anschluß an das zu dem Einspritzkondensator führende Brüdenrohr und einer zur Heizkammer des nächsten Körpers führenden

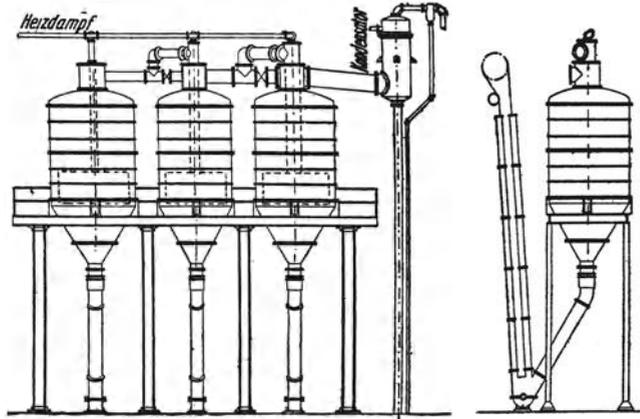


Abb. 1395. Verdampfer für Salze ausscheidende Laugen (Devine).

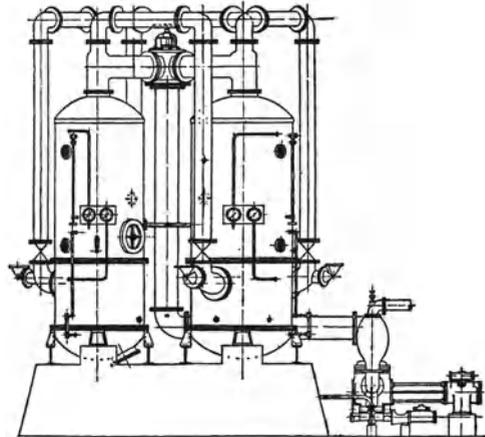


Abb. 1396. Umschaltbarer Vierkörperverdampfapparat (Devine).

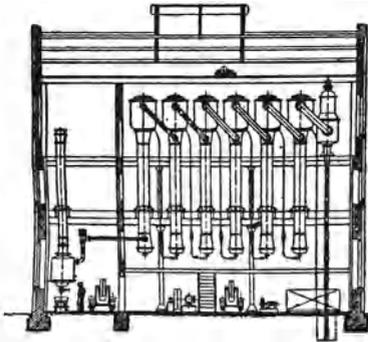
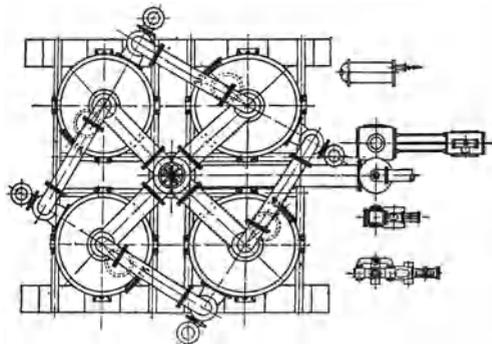


Abb. 1397. Sechskörper-Kestner-Apparat.

Kieser, Handbuch



Dampfleitung versehen. Zur Verbindung mit dem Kondensator dient eine in der Mitte zwischen den vier Körpern liegende Leitung.

Einen Sechskörperapparat mit *Kestner*-Verdampfern (s. Verdampfer) zeigt Abb. 1397.

Über die für Mehrkörperverdampfer geltenden behördlichen Bestimmungen s. Dampffässer, Dampfkessel.

Lit.: *E. Hausbrand* u. *M. Hirsch*, Verdampfen, Kondensieren, Kühlen (7. Aufl., Berlin 1931, Julius Springer). — *E. Schächterle*, Vakuum-, Eindick- und Verdampfapparate (Berlin 1926, Pataky). — *W. Greiner*, Verdampfen und Verkochen (2. Aufl., Leipzig 1920, Spamer). — *W. Badger*, Heat Transfer and Evaporation (New York 1926, Chemical Catalogue Co.). — *C. Heinel*, Wege zur Berechnung von Verdampfapparaten (Apparatebau 1921, H. 15). — *A. Wehre* u. *C. Robinson*, Evaporation (New York 1926, Mc Graw Hill). — *H. Claassen*, Die Zuckerfabrikation mit besonderer Berücksichtigung des Betriebes (6. Aufl., Magdeburg 1930, Schallehn & Wollbrück). — *R. Heinzelmann*, Die Verdampfapparate (Hannover 1924, Klenke). — *P. Kohn*, Wahl der Temperaturaufteilung in den Mehrstufen-Verdampfanlagen der Zuckerindustrie (Chem. Apparatur 1929, S. 13, 37).

Thormann.

Membranen (Schwingblätter, Schwingwände, Membrankörper). Die chemische Technik muß in ihren Apparaturen und Geräten oft zwei benachbarte Räume durch eine in gegebenen Grenzen bewegliche oder federnde Wand

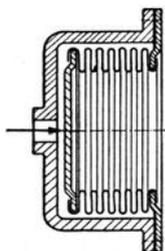


Abb. 1398.
Metallfaltbalg (Berlin-Karlsruher Industriewerke).

voneinander trennen, um die in diesen Räumen vorhandenen flüssigen oder gasförmigen Stoffe, die meist unter verschiedenen Drücken stehen, dicht gegeneinander abzuschließen. Wenn der dabei zurückzulegende Weg ein bestimmtes Maß nicht überschreitet, verwendet man dabei zweckmäßig elastische Stoffe in Gestalt von Membranen, die den Vorteil bieten, daß sie die reibenden Flächen entbehrlich machen und die Überwindung von Reibungsarbeit durch ihre Bauart ausschließen. Außerdem erhält man damit eine besonders einfache und sichere Dichtung. Derartige Membranen verwendet man z. B. in Druckreglern (s. d.), Druckmessern (s. d.), Gasmessern (s. d.), Druckminderern (Druckminderventilen, s. d.), Pumpen (s. d.), Rohrausgleichern (s. Rohrleitungen) usw.

In der Regel sollen die Membranen dabei selbst keine Federkräfte übertragen oder ausüben. Sie kehren also entweder nach jeder Bewegung gar nicht oder nur teilweise von selbst in ihre Ausgangslage zurück.

Die Membrane kann durch eine ebene, meist kreisförmige Platte gebildet werden. Die mit einer ebenen Platte erzielbare Durchbiegung ist gering. Die Vergrößerung der Oberfläche durch Einbringen von gleichachsigen Wellen ergibt eine weitere Bewegungsmöglichkeit. Bei den Plattenfedermanometern macht man beispielsweise hiervon oft Gebrauch (s. Druckmesser).

Eine größere Durchbiegung ergibt sich, wenn man mehrere Membranen oder Platten hintereinanderschaltet, so daß ein Balg entsteht, dessen Falten sich bei jedem Hub auf einer Zylinderfläche in axialer Richtung zusammenschieben oder ausdehnen.

Einen balgartigen, von außen belasteten Membrankörper zeigt als Beispiel Abb. 1398 (Berlin-Karlsruher Industriewerke A.-G., Karlsruhe). Er besteht aus einem dünnwandigen, gewellten, nahtlosen Metallrohr.

Ein Membrankörper, der aus gleichachsig gewellten, dünnen Federscheiben aus Stahl zusammengesetzt ist und von den Berlin-Karlsruher Industrierwerken entwickelt wurde, ist auf Abb. 1399 dargestellt. Als Werkstoff kommen ein gut schweißbarer Stahl, in Sonderfällen auch V2A-Stahl, und schweißbare Metalle in Betracht. An derartige Membrankörper kann man Flansche (s. d.), Böden, Ringe usw. zwecks Einbau in Apparate, Geräte, Rohrleitungen usw. anschweißen.

Neben dem dargestellten dünnwandigen Membrankörper, der sich vorwiegend für hohe Temperaturen eignet, werden auch aus stärkerem Stahlblech, besonders aus Nickelstahl, bestehende Körper für höhere Drücke gebaut, wie Abb. 1400 mit einem Ausführungsbeispiel zeigt (Berlin-Karlsruher Industrierwerke). Derartige starke Bauarten können gleichzeitig auch als Federn wirken und brauchen daher keine Gegenkräfte, um in ihre ursprüngliche Lage zurückzukehren. Diese Membrankörper eignen sich beispielsweise zur Betätigung von Steuerungen durch Dampf, Druckluft oder Preßwasser.

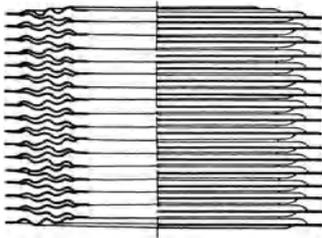


Abb. 1399. Aus gewellten Federscheiben zusammengesetzter Membrankörper (Berlin-Karlsruher Industrierwerke).

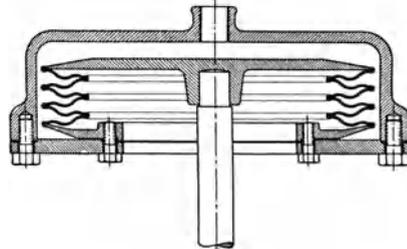


Abb. 1400. Stahl-Membrankörper (Berlin-Karlsruher Industrierwerke).

Einfache ebene Membranen, die nur geringe Drücke und Temperaturen auszuhalten haben, beispielsweise für Gasmesser und Druckregler für Niederdruckgasleitungen, stellt man aus Leder oder Gummi her. — Leder (vgl. d.) ist gegen chemische Beanspruchungen und hohe Temperaturen empfindlich. Besonders die Einwirkung von Sauerstoff macht Leder leicht brüchig. Gute pflanzliche Gerbung oder Halbchromgerbung kann seine Verwendbarkeit für Membranen erheblich erhöhen. Besonders eignet sich das Leder von ostindischen Bastards. Da trockenes Leder wenig geschmeidig, leicht angreifbar und nicht völlig gasdicht ist, muß es imprägniert werden. — Bei der Auswahl von Gummi für Membranen ist auf die Alterungsbeständigkeit Wert zu legen. Für hohe Temperaturen kommt Naturgummi nicht in Betracht. Die mechanische Festigkeit kann durch eine dünne Gewebeeinlage erhöht werden, die jedoch die Elastizität der Membrane beeinträchtigt. — Gummi- und Ledermembranen müssen so eingebaut werden, daß scharfe Kanten an den Rändern der Fassungen vermieden werden. Beim Einsetzen darf in der Nähe solcher Membranen nicht gelötet oder geschweißt werden, damit der Werkstoff der Membranen nicht durch Temperaturerhöhungen leidet.

Für hohe Druckunterschiede kommen als Werkstoffe nur Stähle oder meist Sondermetalllegierungen, insbesondere Tombak, daneben auch Bronze, Neusilber, Monelmetall, in Betracht, die außerdem durch galvanische Überzüge

geschützt werden können. Die genannten Metallegierungen sind im allgemeinen für Temperaturen bis zu 200° brauchbar und eignen sich auch für nahtlose, gewellte Membrankörper.

Bei der Auswahl der Werkstoffe ist zu beachten, daß mindestens eine Seite der Membranen während des Betriebs nicht zugänglich ist und daher nicht beobachtet und gepflegt werden kann. Die Lebensdauer der Membranen hängt, abgesehen von chemischen Einwirkungen, von Druck, Temperatur, Größe des Hubes und der Hubfolge in der Zeiteinheit ab. Für die Wahl der Größe einer Membrane ist neben dem Hub und dem Druckunterschied oft auch die zur Verfügung stehende Betätigungskraft zu beachten. Bei Meßgeräten ist sie vielfach verhältnismäßig gering. — Um eine Überbeanspruchung, beispielsweise durch vorübergehende Druckstöße, zu vermeiden, muß der Hub der Membranen möglichst durch Anschläge begrenzt sein.

Neben diesen, zwei Räume trennenden und als Schwingwände wirkenden Membranen verwendet die chemische Technik für bestimmte Bedingungen durchlässige Membranen, die also Hohlräume besitzen und daher filterartig wirken können. Hierzu dienen Stoffe verschiedener Art, die je nach den Anforderungen besonders behandelt werden und dadurch die gewünschten Eigenschaften, wie Membrandicke, Hohlrauminhalt, Wasserdurchlässigkeit, capillare Aufstiegsgeschwindigkeit, elektroosmotisches Verhalten usw., erhalten. Die wichtigsten Anwendungsgebiete dieser Membranen sind die Dialysatoren (s. d.), Elektroosmosevorrichtungen (s. d.) und Membranfilter (s. Filter, Abschn. I, 5. d., S. 564).

Thormann.

Meßflansche (Drosselflansche, Drosselgeräte, Meßdrosseln; s. auch *Dampfmesser, Flüssigkeitsmesser, Gasmesser, Regler*) dienen als Meßdruckgeber zur Messung von strömenden Gas-, Dampf- oder auch Flüssigkeitsmengen, indem mit ihrer Hilfe ein Druckunterschied erzeugt wird, der als Maß für die durchgehende Menge benutzt wird.

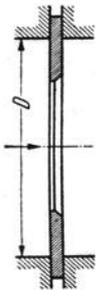


Abb. 1401.

Blende.

Man führt dabei die zu messenden Flüssigkeiten oder Gase durch eine in allen Abmessungen für den mittleren Betriebszustand genau festgelegte Verengung, so daß die Strömung gedrosselt wird (Drosselgerät). Ein bestimmter Teil der statischen Druckenergie der Strömung verwandelt sich beim Durchgang in Bewegungsenergie. Der dabei entstehende Druckabfall, der sog. Wirkdruck, läßt sich dadurch, daß er von den gegebenen Strömungsverhältnissen, insbesondere von der mittleren Strömungsgeschwindigkeit, abhängt, mit einem geeigneten Druckmesser (s. d.) zur Mengenummessung ausnutzen.

Die Meßstelle wird in der Regel in eine Rohrleitung gelegt und das Gerät dort mit den vorhandenen Flanschen (s. d.) unmittelbar verbunden. Neben den Drosselgeräten in Form von Blenden oder Düsen (s. d.), die mit Hilfe von Flanschen eingebaut werden (Meßflansche), verwendet man in besonderen Fällen noch die Venturimeter (s. d.).

Die Blende (Abb. 1401), die auch als Staurand, Stauscheibe, Stauring oder Drosselscheibe bezeichnet wird, besteht aus einer Scheibe, die zwischen die Flansche der Leitung eingesetzt ist und eine Bohrung mit abgeschrägter Auslaufkante enthält. Der Druckunterschied vor und hinter der Blende gilt als Meßgröße für die durchgeflossene Menge. — Die Düse besitzt eine

am Einlauf gut abgerundete Durchflußöffnung. — Der nicht wieder gewinnbare Druckverlust ist bei den Blenden etwas größer als bei den Düsen. Das Öffnungsverhältnis, d. h. das Verhältnis der offenen Fläche zum Gesamtquerschnitt, darf bestimmte Werte nicht überschreiten. Für Düsen soll es stets $<0,5$, für Blenden $>0,7$ sein.

Zur Druckentnahme ist der Meßflansch (Abb. 1402) in der Regel auf Vorder- und Rückseite mit Bohrungen oder mit Ringschlitzen (Ringkammern) versehen, von denen Leitungen zu dem Anzeigeinstrument führen. Ringschlitz oder -kammern haben den Vorteil, daß Einbaufehler durch außermittige Stellung der Öffnung des Meßflansches weniger stören. Auch dann, wenn sich die weiter unten erwähnten notwendigen geraden Einbaulängen nicht anordnen lassen, entnimmt man den Wirkdruck nicht punktförmig an einer Stelle, sondern durch einen Ringschlitz (Ringkammer), um einwandfreie Meßergebnisse zu erzielen. (Siehe auch *W. Beckmann*, Der Druckausgleich in Ringkammern von Drosselgeräten [Forsch. Ing.-Wes. 1937, S. 192].) Der erzeugte Druckunterschied wächst mit dem Quadrat der Durchflußmenge.

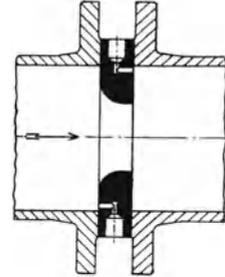


Abb. 1402. Meßflansch mit Düse.

Bezeichnet man mit

- V = durchströmendes Volumen in m^3/sek ,
- α = Durchflußziffer,
- F = Querschnitt der Stauöffnung in m^2 ,
- g = Erdbeschleunigung = $9,81 \text{ m}/\text{sek}^2$,
- h = den durch den Meßflansch hervorgerufenen Druckunterschied in mm W.S.,
- γ = spezifisches Gewicht der Flüssigkeit, so ist

$$V = \alpha F \sqrt{2 g \frac{h}{\gamma}}.$$

Der Wert α , der, abgesehen von der Form des Gerätes, auch von V abhängig ist, liegt etwa zwischen 0,6 und 0,8.

Ein Meßflansch ist in der Anschaffung billiger als ein Venturimeter (s. d.). Jedoch ist der Meßbereich und die erreichbare Genauigkeit geringer als bei letzterem.

Der Druckverlust hängt von der Einschnürung ab und beträgt, wie auch auf Abb. 1403 ersichtlich ist, etwa 30—80 Proz. des erzeugten Druckunterschieds. Als Abszisse ist hier das Verhältnis der Durchmesser vom engsten Querschnitt zum Rohrquerschnitt, als Ordinate das Verhältnis des Druckverlustes zu dem erzeugten Druckunterschied aufgetragen.

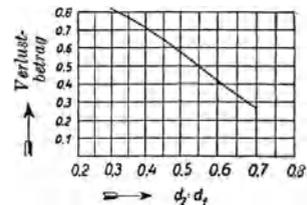


Abb. 1403. Druckverlust, bezogen auf das Verhältnis der Durchmesser.

Die Meßflansche werden am meisten für lichte Weiten von 50—250 mm verwendet, wobei die Baulänge 25—35 mm beträgt. Der Einbau ist sehr einfach, da der Meßflansch unmittelbar zwischen zwei Flanschen einer Rohrleitung angeordnet werden kann. Vor und hinter dem Meßflansch muß eine gerade Strecke von mehreren Rohrdurchmessern vorhanden sein. Vor einem Meß-

flansch, bei dem die Druckentnahme nicht mit Einzelbohrungen, sondern durch ringförmige Kammern (Ringkammern, Ringschlitze) am ganzen Umfang vorgenommen wird, empfiehlt es sich, folgende Längen von geraden Rohrstrecken, gemessen in Rohrdurchmessern D , vorzusehen: 2–10 D hinter einfachen oder mehrfachen Krümmern, die in einer Ebene liegen, hinter einem T-Stück und hinter Rohrverengungen; 5–20 D hinter einem geöffneten Ventil, hinter in zwei Ebenen liegenden Krümmern mit dahinterliegendem Gleichrichter, hinter einer Rohrerweiterung; 10–30 D hinter in zwei Ebenen liegenden Krümmern ohne Gleichrichter; 20–50 D hinter einem halbgeschlossenen Schieber. Hinter dem Meßflansch genügt oft eine gerade Rohrstrecke von 3–4 D . — Um den Einfluß von Rohrbeschaffenheit und Unregelmäßigkeiten beim Einbau auf das Meßergebnis zu verringern, hat man auch Drosselgeräte mit Ansatzrohren von bestimmter Länge entwickelt.

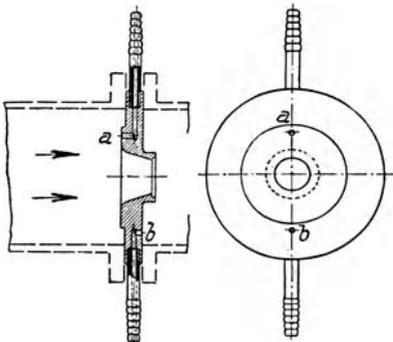


Abb. 1404. Meßflansch mit Düse für Gasleitungen.

Die Meßflansche mit Düse werden etwa nach Abb. 1404 ausgebildet. Die beiden Öffnungen a vor und b hinter der Scheibe sind mit dem Anzeiginstrument verbunden. Derartige Düsen sind besonders für Dampfmesser (s. d.) geeignet.

Für die Blenden und Düsen hat der Strömungsmesserausschuß des VDI bestimmte Ausführungsformen genormt und in den „Regeln für die Durchflußmessung mit genormten Düsen und Blenden“ fest-

gelegt. Diese enthalten auch die für die Messung mit diesen Geräten zu beachtenden Maßnahmen.

Meßflansche mit Normblenden und Normdüsen haben sich weitgehend auch in der chemischen Technik eingeführt, weil die Durchflußziffern für sie in engen Grenzen festliegen und oberhalb bestimmter Werte nahezu unveränderlich sind. Die festgelegten Durchflußziffern der Normblenden und -düsen geben eine zuverlässige Vergleichsgrundlage für alle Messungen ohne die Notwendigkeit, das Gerät besonders eichen zu müssen. Die Kenntnis von Dichte und Zähigkeit der zu messenden Flüssigkeiten oder Gase genügt, um eine ausreichende Zuverlässigkeit und Genauigkeit zu erhalten.

Meßflansche ergeben bei sorgfältiger Durchführung der Messung eine Genauigkeit beim Durchfluß von Flüssigkeiten von $\pm 1,0$ Proz., bei der Messung von Gasen und Dämpfen von $\pm 1,5$ Proz., wobei vorausgesetzt ist, daß die Stoffeigenschaften genau bekannt sind. Für viele Fälle der chemischen Technik genügt jedoch eine Meßgenauigkeit von 1–3 Proz. Bei kleineren Rohrdurchmessern, etwa unter 300 mm, ergibt die Düse bessere Meßergebnisse. — Verstopfungen, Krustenansätze, Niederschläge oder ungleichmäßige oder schwankende Beschaffenheit der durchströmenden Stoffe beeinträchtigen die Messung. Soweit derartige Niederschläge auf Temperaturabfall beruhen, ist die Grenztemperatur einzuhalten, oberhalb der ein Ausscheiden von Stoffen unmöglich ist. Bisweilen kann man sich auch mit Abspritzvorrichtungen helfen. Größere Meßfehler können durch Fehler in den Leitungen zum Druckmesser verursacht werden. Die beiden Zuleitungen zum Meßgerät müssen

gleich hohe Drucksäulen enthalten und völlig dicht sein, damit der geringe, vom Meßflansch gegebene Druckunterschied auch richtig auf den Messer übertragen wird.

Die Meßflansche müssen aus einem Werkstoff bestehen, der den zu messenden Stoff nicht angreift. Düsen fertigt man oft aus Bronzen an. Bei teerhaltigen Gasen sind die Blenden den Düsen vorzuziehen, da sie leichter sauber bleiben. (Siehe auch Meßvorrichtungen, Kontrollapparate.)

Lit.: *A. Gramberg*, Maschinentechnisches Versuchswesen (5. Aufl., Berlin 1923, Julius Springer). — Regeln für die Durchflußmessung mit genormten Düsen und Blenden (4. Aufl., Berlin 1936, VDI-Verlag). — *S. Kreuzer*, Statische und dynamische Untersuchungen von Mündungsdampfmenagemessern. VDI-Forschungsheft 297 (Berlin 1928, VDI-Verlag). — *W. Pflaum*, Beitrag zur Mengemessung strömenden Dampfes mittels Stauringen. VDI-Forschungsheft 298 (Berlin 1928, VDI-Verlag). — *R. Witte*, Durchflußbeiwerte der I.G.-Meßmündungen (Z. VDI 1928, S. 1493); Die Strömung durch Düsen und Blenden (Forsch. Ing.-Wes. 1931, S. 245). — *H. Richter*, Versuche mit neuen Formen von Durchflußdüsen (Forsch. Ing.-Wes. 1931, S. 207). — *G. Ruppel*, Die Durchflußzahlen von Normblenden (Z. VDI 1936, S. 1381); Drosselgeräte als Meßdruckgeber (Arch. techn. Messen 1931, Lief. T 3; München 1931, Oldenbourg). — *G. Ruppel* u. *H. Jordan*, Die Durchflußzahlen von Normblenden mit und ohne Störung des Zuflusses (Forsch. Ing.-Wes. 1931, S. 207). — *E. Smith*, Fluid Motors (Trans. Amer. Soc. mech. Engr. 1930, Nr. 30). — *H. Müller* u. *H. Peters*, Durchflußzahlen der Normaldüse (Z. VDI 1929, S. 967). — *G. Wünsch* u. *H. Rühle*, Meßgeräte im Industriegebiet (Berlin 1936, Julius Springer).

Thormann.

Messinge. Von den außerordentlich vielen Spielarten von Messingen sollen an dieser Stelle nur die in den Normen vorgesehenen angegeben werden.

Messing DIN 1709, Bl. 1, Juli 1930 (2. Ausg.).

Bezeichnung von Gußmessing mit 67 Proz. Kupfer:

GMs 67 DIN 1709.

Die Bezeichnung ist einzugießen oder aufzuschlagen.

1. Gußmessing.

Benennung	Kurzzeichen	Ungefähre Zusammensetzung in Proz.			Behandlung	Verwendungsbeispiele
		Cu	Zusätze	Zn		
Gußmessing 63	GMs63	63	< 3 Pb	Rest	Bearbeiten mit spanabhebenden Werkzeugen	Gehäuse, Armaturen usw.
Gußmessing 67	GMs67	67	< 3 Pb	Rest	Bearbeiten mit spanabhebenden Werkzeugen, Hartlöten	Gehäuse, Armaturen usw.
Sondermessing* gegossen	So-GMs A So-GMs B	54 bis 62	Mn + Al + Fe + Sn bis zu 7,5 Proz. nach Wahl	Rest	Bearbeiten mit spanabhebenden Werkzeugen	Kleine Lager, Überwurfmuttern, Grundringe, Beschlagteile, Gußstücke von hoher Festigkeit

* Zu beachten ist, daß innerhalb des Bereiches gesetzlich geschützte Legierungen bestehen.

2. Walz- und Schmiedemessing.

Benennung	Kurzzeichen	Ungefähre Zusammenstellung in Proz.			Behandlung	Verwendungsbeispiele
		Cu	Zusätze	Zn		
Hartmessing (Schraubemessing)	Ms 58	58	2 Pb	Rest	Warmpressen, Schmieden, Bearbeiten mit spanabhebenden Werkzeugen	Stangen f. Schrauben, Drehteile, Bauteile, Warmpreßstücke (Armaturen, Beschläge, Ersatz für Guß) zu den mannigfaltigsten Arbeiten
Schmiedemessing (Muntz-Metall)	Ms 60	60	—	Rest	Warmpressen, Schmieden, Bearbeiten mit spanabhebenden Werkzeugen, mäßiges Biegen und Prägen	Stangen, Drähte, Bleche und Rohre für mannigfaltige Zwecke, zu Kondensatorrohrplatten, Vorwärmer- und Kühlerrohren
Druckmessing	Ms 63	63	—	Rest	Ziehen, Drücken, Prägen, Hartlöten mit leichtflüssigem Schlaglot oder mit Silberlot	Bleche, Bänder, Drähte, Stangen, Profile für Apparatebau, Rohre
Halbtombak (Lötmessing)	Ms 67	67	—	Rest	Ziehen, Drücken (Kaltbearbeiten), Hartlöten bei hohen Anforderungen	Bleche, Rohre, Stangen, Profile, Drähte, Holzschrauben
Gelbtombak (Schaufelmessing)	Ms 72	72	—	Rest	Ziehen, Drücken, Prägen (Kaltbearbeiten) bei höchsten Anforderungen an Dehn- und Haltbarkeit	Drähte, Bleche, Profile für Turbinenschaufeln
Hellrottombak	Ms 80	80	—	Rest	Kaltbearbeiten	Bleche, Metalltücher
Mittelrottombak (Goldtombak)	Ms 85	85	—	Rest		
Rottombak	Ms 90	90	—	Rest		
Sondermessing* gewalzt	So-Ms	55 bis 60	Mn + Al + Fe + Sn bis zu 7,5 Proz. nach Wahl, bezüglich Ni vgl. Halbzeugblätter	Rest	Warmpressen, Schmieden	Kolbenstangen, Verschraubungen, Stangen zu Ventilschrauben, Profile, Dampfturbinenschaufeln für ND-Stufen, Bleche, Rohre, Warmpreßteile von hoher Festigkeit

Güte und Leistungen s. DIN 1709, Bl. 2 u. Halbzeugblätter DIN 1774—76 u. 1778.

* Zu beachten ist, daß innerhalb des Bereiches gesetzlich geschützte Legierungen bestehen. (Wiedergabe der Normenblätter mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Verbindlich ist jeweils die neueste Ausgabe des Normblattes im Normformat A 4, das beim Beuth-Verlag, Berlin SW 19, erhältlich ist.)

Weitere, namentlich im Ausland gebrauchte Sorten sind Nergandin-messing und Marinemessing. Ferner kommen noch die Sondermessinge hinzu, die außer Kupfer und Zink noch andere Metalle (Nickel [s. Nickel-Handbuch, herausg. vom Nickel-Informationsbüro, Frankfurt a. M.], Mangan usw.) enthalten. Zu den letzteren gehören z. B. Deltametall: 55,94 Proz. Cu + 41,6 Proz. Zn + 0,72 Proz. Pb + 0,81 Proz. Mn + 0,87 Proz. Fe; Durana-Metall: 58,65 Proz. Cu + 39,61 Proz. Zn + 0,42 Proz. Pb + 0,97 Proz. Sn + 0,013 Proz. P; Parsons Manganbronze: 58 Proz. Cu + 40 Proz. Zn + 1 Proz. Al + 1 Proz. Mn; Rübelbronze: 56,4 Proz. Cu + 40,0 Proz. Zn + 1,08 Proz. Ni + 2,07 Proz. Fe + 0,50 Proz. Al.

Physikalische Eigenschaften.

Dichte:

Proz. Cu	Dichte	Proz. Cu	Dichte
97,8	8,791	60,9	8,405
73,2	8,465	58,5	8,363
66,2	8,371	55,1	8,283

Struktur: Bis zu einem Gehalt von 32,5 Proz. Zink besteht das Messing aus α -Krystallen. Ist mehr Zink vorhanden, so reagieren die ausgeschiedenen α -Krystalle mit der zinkreicheren Schmelze unter Bildung von β -Krystallen. Schreckt man jetzt ab, so erhält man ein Gemisch von α - und β -Krystallen. Nun steigt aber mit sinkender Temperatur das Lösungsvermögen des Kupfers für Zink, so daß 39 Proz. Zink gelöst werden können. Durch sehr langsames Abkühlen oder Tempern bei 450° können die β -Krystalle wieder in α -Krystalle umgewandelt werden. Praktisch wird eine völlige Homogenisierung nicht erreicht. Es finden sich vielmehr immer noch β - neben α -Krystallen.

Wärmeleitfähigkeit:

Proz. Cu	Proz. Zn	Wärmeleitfähigkeit in $\frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{sek} \cdot \text{Grad}}$	Temperatur in Grad
89	11	0,275	18
82	18	0,313	18
68	32	0,260	18

Wärmeausdehnungskoeffizient: 71,5 Proz. Cu + 27,7 Proz. Zn + 0,3 Proz. Sn + 0,5 Proz. Pb: 0,0001859 bei 40°; Muntzmetall: 0,0000198; Marinemessing (62 Proz. Cu + 36,7 Proz. Zn + 0,23 Proz. Pb + 1,0 Proz. Sn): 0,0000202.

Schmelzpunkt der gebräuchlichsten Sorten: Je nach dem Zinkgehalt zwischen 850 und 1000°.

Zugfestigkeit:

Kaltbearbeitetes Messing.

Proz. Cu	Proz. Zn	Zugfestigkeit	Relative Dehnbarkeit
71,2	28,5	21,45 kg/mm ²	77,8
66,2	33,5	26,57 „	72,8
63,4	36,3	33,94 „	60,6
60,9	38,6	28,87 „	49,0
55,1	44,1	31,13 „	19,5

Für Gußmessing (59 Proz. Cu + 40,4 Proz. Zn + Rest Sn + Pb): 38,6 kg/mm²;
für Sondermessing: 30—50 kg/mm².

Härte:

Proz. Cu	Gefüge	Brinell-Härte
66,80	α	32
59,72	$\alpha + \beta$	61
54,69	β	83

Für Sondermessing: Z. B. Bleimessing: Brinell-Härte 39; Aluminiummessing: 153.

Die Messinge zeichnen sich durch gute Verarbeitbarkeit aus.

Bei der Verbindung von Messingteilen durch Löten bestehen gewisse Gefahren, da das Zinn der Lötmetalle auf das Messing unter Bildung einer spröden Legierung (43 Proz. Cu + 45 Proz. Zn + 12 Proz. Sn) einwirkt. Namentlich das β -Messing unterliegt diesem Angriff, der zu einem Aufreißen des Materials führen kann. Durch Kaltbearbeitung entstehen im Messing Spannungen, die oft beim Lagern ebenfalls zum Aufreißen führen („season cracking“). Durch korrodierende Einflüsse (z. B. durch Ammoniak und Ammonsalze) wird diese Wirkung besonders leicht ausgelöst, die man auch durch Aufbringen von Quecksilbersalzlösungen künstlich erzeugen kann. Völlige Aufhebung dieser „Reckspannungen“ wird erst bei Erhitzung auf 600—800° erzielt (über 800° „Verbrennen“ des Messings). Durch so hohe Temperaturen werden aber dem Messing auch unerwünschte Eigenschaften (Kornvergrößerung, zu große Weichheit) erteilt. In der Praxis begnügt man sich daher mit einer Wärmebehandlung bei 200—300°, die ausreicht, die größeren Spannungen zu beseitigen, die aber die durch Kaltreckung erfolgte Verfestigung nicht allzusehr vermindert. Nicht wärmebehandeltes, kalt verformtes Messing soll nicht verarbeitet werden.

Korrosion.

Die Korrosion von Messingsorten ist sehr eingehend untersucht worden, da die Verwendung des Messings als Material für Kondensatoren häufig zu Angriffen geführt hat, deren Ursache man zu erforschen versuchte, um Abhilfe zu schaffen. Trotz der vielen, mit großem Geschick und großem Scharfsinn ausgeführten Untersuchungen ist man noch nicht zu völlig eindeutigen Ergebnissen gelangt. Freilich ist das zu untersuchende System auch reichlich verwickelt, da Struktur, chemische Zusammensetzung, physikalischer Zustand (Spannungen, Oberfläche) und Verarbeitung verschiedenartig sein können. — Kaltgerecktes Messing ist unedler als weichgeglühtes, fast spannungsfreies, und wird demgemäß stärker angegriffen. Gefährliche Stellen des örtlichen Angriffes sind Ziehriefen und mechanische Verletzungen der Oberfläche. — Abgeschreckte oder bei hoher Temperatur (600°) ausgeglühte Messinge besitzen nicht die Korrosionsbeständigkeit der bei niedriger Temperatur (300°) spannungsfrei gemachten Sorten. — Zuweilen sind auf Messinggegenständen rote Flecken, die nach *Bolton* entstehen durch: Berührung mit Flammen und heißen Gasen beim Anlassen (SO₂!); schlechtes Waschen nach dem Ätzen; Gebrauch von unreinem Walzöl; Berührung mit Eisen beim Anlassen oder Ätzen; Spritzen von Wasser auf das rotglühende Metall. Diese roten Flecken (Cu) können Zentren für die Korrosion werden, so daß man sie am

besten durch Anlassen auf 600° oder durch Ätzen mit oxydierenden Substanzen (Kaliumbichromat, Kaliumpermanganat, Wasserstoffsuperoxyd + wenig Säure) beseitigt.

Ammoniak: Ammoniaklösungen und Ammoniakgas wirken stark auf Messing ein. Bei der Besprechung der physikalischen Eigenschaften ist bereits auf die eigentümliche Rißbildung durch Ammoniakkorrosion hingewiesen worden. Schon Spuren von Ammoniak greifen Messing an, wobei sie besonders die interkristallinen Schichten zerstören.

Ammonsalzlösungen: Ammonsalzlösungen greifen an.

Atmosphärische Korrosion: In verhältnismäßig wenig feuchter Luft, die Schwefelverbindungen enthält, überzieht sich Messing (70 : 30 und 60 : 40) mit einer Schicht, die vor weiteren Angriffen wenig schützt.

Benzin, Benzol: Beständig.

Essigsäure: Langsamer Angriff.

Kühlerflüssigkeiten: Mit Ausnahme der nur aus Wasser und Alkohol (rein oder Brennspiritus) zusammengesetzten Mischungen wird Messing von Kühlerflüssigkeiten angegriffen. Es sei darauf hingewiesen, daß schon ein Zusatz von Glycerin korrodierend wirkt.

Magnesiumchloridlösungen: Nicht widerstandsfähig.

Natriumhydroxydlösungen: Sehr geringer Angriff, selbst durch konzentrierte Lösungen.

Ofengase: Gase, die Stickoxyde und Schwefeldioxyd enthalten, greifen an, besonders, wenn Kondensation des Wasserdampfes möglich ist.

Salpetersäure: Starke Korrosion.

Salzsäure: Greift langsam an. Durch das Niederschlagen von gelöstem Kupfer wird der Korrosionsvorgang beschleunigt.

Sauerstoff: Beim Erhitzen in Luft treten bei 200° sichtbare Farbänderungen auf, und bei 425° sind weiße Flecken von Zinkoxyd zu bemerken. Der Angriff verläuft nach der Gleichung: $y^2 = 2 pt$ (y = Dicke der Korrosionsschicht, t = Zeit, p = Konstante) (nach *Pilling* und *Bedworth*).

Wasser: Bei Süßwasser sind die kupferreicheren Legierungen weniger gefährdet. *Hofer* empfiehlt besonders die wärmebehandelte Legierung mit 70 Proz. Cu + 29 Proz. Zn + 1 Proz. Sn, die sich auch gegen saure Grubenwasser bewährt haben soll. Gegen Wasser mit aggressiver Kohlensäure ist Tombak (85 Proz. Cu + 15 Proz. Zn) recht beständig. *Masing* erscheint es notwendig, die Messingteile von Wassermessern vor der direkten Berührung mit Wasser zu schützen. *Schwarz* und *Aberson* berichten von starken Angriffen durch ein natriumbicarbonat- und huminsäurehaltiges Wasser bzw. durch ein Quellwasser mit 4,5 mg Salpetersäure + 8 mg Chlor + 10 mg Kalk + 2,1 mg Sauerstoff + 22,4 mg Gesamtkohlensäure. Von *Bauer*, *Vogel* und *Zepf* sind die Einflüsse des Gehaltes an verschiedenen Salzen sowie von Flußwasser eingehend untersucht worden.

Lit.: *O. Bauer* u. *M. Hansen*, Mitt. dtsh. Mat.-Prüf.-Anst., Sonderheft IV (Berlin 1927, Julius Springer). — *O. Bauer* u. *K. Memmler*, Die Eigenschaften des Hartmessings. Mitt. dtsh. Mat.-Prüf.-Anst., Sonderheft VIII (Berlin 1929, Julius Springer). — *O. Bauer*, *O. Vogel* u. *K. Zepf*, ebenda, Sonderheft I (Berlin 1925, Julius Springer). — *Calcott*, *Whetzel* u. *Whittacker*, Corrosion Tests and Materials of Construction (New York 1923, van Nostrand). — *U. R. Evans*, Korrosion der Metalle. Deutsche Bearb. von *E. Honegger* (Zürich 1926, Füßli); Metallic Corrosion, Passivity and Protection (London

1937, Arnold). — *P. Kraus*, Werkstoffe, Stichwort Legierungen, bearb. von *E. H. Schulz* (Leipzig 1921, Barth). — *H. Landolt* u. *R. Börnstein*, Phys.-Chem. Tabellen (5. Aufl., Berlin 1923, Julius Springer). — *Deutsche Gesellschaft für Metallkunde*, Werkstoffhandbuch (Nichteisenmetalle), herausg. v. *Masing, Wunder* u. *Groeck*, (Berlin 1928, Beuth-Verlag). — *E. Rabald*, Werkstoffe und Korrosion I (Leipzig 1931, Spamer). — *P. Reinglass*, Chemische Technologie der Legierungen (2. Aufl., Leipzig 1926, Spamer). — *Aberson*, Chem. Weekbl. 1907, S. 32. — *E. A. Bolton*, Met. Ind., Lond. 1923, S. 213. — *J. N. Friend*, Met. Ind., Lond. 1924, S. 275. — *Hofer*, Arch. Wärmewirtsch. 1925, S. 217. — *G. Masing*, Wass. u. Gas 1926, S. 301. — *E. Maas* u. *E. Liebreich*, Z. Metallkde. 1923, S. 245. — *N. B. Pilling* u. *R. E. Bedworth*, Chem. metallurg. Engng. 1922, S. 72. — *J. Scott*, Met. Ind., Lond. 1916, S. 319. — *H. N. Vaudrey* u. *W. E. Ballard*, Met. Ind., Lond. 1918, S. 290. — *W. H. J. Vernon*, Met. Ind., Lond. 1925, S. 7; Trans. Faraday Soc. 1927, S. 113; Korrosion u. Metallschutz 1927, S. 232. — *Waurziniok*, Autotechn. 1925, S. 33. — *M. v. Schwarz*, Korrosion u. Metallschutz 1926, S. 8, 152.

Rabald.

Meßvorrichtungen (*s. auch Armaturen, Kontrollapparate, Regler*). Die Forderungen nach wirtschaftlicher Betriebsführung und höchster Betriebssicherheit durch laufende Betriebsüberwachung haben in der chemischen Technik zu einer hohen Entwicklung des Meßwesens durch Schaffung von zuverlässigen Meßvorrichtungen geführt, die das Meßergebnis selbsttätig und quantitativ angeben oder aufzeichnen. Für Einzelmessungen und laufende Aufzeichnungen der Meßwerte kommen in der chemischen Technik als Meßgrößen besonders in Betracht:

a) mechanische Größen, wie Mengen, Gewichte, Rauminhalte, Zugkräfte, Drücke, Zeiten, Geschwindigkeiten, Drehzahlen, Arbeit, Korngrößen; b) thermische Größen, wie Wärmegrade, Wärmemengen, Wärmedurchgangszahlen; c) chemische Größen, wie Analysen von Verbindungen und von Gemischen; d) Stoffeigenschaften, wie Feuchtigkeit, Zähigkeit, Polarisierung, Dichte; e) elektrische Größen, wie Stromstärke, Spannung, Leistung, Widerstände, Wechselzahl, Wellenform, Phase, Leistungsfaktor, magnetische Größen.

Im Rahmen dieses Handbuchs sind hier und in den betreffenden Artikeln die Meßvorrichtungen nur insoweit behandelt, als sie für die Betriebe der chemischen Technik und der verwandten Gewerbebezüge eine besondere, über die allgemeine Anwendung hinausgehende Bedeutung haben und nicht ausschließlich in Laboratorien oder für die Stoffprüfung Verwendung finden.

Die Anwendung einer Meßvorrichtung setzt voraus, daß man den die Zustandsänderung aufnehmenden Geräteteil an die zu messenden Stoffe herbringen kann. In den Apparaturen sind daher beim Bau oder Entwurf geeignete Öffnungen, Stützen (s. d.) usw. vorzusehen. Die Meßstellen für Dämpfe, Gase und Flüssigkeiten legt man vorzugsweise in Rohrleitungen an, da diese die Strömung in einem verhältnismäßig engen Querschnitt zusammenfassen, so daß sich alle Zustandsänderungen leicht auf ein Meßgerät übertragen lassen.

Die zu beobachtenden Größen werden oft nicht unmittelbar gemessen, sondern mittelbar durch Messung anderer Größen, deren Veränderung nach einem bestimmten und bekannten Gesetz von der Meßgröße abhängt. So kann man z. B. bestimmte Gaszusammensetzungen durch Messen der Wärmeleitfähigkeit der Gase auf elektrischem Wege in einfacher Weise bestimmen (s. Gasuntersuchungsapparate). Die durch eine Leitung

strömende Gasmenge läßt sich mittelbar durch eine Temperaturerhöhung mit Hilfe einer geringen Erwärmung feststellen (Thomasmesser; s. Gasmesser). Die Drosselgeräte, wie die Meßflansche (s. d.) und Venturimeter (s. d.), die zur Mengemessung von Dämpfen, Gasen und Flüssigkeiten dienen, beruhen auf der Wirkung eines Druckunterschiedes, der durch eine Querschnittsverengerung hervorgerufen wird.

Eine Meßvorrichtung besteht in der Regel aus einem Geber oder Fühler, dem eigentlichen Meßsystem, und der Anzeigevorrichtung. Dabei sind diese Teile nicht in jedem Fall an einer gegebenen Meßvorrichtung scharf voneinander zu unterscheiden. Der Geber oder Fühler nimmt die an der Meßstelle vorhandenen Zustandsänderungen der Meßgröße auf und erzeugt damit eine zur Messung geeignete Wirkung. Diese setzt das eigentliche Meßsystem in den Anzeigewert um und überträgt sie dann, soweit erforderlich, auf die Anzeigevorrichtung. Die unmittelbar wirkende Anzeigevorrichtung kann auch durch eine aufschreibende Registriervorrichtung (s. Kontrollapparate), durch ein Zählwerk oder durch eine Mittelwerte bildende Einrichtung ersetzt werden. — Die Kraft, welche die Anzeigevorrichtung in die Meßstellung bringt, bezeichnet man als Verstellkraft. Sie ist in der Meßstellung gleich der inneren Gegenrichtkraft, die entweder durch die Schwerkraft, durch eine Federkraft oder durch eine elektromagnetische Wirkung erzeugt wird. Die Meßkraft steigt daher mit dem Meßwert und ist in der Nähe des Nullpunkts sehr gering. Kleine Reibungskräfte in allen Teilen des Meßgeräts sind daher für ein gutes Meßergebnis wichtig.

Das Verhalten einer Meßvorrichtung während der Bewegung des Systems infolge Änderung des Meßwertes hängt von der Stärke der Verstellkraft und der Größe der Systemmasse ab. Das Anzeigegerät soll bei der Einstellung möglichst schnell die dem Meßwert entsprechende Stellung erreichen und nicht pendeln. Es muß also eine gute Ansprechgeschwindigkeit und Dämpfung besitzen.

Muß die anzeigende Vorrichtung räumlich von der Meßstelle getrennt werden, so bedient man sich zur Übermittlung des Meßergebnisses einer Fernübertragung, die auf elektrischem, hydraulischem, pneumatischem oder mechanischem Wege möglich ist. Oberhalb einer bestimmten Grenze, die je nach den vorliegenden Verhältnissen bei etwa 200—500 m liegt, sind die elektrischen Fernmeßverfahren den übrigen weit überlegen. Während bei der elektrischen Temperaturmessung die Möglichkeit einer Fernanzeige durch das Meßverfahren an sich gegeben ist, müssen zur Fernübertragung von Meßgrößen, die mit mechanisch wirkenden Meßsystemen erfaßt werden, besondere elektrische Hilfseinrichtungen verwendet werden. Für diese Zwecke hat die Meßtechnik spannungsunabhängige Fernsender entwickelt, die unmittelbar an das Netz angeschlossen werden können. Hierzu dienen besonders Vorrichtungen, bei denen ein oder mehrere Widerstände an der Meßstelle durch das mechanische Meßsystem entsprechend dem zu übertragenden Meßwert verändert werden. Siehe auch Kontrollapparate.

Der Energieverbrauch der Meßvorrichtungen ist im allgemeinen unerheblich. Lediglich bei einzelnen Mengemessungen, insbesondere bei den Meßflanschen (s. d.) und einzelnen Gasmessern (s. d.), treten einige Energieverluste auf.

Alle Meßvorrichtungen arbeiten nur mit einer bestimmten Genauigkeit,

die durch die größte Abweichung der Anzeige oder den größten Fehler beim Ablesen im Betriebe gegeben ist und in Prozenten auf eine Richtgröße bezogen wird. Um Kosten zu sparen, soll die geforderte Genauigkeit nicht höher sein, als es der Meßzweck notwendig macht. Zeigt eine Meßvorrichtung falsch an, so ist sie dennoch brauchbar, wenn bei mehrmaligen Einstellungen auf die gleichen Meßwerte keine unzulässigen Ungenauigkeiten zwischen den einzelnen Ergebnissen auftreten und der Fehler durch eine Eichtafel oder durch Umkehrung des Geräts ausgeglichen wird.

Je vierteiliger eine Meßvorrichtung ist, um so größer wird der insgesamt auftretende Meßfehler sein, da sich dieser aus den Fehlern der einzelnen Teile zusammensetzt. Dieser größtmögliche Fehler wird jedoch bei den üblichen Meßinstrumenten nicht erreicht, da sich die Fehler der einzelnen Teile in erheblichem Umfang selbst ausgleichen und daher im Meßergebnis nicht erscheinen. Der wirkliche Fehler ist meist auch kleiner als der mittlere Fehler der einzelnen Teile, der sich als Wurzel aus der Summe der Quadrate der Einzelfehler ergibt. Grundsätzlich sind die Fehlerquellen um so geringer, je unmittelbarer und zwangsläufiger Meßvorgang und Anzeige miteinander verbunden sind. — Um Fehler rechtzeitig erkennen zu können, müssen alle wichtigeren Meßinstrumente in regelmäßigen Abständen geprüft und, soweit erforderlich, nachgeeicht werden. Mengemesser für Dämpfe, Gase und Flüssigkeiten müssen dabei mit den gleichen Stoffen geeicht werden, für die sie im Betrieb bestimmt sind. Ebenso sind Flüssigkeitssäulen mit den gleichen Flüssigkeiten zu eichen, mit denen sie im Betrieb arbeiten. — Da der Ausbau der Meßvorrichtungen aus den Leitungen und Apparaturen oft Schwierigkeiten bereitet, hält man z. B. für Druckmesser Prüfgeräte bereit und sieht hierfür geeignete Prüfflansche vor. Siehe auch *B. Block*, Fehler bei der Anordnung der Prüfhähne an Manometern (Chem. Apparatur 1930, S. 111). — Um Fehler sofort feststellen zu können, empfiehlt es sich häufig, die Meßgröße doppelt zu bestimmen, indem man sie auf zwei verschiedene Arten feststellt. So kann man z. B. den Dampfverbrauch eines Apparates, der mit mittelbarer Wärmeübertragung beheizt wird, sowohl durch Messung des Dampfes als auch durch Messung des Kondensats erhalten. — Die Fehler, die bei der Messung vorkommen, entstehen entweder im Meßsystem oder in der Übertragungseinrichtung, z. B. durch Reibung, Erwärmungen, Alterungserscheinungen, oder auch durch unzweckmäßigen Einbau, Mängel bei der Inbetriebsetzung, beim Ablesen oder durch äußere Umstände, wie Korrosionen, Erschütterungen usw. Bei Meßvorrichtungen für die chemische Technik ist besonders auf Vermeidung von Einbaufehlern zu achten. Alle Meßgeräte sind möglichst in der Lage einzubauen, in der sie geeicht sind. Der günstigste Einbauort muß je nach den Verhältnissen sorgfältig ermittelt werden. Temperaturmesser z. B. dürfen nicht in toten Ecken liegen, sondern müssen möglichst in der Strömung oder im Schwerpunkt der zu messenden Massen liegen, damit eine gute Berührung mit dem Wärmeträger gesichert ist. Bei der Übertragung von Drücken ist auf die Möglichkeit von Verstopfungen zu achten. Stoßweise Änderungen der Meßgröße können erhebliche Falschanzeigen ergeben. Wird eine Zustandsgröße bei der Messung als unveränderlich angesehen, z. B. bei einer Mengemessung die Dichte, so ist stets nachzuprüfen, ob dies im Laufe der Zeit auch tatsächlich noch der Fall ist, oder ob Berichtigungen erforderlich werden. Dauert der Meßvorgang

einige Zeit, so muß beim Ablesen hierauf unter Umständen Rücksicht genommen werden. — Geräte mit Federn oder Membranen (s. d.) dürfen nicht überlastet werden.

Jede Bauart einer Meßvorrichtung ist nur für bestimmte Grenzen, den sog. Meßbereich, brauchbar. Die Wahl eines zu großen Meßbereichs verringert im allgemeinen die Genauigkeit der Messungen. Ein zu geringer Meßbereich kann Überlastungen des Geräts zur Folge haben. — Bei Mengenummessungen ist eine erhebliche Erweiterung des Meßbereichs durch das sog. Teilstromverfahren möglich. Hierbei wird vor einem in die Hauptleitung eingeschalteten Staugerät (s. Meßflansche, Flüssigkeitsmesser, Gasmesser) eine Zweigleitung angeordnet, in der sich eine kleine Drosselstelle befindet, deren Durchflußzahl zu der in der Hauptleitung befindlichen Drosselung in einem bekannten, gleichbleibenden Verhältnis steht (Strömungsteiler). Der Zweigstrom wird gemessen und in die Hauptleitung zurückgeführt. Dabei ist darauf zu achten, daß die Zweigdrosselstelle, die nur einen geringen Durchmesser besitzt, ständig sauber bleibt, da sonst erhebliche Fehler auftreten können.

Der geringste Wert der Meßgröße, den die Meßvorrichtung noch dauernd anzeigt, bezeichnet man auch als Empfindlichkeit.

Da bestimmte Meßvorrichtungen von den kleinsten bis zu den größten Meßwerten gebraucht werden, hat man für verschiedene Gerätearten und für die einzelnen Meßbereiche teilweise verschiedene Bauarten entwickelt. Bei einzelnen Meßvorrichtungen unterscheidet man dementsprechend Klein- und Großmesser.

Beim Betrieb verwickelter Apparaturen genügt oft die Anzeige eines einzelnen Instrumentes allein nicht, sondern mehrere in betrieblichem Zusammenhang stehende Meßgrößen müssen bekannt sein, um ein sicheres Bild von dem Betriebszustand einer Apparatur zu geben. In solchen Fällen ordnet man zweckmäßig alle zusammengehörigen Meßvorrichtungen gemeinsam an einer geeigneten Stelle an, z. B. auf einer gemeinsamen Tafel. In einzelnen Fällen ist es möglich, die Meßvorrichtungen in unmittelbarer Nähe der zur gleichen Apparatur gehörigen Bedienungseinrichtungen, wie Rohrleitungsschalter (Hähne, Schieber, Ventile usw.), Betätigungseinrichtungen für Bunkerausläufe, Schalter für Antriebsmotoren usw., anzuordnen. In kleineren Anlagen führt man bisweilen die Rohrleitungen so aus, daß sie an einer geeigneten Stelle zusammenlaufen und die zugehörigen Absperrvorrichtungen möglichst nahe dort beieinander liegen, so daß sich ein geeigneter Platz für die Anordnung der Meßvorrichtungen ergibt.

Zahlreiche Meßwerte gleicher Art und Größenordnung, die im Betrieb einer Apparatur zu beobachten sind, brauchen nicht dauernd und nicht genau gleichzeitig angezeigt werden. Man benutzt dann für alle Meßstellen dieser Art ein einziges Anzeigegerät und schaltet es nach Bedarf auf die einzelnen Stellen um. Sollen z. B. in einer großen Trockenanlage die Temperaturen an mehreren verschiedenen Orten gemessen werden, so können die zahlreichen Meßstellen durch elektrische Fernübertragung über eine Umschalteinrichtung mit einem einzigen Anzeigegerät verbunden werden. In gleicher Weise kann man Druckmesser durch Mehrwegehähne auf die einzelnen Meßstellen schalten. — Hängen dagegen zwei verschiedene Meßwerte nach bestimmten Gesetzen voneinander ab, so daß die Änderung eines Meßwerts im normalen

Betrieb der des anderen folgt, so kann es vorteilhaft sein, die Anzeigergeräte möglichst nebeneinander zu vereinigen und die Zeiger in einem Gerät zusammen anzuordnen, um Unregelmäßigkeiten schnell erkennen zu können. Als Beispiel für eine derartige Sonderausführung seien hier die Vorrichtungen zur Dampfzustandsmessung erwähnt, bei der es auf die Feststellung ankommt, ob der Dampf in einer Leitung oder einer Apparatur gesättigt oder überhitzt ist. Hierzu sind ein Druck- und ein Temperaturmesser in einem Anzeigergerät vereinigt, wobei die Skalen so eingeteilt sind, daß Druck und zugehörige Sättigungstemperatur übereinstimmen. Solange der Dampf in der fraglichen Leitung oder in der Apparatur gesättigt ist, liegen beide Zeiger übereinander. Ist der Dampf überhitzt, so gehen die Zeiger auseinander.

Oft kommt es nur auf die Summe, den Unterschied, das Produkt oder den Quotienten mehrerer Meßgrößen an. Als Beispiel von Summierungen seien die Messung des gesamten Dampfverbrauchs von mehreren Apparaten oder Apparategruppen oder der Gasverbrauch in einer Gasverteilungsanlage genannt. Derartige Umformungen der Meßwerte nimmt man in der Regel auf elektrischem Wege vor. — Die Wurzelbildung läßt sich auf hydraulischem Wege durchführen, wie es z. B. bei den Schwimmermanometern der Venturimeter (s. d.) üblich ist. Dabei verwendet man doppelschenkliche Quecksilbermanometer, bei denen das eine Gefäß so gestaltet ist, daß der Ausschlag eines Schwimmers in dem andern Gefäß dem zu messenden Durchfluß verhältnismäßig ist.

Die Zusammenfassung zahlreicher Meß- und Schaltvorrichtungen an einer Stelle kann unter Umständen die Übersicht über die Einzelheiten einer Anlage erschweren. Im Betriebe verwickelter Apparaturen mit zahlreichen Bedienungselementen und Meßvorrichtungen erleichtert man daher die notwendige Übersicht durch vereinfachte sinnbildliche Darstellung der zusammenhängenden Teile und der zugehörigen Meßstellen. So ordnet man z. B. schematisch dargestellte Leuchtschaltbilder an, in denen die im Betrieb befindlichen Rohrleitungen und Apparaturen in bestimmten Farben leuchten, während die stillliegenden Teile dunkel bleiben. Siehe auch Kontrollapparate.

Die Druckmessungen sind im Gegensatz zu anderen Messungen, wie z. B. zu den Mengenmessungen, nur Relativmessungen, da lediglich Druckunterschiede gemessen werden. Dabei dient als Bezugsdruck in den meisten Fällen der Druck der umgebenden Atmosphäre, wobei als Normalwert der Druck von 760 mm Q.S. bei 0° festgelegt ist. Zur Messung dienen die zahlreichen Bauarten der Druckmesser (s. d.). — Geräte, die einen unmittelbar auf den absoluten Nullpunkt bezogenen Druck angeben, bezeichnet man als Vakuummeter (s. d.).

Für die Temperaturmessungen hat sich der Grad Celsius als Einheit durchgesetzt, wobei der Schmelz- oder Gefrierpunkt des Wassers als Nullpunkt dient. Mit diesem Punkt und dem Siedepunkt des Wassers ist die Temperaturskala unter Benutzung der Erscheinung des Ausdehnens von Stoffen in Abhängigkeit von der Temperatur festgelegt. Da die Ausdehnung der Stoffe jedoch verschieden ist, gilt als stoffunabhängige Skala die thermodynamische Temperaturskala, die mit der Anzeige eines Thermometers mit idealem Gas übereinstimmt und sich durch den zweiten Hauptsatz der Wärmelehre ergibt. — Zur Temperaturmessung verwendet die Technik die

Ausdehnung von Stoffen, die Änderung eines elektrischen Widerstandes, thermoelektrische Kräfte und die Wärmestrahlung. Die Temperaturmesser kann man daher nach ihrer Wirkungsweise in mechanische Temperaturmesser, elektrische Widerstandstemperaturmesser, thermoelektrische Messer und Strahlungsmesser einteilen. Die beiden ersten Gruppen, die vorwiegend für Temperaturen bis 500° brauchbar sind, bezeichnet man meist als *Thermometer* (s. d.), die beiden anderen Gruppen, die besonders für hohe Temperaturen bestimmt sind, als *Pyrometer* (s. d.).

Für die chemische Technik ist die Mengenummessung strömender Stoffe von besonderer Bedeutung. Je nach der Verwendungsart unterscheidet man *Dampfmesser* (s. d.), *Flüssigkeitsmesser* (s. d.) und *Gasmesser* (s. d.), wobei diese Unterscheidung nicht immer bestimmte Bauarten umfaßt, da einzelne Meßvorrichtungen sowohl für Gase oder Dämpfe als auch für Flüssigkeiten brauchbar sind. Die wichtigsten Meßverfahren sind dabei die *Volumenmessung*, die mit motorischen, die Literzahl angegebenden Zählern arbeitet, die *Durchflußschwimmernessung*, die durch die Stellung eines Schwimmers den jeweiligen Durchfluß einer Strömung anzeigt (s. *Schwimmernmesser*), die *Staurohrmessung* (s. *Staurohre*) und die *Druckunterschiedsmessung*, die *Drosselgeräte* verschiedener Art benutzt. Die wichtigsten *Drosselgeräte*, die sich für die Messung von Dämpfen, Gasen und von Flüssigkeiten als brauchbar erwiesen haben, sind die *Blenden* und die *Meßflansche* (s. d.), die *Düsen* (s. d.) und die *Venturimeter* (s. d.). Hierzu kommen noch einige Sondermeßverfahren, wie die *Wehrmessung* zur Messung großer Flüssigkeitsmengen (s. *Wehrmesser*) und die *Thomasmesser* (s. *Gasmesser*). Zur Mengenummessung fester Stoffe dienen teilweise auch die *Dosiermaschinen* (s. d.). — Mit den genannten Vorrichtungen sind auch die *Wärmemengenummesser* (s. d.) verwandt.

Zur Angabe der Höhe eines Flüssigkeitsspiegels dienen die *Flüssigkeitsstandanzeiger* (s. d.). Ähnliche Vorrichtungen verwendet man zur Messung des Inhalts von Gasbehältern (s. d.).

Für den Betrieb von chemischen Apparaturen haben die Vorrichtungen zur Messung von Stoffeigenschaften besondere Bedeutung. Hierzu gehören z. B. die *Feuchtigkeitsmesser* (s. d.), die *Dichtemesser* (s. d.), die *Spindeln* (s. d.) und die *Gasuntersuchungsapparate* (s. d.).

Die chemische Technik stellt für bestimmte Bedingungen besondere Anforderungen an die Werkstoffe der Meßvorrichtungen. Oft genügt es, lediglich den Fühler oder Geber durch Verwendung hochwertiger, widerstandsfester Werkstoffe gegen Korrosionen zu schützen und die übrigen Teile der Meßvorrichtung aus den allgemein üblichen Stoffen auszuführen. Nur in einzelnen Fällen, z. B. bei Flüssigkeitsmessern, ist es erforderlich, die gesamte Meßvorrichtung aus widerstandsfestem Werkstoff, z. B. Steinzeug, herzustellen.

Um eine einheitliche Durchführung von Messungen besonders für Abnahmeversuche zu sichern, haben die zuständigen technischen Organisationen für die Grundmeßverfahren Regeln aufgestellt, z. B. Regeln für Temperaturmessungen oder Regeln für die Durchflußmessung mit genormten Düsen und Blenden. Für einzelne Meßvorrichtungen besteht im Gebiet des Deutschen Reiches Eichpflicht nach den Bestimmungen des Maß- und Gewichtsgesetzes vom 13. Dez. 1935. Dieses Gesetz legt auch die grundlegenden Maßeinheiten

fest. — Auch einzelne polizeiliche Vorschriften, wie die Dampfpaßverordnung (s. Dampfpaß), enthalten Bestimmungen über die Anordnung von Meßvorrichtungen, so z. B. für Autoklaven (s. d.).

Lit.: Siehe Kontrollapparate.

Thormann.

Metallfilter (s. auch *Gas- und Luftreiniger*). Die Metallfilter, 1915 von der Deutschen Luftfilter-Baugesellschaft m. b. H. (Delbag), Berlin, zunächst als Ersatz für die nicht zu beschaffenden Tuchfilter (s. Stoffgasfilter) eingeführt, haben seitdem immer mehr Verbreitung gefunden, da sie viele den Tuchfiltern anhaftende Übelstände vermeiden; sie werden heute nicht nur von der Delbag selbst, sondern auch von einer Reihe anderer Firmen in verschiedenen Bauarten auf den Markt gebracht. Sie lassen sich grundsätzlich in zwei Gruppen einteilen: Filter mit Schüttgut (in der Regel verkupferte Raschigringe von 12—25 mm Durchmesser) und Plattenfilter; diese letzteren werden wieder mit ruhenden oder mit beweglichen, profilierten Platten hergestellt.

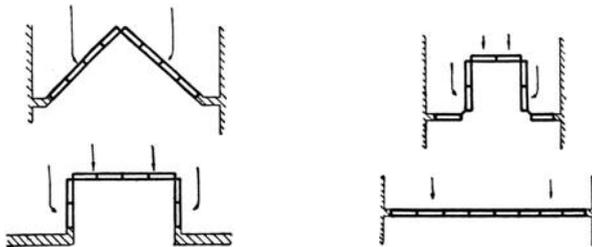


Abb. 1405—1408. Anordnung der Metallfilterzellen.

Die von der Delbag hergestellten Filter mit Schüttgut bestehen aus einzelnen Filterzellen für einen normalen Gasdurchgang von 1000 m³/std, die in einem eisernen Gehäuse von 50 × 50 cm zwischen zwei parallelen Siebwänden aus Stahl hergestellte, verkupferte Raschigringe enthalten. Die Adhäsionsfähigkeit der Metallflächen wird durch Benetzung mit einem sehr viscosen, stark staubbindenden Mineralöl „Viscinol“ erheblich gesteigert. Wegen der hohen Viscosität dieser Netzflüssigkeit haben die Filter den Namen „Viscinfiler“ erhalten. Das Viscinol verdunstet nicht, ist harz- und säurefrei, geruchlos, in dünner Schicht nicht entflammbar und wirkt auf längere Zeit stark staubbindend, so daß die einzelne Filterzelle bis zu 1,61 Staub aufnehmen kann. Der Widerstand einer Zelle beträgt bei der Normalbelastung nahezu konstant 8 mm W.S.; hinter dem Filter kann ein Reinheitsgrad bis 0,1 mg/m³ erreicht werden.

Zu jeder Zelle gehört ein eiserner Rahmen mit seitlichen Bohrungen zum Durchstecken von Schraubenbolzen. Auf diese Weise können die Normalzellen in beliebiger Anzahl neben- und übereinander zu Filterflächen gewünschter Größe zusammengesetzt werden. Die Zellenrahmen gestatten einen bequemen Ein- und Ausbau der Filterzellen für die Reinigung. Einige der üblichen Zellenanordnungen für eingebaute Filter zeigen Abb. 1405—1408, doch können die Zellen auch zu freistehenden Gehäusefiltern zusammengestellt werden. Der Raumbedarf eines Viscinofilters beträgt etwa ein Achtel desjenigen für ein Tuchfilter gleicher Leistung. Zum Entfernen größerer

Staubmengen empfiehlt es sich, die Filterzellen so anzuordnen, daß zwei Filter hintereinander zur Wirkung kommen.

Für diejenigen Fälle, wo der senkrechte Aufbau der Zellenfilter wegen der bestehenden Raumverhältnisse nicht durchführbar ist, wird das Viscinfilter nach Abb. 1409 als Schrägstromfilter gebaut, wobei sich die Bautiefe von 250 mm des normalen Zellenfilters auf 500 mm erhöht. Die Schräglage der Zellen erlaubt, in einen gegebenen Querschnitt etwa 150 Proz. mehr Filterfläche unterzubringen als bei senkrechter Anordnung. Auch bei dieser Bauart werden

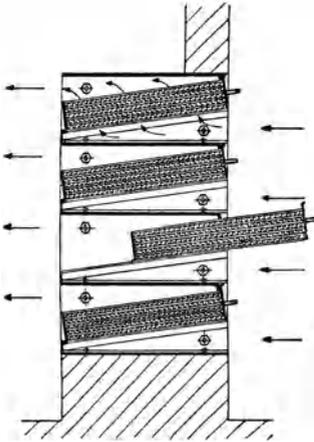


Abb. 1409. Schrägstromfilter (Delbag).

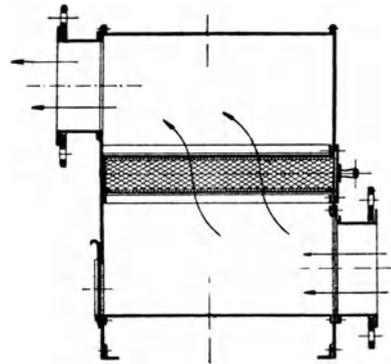


Abb. 1410. Gehäusefilter (Delbag).

die Zellenrahmen zu einem festen Gerüst zusammengestellt; die Filterzellen selbst werden nach Art von Schubladen in die Rahmen eingesetzt und können zwecks Reinigung leicht aus dem Gerüst herausgezogen werden.

In vielen Fällen, z. B. bei der Entstaubung von Gasen, ist es wünschenswert, das Filter unmittelbar in die Rohrleitung einzubauen; für diese Zwecke wird das Viscinfilter als Gehäusefilter nach Abb. 1410 gebaut. Die Anschlußstutzen für die Rohrleitung können entweder an dem zylindrischen Blechgehäuse oder an den beiden Stirnwänden angeordnet werden. Die in verschiedenen Größen hergestellten Filterzellen sind in ähnlicher Weise ausgebildet wie die Normalzellen und werden wieder schubladenartig durch die Stirnwand des Gehäuses in genau passenden Führungen in dieses eingeführt, so daß sie das Gehäuse in einen Rohluft- und einen Reinluftraum unterteilen. Die Luft strömt von unten nach oben durch das Schüttgut. Bei größeren Filtern dieser Art werden die Zellen in mehrere nebeneinander liegende unterteilt, damit sich die Zellen beim Ein- und Ausbau leichter handhaben lassen. Für den Anbau an das Ende einer Rohrleitung werden die Gehäusefilter als Rundzellenfilter nach Abb. 1411 gebaut, das senkrecht (stehend oder hängend) an den Luftsaugestutzen angeschraubt wird.

Die Zeitdauer, nach der eine Reinigung der Filterzellen notwendig wird, richtet sich nach dem Staubgehalt des zu reinigenden Gases und der Belastung des Filters. Im allgemeinen macht sich eine Reinigung nach etwa 1000–1500 Betriebsstunden erforderlich. Dazu werden die Zellen aus dem

Rahmen gehoben und in geeigneten Behältern oder in besonders zu diesem Zweck gebauten Drehwaschern ausgewaschen und neu mit Viscinol benetzt. Bei besonders hohem Staubanfall können die Viscinfilter mit selbsttätiger Reinigungseinrichtung ausgerüstet werden. Hierbei treten die Raschigringe unten aus dem Filter aus, werden durch Saugluft dem Reinigungsapparat zugeführt und nach erfolgter Reinigung und Wiederbenetzung mit Viscinol wieder selbsttätig oben in das Filter eingeführt. Das zu reinigende Filterabteil muß natürlich während der Reinigung durch einen Absperrschieber außer Betrieb genommen werden.

Wenn die zu reinigende Luft nicht nur entstaubt, sondern auch keimfrei gemacht werden soll, wird zur Benetzung der Filterkörper statt Viscinol eine

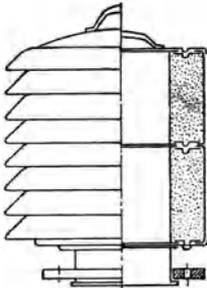


Abb. 1411. Rundzellenfilter
(Delbag).

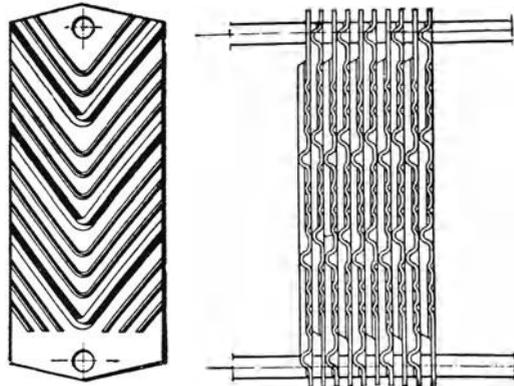


Abb. 1412. Filterplatten (Möller).

„Baktericidol“ genannte Flüssigkeit benutzt, die nach einem Urteil der „Wissenschaftlichen Station für Brauereien, München“, eine vollkommene Entkeimung der Luft gewährleistet.

Bei den Plattenfiltern werden profilierte Platten als Füllstoff verwendet, die entweder gewellt oder mit eingepreßten Nuten versehen sind. Die Filterplatten der K. & Th. Möller G. m. b. H., Brackwede, sind aus Blech gepreßt und nach Abb. 1412 mit mehreren, quer zur Luftrichtung verlaufenden Erhöhungen versehen; sie werden an Querstangen so übereinander aufgereiht, daß die winkelförmigen Erhöhungen abwechselnd nach oben und nach unten gerichtet sind. Gleichzeitig sorgen diese Erhöhungen für einen gleichmäßigen Abstand der aneinandergereihten Platten. Die für den Gebrauch ebenfalls mit einem staubbindenden Öl benetzten Platten bilden, in drei Reihen nebeneinander angeordnet, die Filterzellen, die seitlich mit Eisenblech eingefast sind und zum bequemen Ein- und Ausbau vorn Handgriffe erhalten. Die Filterzellen werden einfach oder doppelt in Einbaurahmen aus Eisen eingesetzt. Abb. 1413 zeigt ein Doppelzellenfilter, bei dem die Luft von unten nach oben durch die beiden Zellen hindurchtritt und dabei den Staub an die benetzten Filterplatten abgibt. Der Widerstand einer Doppelzelle beträgt 8—10 mm W.S. bei einer normalen Belastung von etwa 2000 m³/std. Diese Doppelzellenfilter werden auch in einem Blechgehäuse mit Anschlußstutzen für den Einbau in eine Rohrleitung geliefert.

Das Puratorfilter der A. Budil G. m. b. H., Berlin, ist ebenfalls ein Plattenfilter, bestehend aus einzelnen Filterzellen, die wieder für eine Einheits-

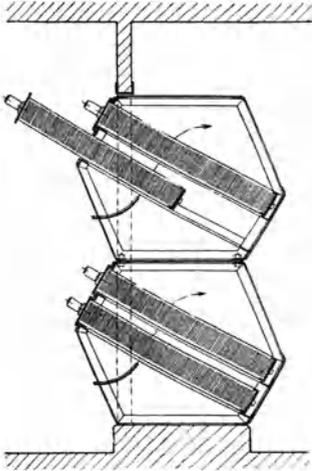


Abb. 1413.
Doppelzellenfilter (Möller).

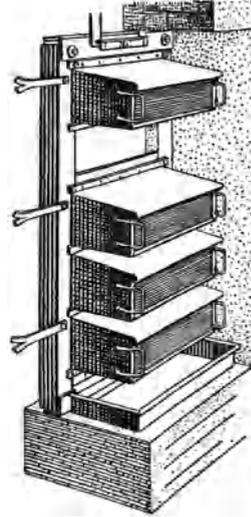


Abb. 1414. Puratorfilter;
eine Zelle ausgebaut (Budil).

leistung von $1000 \text{ m}^3/\text{std}$ bemessen werden. Um das Filter auch bei beschränkten Platzverhältnissen unterzubringen, werden die Zellen nach Abb. 1414 waagrecht übereinander angeordnet. — Hierher gehört auch das Purator-Turbofilter, bei dem die einzelne Filterzelle aus drei übereinander angeordneten, schwach geneigten Kassetten besteht. Die Kassetten selbst werden nach Abb. 1415 aus einer Anzahl besonders gebogener Bleche gebildet und dadurch in kleine Turbozellen unterteilt, in denen die Staubteilchen durch Zentrifugalkraft ausgewirbelt werden. Der feinste Staub wird an den mit hochviscosen Öl benetzten Prallflächen gebunden; der ausgeschiedene Staub lagert sich in den Staubecken *a* und wird dort festgehalten, da diese Staubecken außerhalb des Luftstroms liegen.

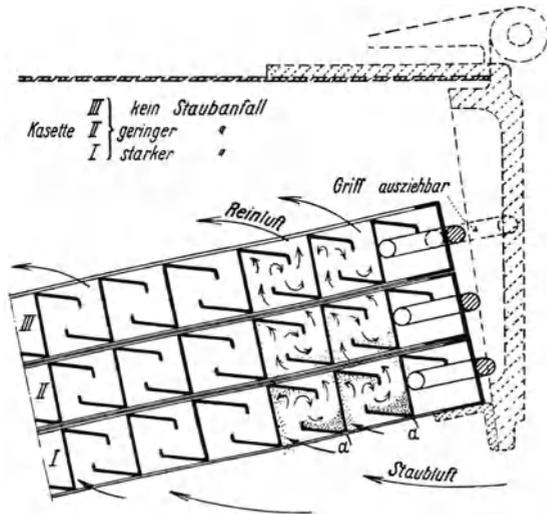


Abb. 1415. Purator-Turbofilter (Budil).

Die Anordnung von zwei oder drei Filterzellen in einem gemeinsamen Rahmen bietet insofern gewisse Vorteile, als die Herausnahme einzelner Filterzellen zur Reinigung auch während des Betriebes ohne Stillsetzen des Filters möglich ist. Bei einzelligen Filtern müssen zu diesem Zweck mehrere Reservezellen zum Auswechseln zur Verfügung stehen.

Das oben beschriebene Plattenfilter von Möller wird zur Vereinfachung der Reinigung auch mit beweglichen Platten hergestellt (Phönixfilter). Dabei werden die einzelnen Filterplatten nach Art einer Gallschen Kette zu einem endlosen Band zusammengestellt, das oben und unten über je zwei auf einer gemeinsamen Welle sitzende Umlaufrollen geführt ist (Abb. 1416). Die obere

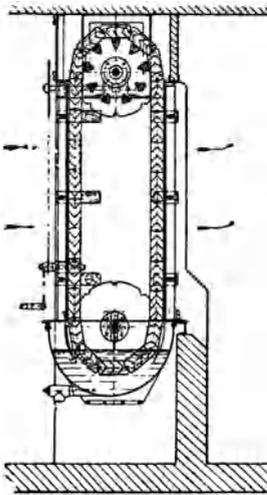


Abb. 1416. Phönixfilter (Möller).

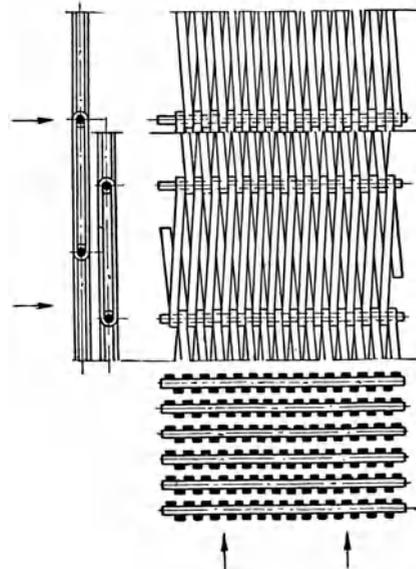


Abb. 1417. Gliederbandfilter (Delbag).

Welle wird von Hand ab und zu oder durch einen kleinen Elektromotor ununterbrochen langsam gedreht. Bei dieser Drehung taucht das Filterband unten in ein Gefäß mit dem staubbindenden Öl und wird so beim Durchgang selbsttätig gereinigt und mit Öl benetzt. Der Ölbehälter selbst kann zur Reinigung leicht ausgebaut werden. Die Abdichtung des Filterbandes nach außen erfolgt durch Lederstreifen. Die zu reinigende Luft wird in waagerechter Richtung durch das Filterband gesaugt, durchströmt zunächst die vordere Bandhälfte, die so als Vorfilter wirkt, und wird dann in der hinteren Bandhälfte einer zweiten Reinigung unterzogen. Infolge der sehr langsamen Drehung des Filterbandes wirkt das Öl im Behälter genügend lange auf die Filterplatten ein, um sie gründlich von dem anhaftenden Staub zu befreien. Bei elektrischem Antrieb des Filterbandes arbeitet das Phönixfilter vollkommen selbsttätig, der Aus- und Einbau einzelner Filterzellen für die Reinigung ist daher nicht erforderlich. Der Entstaubungsgrad des Filters

$$\varepsilon = \frac{\text{Rohstaub} - \text{Reststaub}}{\text{Rohstaub}} \cdot 100$$

wurde von *Berlowitz* im Mittel zu 80 Proz. gefunden, d. h. es werden im Phönixfilter 80 Proz. der in der Luft enthaltenen Staubteilchen ausgeschieden. Der Widerstand des Filters beträgt je nach der Belastung 5–9 mm W.S.

Als Vorfilter bei großen Staubmengen wird, besonders wenn in der zu entstaubenden Luft Haar- oder Faserstoffe enthalten sind, von der Delbag ein Gliederbandfilter hergestellt, das auch als bewegliches Filter mit umlaufendem Gliederband eingerichtet werden kann. Das Gliederband

besteht nach Abb. 1417 aus mehreren Drahtlagen, die bei ruhenden Filtern bis zu sieben Stück hintereinander vorhangartig in einen gemeinsamen Rahmen eingehängt werden. Im Betriebe bleiben die beiden ersten Bänder trocken, während die dahinterliegenden fünf Schichten mit viscosen Öl benetzt werden. Durch diese Anordnung ist es möglich geworden, selbst in stark stauberzeugenden Betrieben die einmal angewärmte Arbeitsluft, bis zu 4–5mal gereinigt, den Arbeitsräumen wieder zuzuführen. Der Widerstand dieser Gliederbandfilter ist annähernd konstant und beträgt bei einer Belastung von $5000 \text{ m}^3/\text{m}^2$ etwa 1 mm W.S. für jedes der vier bis sieben hintereinander angeordneten Gliederbänder. Die Anzahl der verwendeten Gliederbänder richtet sich nach dem gewünschten Reinheitsgrad der Reinsluft. Bei der oben angegebenen Belastung und fünf hintereinandergeschalteten Gliederbändern wird ein Reinheitsgrad von $0,3\text{--}0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ erzielt. Bei der Anordnung mit beweglichem Gliederband wird das Filter entweder mit einem endlosen Band mit Bürstenreinigung unterhalb der wirksamen Filterschicht oder als Schuppenbandfilter ausgeführt. Bei dieser letzteren Ausführung liegen nach Abb. 1418 einzelne Gliederbandplatten dachziegelartig übereinander und sind an ihren Längskanten um Bolzen drehbar. Das endlose Band geht über obere (angetriebene) und untere Rollen durch ein unten vorgesehenes Reinigungs- und Wiederbenetzungsbad. An der tiefsten Stelle hängt jede Gliederbandplatte frei im Ölbad und erfährt bei dem langsamen Durchgang durch dieses eine gründliche Reinigung von dem anhaftenden Staub.

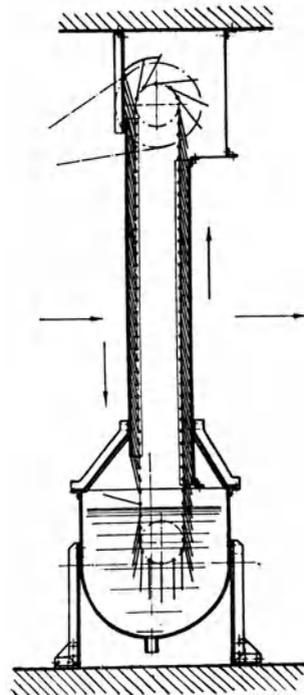


Abb. 1418. Schuppenbandfilter (Delbag).

Lit.: *M. Berlowitz*, Versuche an Metallfiltern zur Luftentstaubung (Gesundh.-Ing. 1925, S. 395, 403).

Moser.

Metallacke, Metallüberzüge, s. Schutzüberzüge.

Métillure, s. Ferrosilicium.

Mipolam ist ein aus Vinylpolymerisaten bestehender thermoplastischer Kunststoff. Eine wie Glas durchsichtige und härtere Spielart wird als *Astralon* bezeichnet. Das spez. Gew. dieser Kunststoffe beträgt $1,34\text{--}1,37$, ihre Zugfestigkeit (gemessen an Flachstäben von 5 mm Dicke) etwa $600 \text{ kg}/\text{cm}^2$

bei 40 Proz. Dehnung, der Härtegrad 1000 kg/cm². Die Produkte sind fast unbrennbar, erweichen aber schon bei 60°, so daß sie nur bis 40° verwendet werden können. Die Feuchtigkeitsaufnahme beträgt für 100 cm² Oberfläche bei 24° etwa 80 mg. Gegen 50proz. Mineralsäuren, gegen Essigsäure, Ammoniak, Alkalien und Salzlösungen sind Mipolam und Astralon bei gewöhnlicher Temperatur beständig. Vegetabilische und mineralische Öle sowie Benzin sind gleichfalls ohne Einwirkung, dagegen greifen organische Lösungsmittel (Ester, Chlorkohlenwasserstoffe, Ketone, Äther, Pyridin usw.) mit Ausnahme von Alkohol mehr oder weniger stark an. — Die Verarbeitbarkeit der Produkte ist gut. Die Verbindung von Mipolamrohren kann durch Verkleben mit einer Lösung von Astralon (10 Proz.) in Methylenchlorid oder von Astralon (5 Proz.) in Methylenchlorid + Aceton + Toluol = 1 : 1 : 1 durchgeführt werden. Die Verbindung mit Metallen und keramischen Werkstoffen ist mit Schwierigkeiten verknüpft.

Lit.: *E. Rabald*, Dechema-Werkstoffblätter 1935, 1936 (Berlin, Verlag Chemie). — *Kunststoffe* 1936, S. 171. — *H. Lutz*, Wärme 1937, S. 428; ref. Chem. Apparatur 1937, S. 290.

Ra.

Minderdruckapparate, s. Vakuumapparate.

Mischer, s. Mischvorrichtungen.

Mischkondensatoren (Einspritzkondensatoren; s. auch *Kondensatoren, Oberflächenkondensatoren, Kühler, Mehrkörperverdampfer*) dienen in der chemischen Technik meist dazu, eine Verdampfung unter Luftleere durch Verflüssigung der dabei entstehenden Dämpfe zu ermöglichen. Sie werden fast ausschließlich an Verdampfapparaten, bisweilen auch an Vakuumtrocknern (bei diesen besonders, wenn es sich um höhere Leistungen handelt) angewendet. Während das Kühlwasser in den Oberflächenkondensatoren unter jedem beliebigen Druck stehen kann, der in der Regel etwas größer als der Atmosphärendruck ist, gelangt das Kühlwasser der Einspritzkondensatoren in einen luftleeren Raum, wobei ein Teil der in ihm gelösten Gase frei wird, so daß die von der Luftpumpe abzusaugende Gasmenge dadurch vergrößert wird. Da die Kondensationstemperatur der dem Sättigungsdruck zugeordneten Siedetemperatur entspricht und das zur Verfügung stehende Grundwasser eine Temperatur von 10° selten unterschreitet, kann Wasserdampf unter 0,0125 at abs entsprechend einer Kondensationstemperatur von 10° nicht niedergeschlagen werden.

Man unterscheidet nasse und trockene Kondensatoren. Die nassen Kondensatoren arbeiten meist im Gleichstromverfahren. Die Luftpumpe (s. d.) fördert sowohl die Luft als auch das erwärmte Einspritzwasser. Da das gesamte Kühlwasser durch die Pumpe im erwärmten Zustand gehen muß, neigen die dabei anzuwendenden Naßluftpumpen bei schlechter Wasserbeschaffenheit zum Steinansatz, außerdem sind sie größer als die trockenen Luftpumpen. In den trockenen Kondensatoren wird Kühlwasser und Dampf meist im Gegenstrom zueinander geführt. Die Luftpumpe fördert nur die nicht kondensierbaren Gase aus dem Kondensator. Das Kühlwasser wird in der Regel durch ein Fallrohr ununterbrochen und selbsttätig abgeleitet, was zur Folge hat, daß der Kondensator mit seiner Unterkante 10 m über dem Wasserspiegel des

Fallwasserkastens stehen muß. Zum Herausfordern der Gas- und Luftmengen bei der Mischkondensation eignen sind auch Strahlpumpen (s. d.).

Bei allen Einspritzkondensatoren entspricht die Dampftemperatur nur am Brüdeneintritt dem vorhandenen Druck, da hier der Anteil der Gase sehr klein ist. Sobald die Dämpfe mit dem Kühlwasser in Berührung gekommen sind und der Dampfgehalt sich vermindert hat, ist auch der Dampfteildruck geringer, weil der Gesamtdruck im Kondensator an allen Stellen gleich ist und sich aus dem Teildruck der Luft und dem des Dampfes zusammensetzt. Bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten ist außerdem ein geringer Druckabfall zu berücksichtigen. Das von der Luftpumpe anzusaugende Volumen ist um so kleiner, je geringer der Dampfteildruck in dem Gemisch ist, d. h. je geringer seine Temperatur ist. Man saugt daher die Luft immer an der kältesten Stelle ab, die z. B. bei den Gegenstromkondensatoren an der höchsten Stelle des Apparates liegt, weil dort das kalte Wasser eintritt. Je größer das von der Luftpumpe abgesaugte Volumen ist, um so dampfhaltiger wird unter sonst gleichen Bedingungen das abgesaugte Gemisch sein, um so besser ist der Wärmeübergang zwischen Wasser und Dampf und um so geringer ist der Temperaturunterschied zwischen eintretendem Dampf und austretendem Wasser. Ist das abgesaugte Gasvolumen zu gering, so wird die Wärmeübertragung durch gashaltige Zonen vermindert. Im ersten Fall ist der Kraftbedarf der Luftpumpe größer als nötig, im zweiten verschlechtert sich das Vakuum. Eine Vergrößerung des von der Luftpumpe abgesaugten Volumens, die z. B. durch Anwendung einer größeren Pumpe erreicht werden kann, hat nur bis zu einer bestimmten Grenze Zweck, da das im günstigsten Fall zu erzielende Vakuum durch die Austrittstemperatur des Wassers begrenzt ist. Ist andererseits die Leistung der Luftpumpe nicht genügend, so nützt auch eine Vergrößerung der Kühlwassermenge nur bis zu einer bestimmten Grenze. Da in diesem Fall die niedergeschlagene Dampfmenge größer wird, steigt auch die aus den Dämpfen ausgeschiedene Gasmenge; gleichzeitig werden größere Gasmengen aus dem Kühlwasser frei, so daß der Gasgehalt im Kondensator zunimmt. Das Vakuum kann sich aber verschlechtern, wenn bei ungenügender Luftpumpenleistung die Kühlwassermenge gesteigert wird. Sowohl die anzuwendende Kühlwassermenge als auch die abzusaugende Luftmenge müssen daher in einem bestimmten, von den jeweiligen Umständen abhängigen Verhältnis stehen, wenn der Kondensator so günstig wie möglich arbeiten soll. Einen Maßstab zur Beurteilung kann der Temperaturunterschied zwischen der abgesaugten Luft und dem aus dem Kondensator tretenden Wasser geben.

Bezeichnet man mit W die Kühlwassermenge in kg, mit i die Gesamtwärme von 1 kg Dampf in kcal/kg, mit G das niederzuschlagende Dampfgewicht in kg, mit t_a die Anfangstemperatur des Wassers und mit t_e die Endtemperatur des Wassers, so ergibt sich das Kühlwassergewicht aus der Beziehung: $W = \frac{G(i - t_e)}{(t_e - t_a)}$. Die Endtemperatur des Wassers t_e liegt meist etwa

10–15° unter der Brüdentemperatur. Die Brüdentemperatur ist durch den Druck des Dampfes beim Eintritt in den Kondensator gegeben. Bei Verdampfapparaten begnügt man sich in vielen Fällen mit einer Luftleere von 600 mm Q.S. Bei Trocknern sind jedoch vielfach größere Luftleeren erwünscht. Für die meisten Fälle wird man mit etwa 15–25 kg Kühlwasser auf 1 kg zu kondensierenden Dampfes rechnen müssen.

Werden mehrere Kondensatoren durch eine Pumpe mit Kühlwasser versorgt, so sind in die einzelnen Leitungen je ein Regelorgan, z. B. ein Schieber, einzubauen, damit man das Kühlwasser auf die einzelnen Kondensatoren richtig verteilen kann; noch besser sind aber zwei, von denen ein Schieber durch Probieren genau eingestellt wird und dann in seiner Stellung verbleibt, während der andere zum Öffnen und Schließen dient. — Vielfach wird ein hochgestellter Wasserbehälter zur Versorgung der Kondensatoren mit Kühlwasser verwendet. Werden mehrere Kondensatoren mit einer gemeinsamen Luftpumpe betrieben, so müssen ebenfalls in die Leitungen Regelorgane eingebaut werden. Sind in die Luftleitungen Thermometer eingesetzt, so kann man nach diesen die aus den Einzelkondensatoren abzusaugenden Luftmengen in zweckentsprechender Weise regeln. Bei dieser Anordnung ist darauf zu achten, daß beim Zuschalten eines anderen Kondensators langsam verfahren wird, da sonst Druckschwankungen entstehen können, die sich auf alle Apparate übertragen.

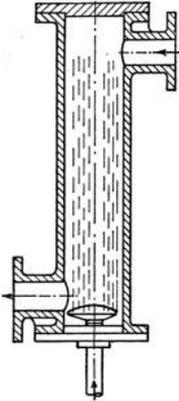


Abb. 1419. Einspritzkondensator.

Die nassen Mischkondensatoren werden besonders für kleinere und mittlere Leistungen, etwa von 100—3000 kg Dampf/std, verwendet, da die trockenen Kondensatoren größere Baulichkeiten für die Unterbringung des hochstehenden Apparates und der Rohrleitungen verlangen und die Aufwendungen dafür in diesem Bereich größer sind als die Mehrkosten, die bei Anschaffung der Naßluftpumpe entstehen.

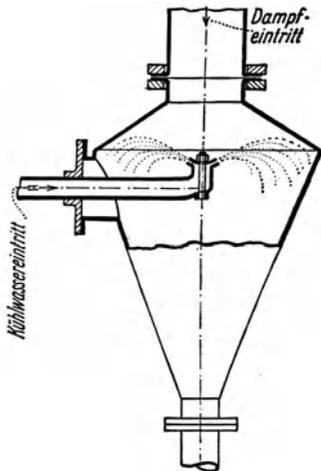


Abb. 1420.

Einspritzkondensator mit scheibenartigem Wasserschleier.

Einen einfachen nassen Mischkondensator zeigt Abb. 1419. Im unteren Teil ist eine Brause eingesetzt, die das Wasser nach oben spritzt, während der Dampf ihm von oben entgegenströmt. Zweckmäßiger ist es wohl, den Querschnitt etwas zu verbreitern, damit sich die Dampfgeschwindigkeiten verringern. Einen derartigen nassen Einspritzkondensator zeigt Abb. 1420, wo das Wasser schräg nach außen gespritzt wird, so daß der Dampf auf einen scheibenförmigen Wasserschleier trifft. Vielfach verwendet man auch gelochte Rohre zur Wasser- verteilung. Bei schlechter Wasserbeschaffenheit verstopfen sich die Löcher jedoch sehr leicht.

Die Mischkondensatoren werden auch als Strahlapparate gebaut, bei denen die kinetische Energie des Wassers gleichzeitig dazu benutzt wird, die nicht kondensierbaren Gase zu entfernen, so daß die Luftpumpen gänzlich in Fortfall kommen.

Die trockenen Mischkondensatoren werden hauptsächlich für größere Leistungen gebaut. In den einfachsten Ausführungen läßt man das Wasser über eine Anzahl Stufen (meist fünf bis sechs) fließen. Die Gesamthöhe derartiger Kondensatoren beträgt bis zu 3 m. Hierzu kommt noch die Höhe des Fallrohrs

mit etwa 10 m. Statt das Wasser über Stufen laufen zu lassen, werden auch Überfälle in verschiedener Weise und gelochte Böden angewendet, die das Wasser in viele Strahlen zerteilen, um dadurch eine möglichst große Berührungsfäche zwischen Wasser und Dampf zu schaffen. Für die Größebemessung der trockenen Kondensatoren rechnet man für den untersten verengten Querschnitt bei 700 mm Vakuum etwa mit einer Dampfgeschwindigkeit bis zu 50 m/sek. Da die Einbauten etwa die Hälfte des Querschnittes einnehmen, wird der gesamte Querschnitt etwa doppelt so groß als der mit dieser Angabe errechnete. Da die Querschnitte bei manchen Bauarten durch dicke Wasserstrahlen weiter verengt werden, tritt oft zwischen dem oberen und unteren Teil des Kondensators ein erheblicher Druckabfall ein, so daß der Druck der von der Pumpe abgesaugten Gase geringer ist als der Druck der unten eintretenden Brüendämpfe, was besonders für die einfachen Mischkondensatoren mit vielen Stufen zutrifft. Für die Leistung der Luftpumpe rechnet man bei Mehrkörperverdampfern oft mit etwa 2,5—5 kg unkondensierbarer Gase auf 1000 kg Vakuumdampf. Unter ungünstigen Umständen können die abzusaugenden Gas- und Luftmengen auch höher werden, wozu z. B. Undichtheiten in der Apparatur beitragen können. — Die Dampfgeschwindigkeit im Brüdenrohr beträgt etwa 40—50 m/sek.

Die Wassergeschwindigkeit im Fallrohr kann bis zu 2 oder 3 m/sek betragen. Hohe Wassergeschwindigkeiten im Fallrohr haben bei entsprechender Ausbildung des Kondensators den Vorteil, daß auch ein Teil der Gase mitgerissen wird, wodurch die Luftpumpe entlastet wird. Sowohl das Kühlwasser in der Kühlwasserzuleitung als auch das erwärmte Wasser im Fallrohr werden von dem Gegendruck der Atmosphäre hochgedrückt. Zur Bewegung des Kühlwassers in den Kondensator und des Fallwassers aus diesem sind noch zusätzliche Druckhöhen notwendig, um die Widerstände in den Leitungen usw. zu überwinden. Der Kraftbedarf zur Förderung des Kühlwassers im Betrieb ist also nur durch die Widerstände und die zusätzlichen Druckhöhen gegeben. Anders ist es bei der Inbetriebsetzung, wo die Kühlwasserpumpe die gesamte Druckhöhe zu überwinden hat, da dann das Vakuum noch nicht vorhanden ist; dies ist besonders bei Kreiselpumpen mit elektromotorischem Antrieb zu beachten.

An allen Gegenstromkondensatoren muß ein Wasserabscheider vorgesehen werden, da die von der Pumpe angesaugten Gasmassen Wassertropfen mitreißen. Dies ist um so wichtiger, je größer die abzusaugenden Gasmengen sind, weil dann die Gefahr des Mitreißens größer ist, und je schneller die Luftpumpe läuft, da diese dann besonders empfindlich gegen hineingeratene Wasserteilchen ist. — Der Kondensator selbst wird nicht gegen Wärmeverluste geschützt. Es ist jedoch zweckmäßig, bei Verdampfanlagen die Brüdenleitung bis zum Kondensator mit einem Wärmeschutz zu versehen, damit das hier durch Wärmeverluste niedergeschlagene Wasser nicht in den letzten Körper zurückläuft und dort nochmals verdampft werden muß.

Einen einfachen trockenen Mischkondensator, in dem das Wasser über eine Anzahl Stufen geht, zeigt Abb. 1421. Eine Ausführung (Devine Vernon), bei der abwechselnd ring- und scheibenförmige Stufen mit gezackten Überlaufändern angewendet werden, ist auf Abb. 1422 dargestellt.

Einen einfachen Überlauf und Preleinbauten verwendet der auf Abb. 1423 dargestellte Kondensator, bei dem auch das Bestreben zu erkennen ist, den

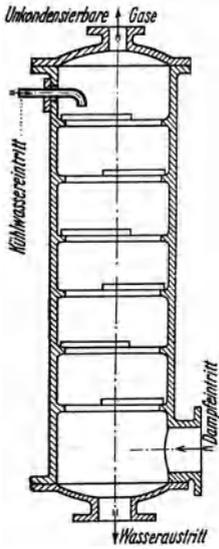


Abb. 1421. Gegenstromkondensator.

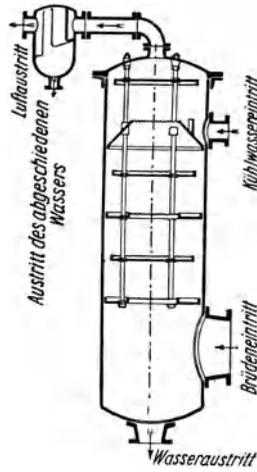


Abb. 1422. Gegenstromkondensator (Devine).

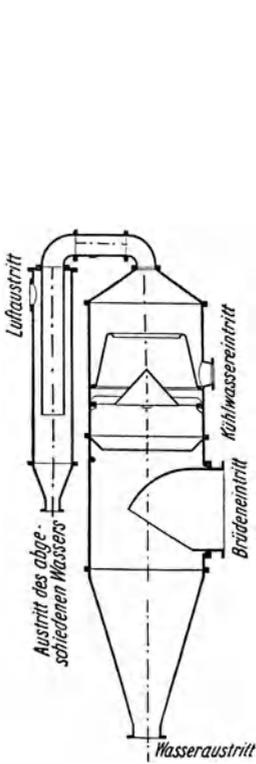


Abb. 1423. Gegenstromkondensator (Devine).

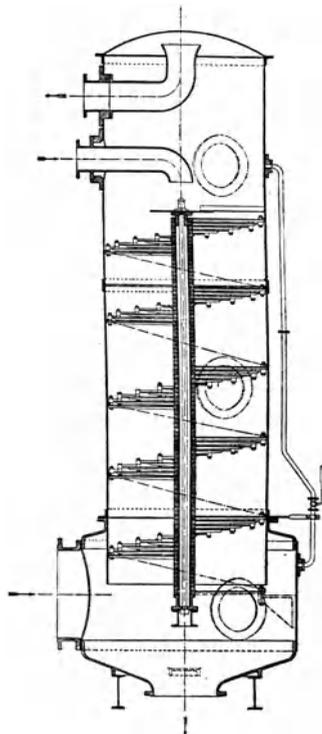


Abb. 1424. Gegenstromkondensator (Maschinenfabrik Sangerhausen).

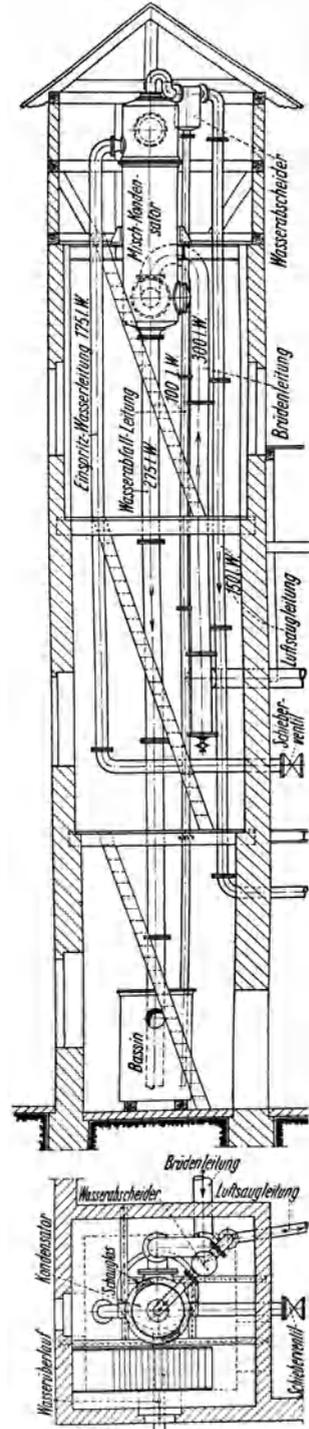


Abb. 1425. Fallrohrkondensator (Paßburg-Block).

Druckverlust im Kondensator möglichst herabzusetzen und Gase mit dem Fallrohr mitreißen zu lassen. — Einen Gegenstromkondensator der Maschinenfabrik Sangerhausen, bei dem das Wasser über Stufen geht, die auf einer Schraubenlinie angeordnet sind, zeigt Abb. 1424. — Vielfach werden die Einbauten auch mit Sieblöchern versehen. Diese haben jedoch wie die gelochten Rohre den Nachteil, daß sie sich bei unreinem Kühlwasser leicht verstopfen. In solchen Fällen bringt man daher zweckmäßig nur Überläufe an. — Die in Abb. 1421—1424 dargestellten Kondensatoren arbeiten sämtlich mit Fallrohr, der Dampfeintritt befindet sich unten, Kühlwasser-eintritt und Anschluß zur Absaugung von Luft und Gasen oben. — Eine vollständige Fallrohrkondensationsanlage (Ausführung Paßburg-Block) mit allem Zubehör für einen großen Vakuumtrockner ist auf Abb. 1425 dargestellt.

Einen trockenen Mischkondensator, bei dem jedoch das warme Wasser ohne barometrisches Fallrohr mit einer Pumpe abgesaugt wird, zeigt Abb. 1426. Das Kühlwasser tritt durch eine doppelte oder mehrfache Ringdüse ein; dadurch bilden sich zwei oder mehr konzentrische, zylindrische Wasservorhänge, die ein Teil des Dampfes durchstreichen muß, wobei er sich niederschlagen beginnt. Dann strömt das Kühlwasser gegen konzentrische Leitflächen, wo sich der Dampf an der Oberfläche der entstehenden Wasserschleier weiter verdichtet. Aus den Umbördelungen am Ende der Leitzylinder fließt das Wasser schließlich in langsamem, ununterbrochenem Strom in Form zweier oder mehrfacher, ineinanderstehender Kegelmäntel dem Boden des Kondensators zu. Luft und Dampf werden in diesem Teil angesaugt und innig mit Wasser gemischt, wobei der Rest des Dampfes verflüssigt wird. Die Luft muß zur Abkühlung noch einen Kranz senkrechter Strahlen durchlaufen und zum Schluß durch einen Wasserschleier hindurch, den der Ausfluß aus einem Ringkanal bildet; diesem wird durch eine Hilfseinspritzleitung kaltes Wasser zugeführt. Damit das Wasser nicht zu hoch steigt, ist ein Vakuumbrecher angeordnet. Das hochsteigende Wasser hebt einen Schwimmer an, der durch Hebelwerk ein Belüftungsventil öffnet.

Die Mischkondensatoren bieten gegenüber den Oberflächenkondensatoren

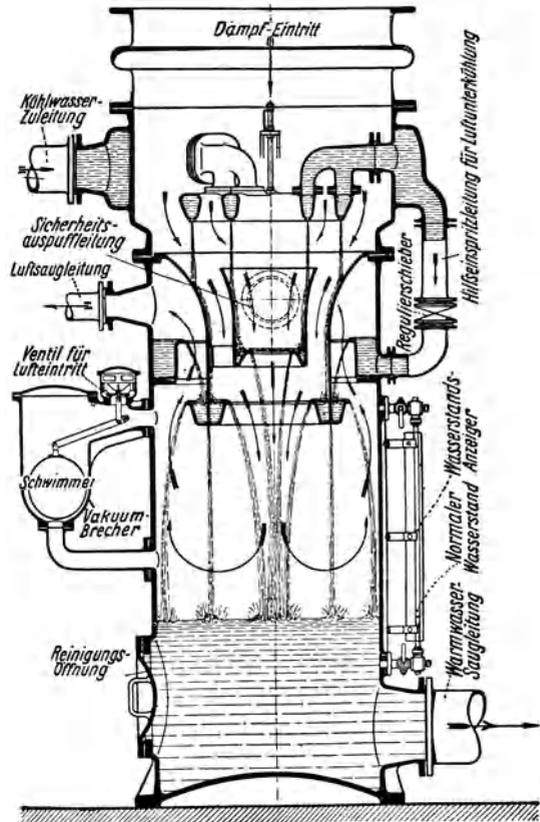


Abb. 1426.
Mischkondensator (M. A. N.).

besonders dann Vorteile, wenn die Bründendämpfe die Werkstoffe der Rohre angreifen, wie es in der chemischen Technik häufig der Fall ist.

Lit.: *E. Hausbrand* u. *M. Hirsch*, Verdampfen, Kondensieren, Kühlen (7. Aufl., Berlin 1931, Julius Springer). — *W. Greiner*, Verdampfen und Verkochen (2. Aufl., Leipzig 1925, Spamer). — *K. Hoefler*, Untersuchungen an Luftpumpen für Kondensatoren. VDI-Forschungsheft 253 (Berlin 1922, VDI-Verlag); Die Kondensation bei Dampfkraftanlagen (Berlin 1925, Julius Springer). — *J. Sim*, Steam Condensing Plant in Theory and Practice (London 1925, Blackie & Sons). — *A. Wright*, Modern Practice in Steam Condensing (London 1925, Crosby Lockwood & Son). — *W. Badger*, Heat Transfer and Evaporation (New York 1926, Reinhold Publishing Company). — *J. Weiß*, Kondensation (Berlin 1910, Julius Springer). — *Robinson*, Condensing Plant (London 1926, Pitman).

Thormann.

Mischvorrichtungen (Mischer; *s. auch Knetmaschinen, Kreiselmischer, Rührvorrichtungen*) dienen besonders zum Mischen fester, schaufelbarer Stoffe miteinander zu einem gleichartigen Gemenge, so daß dieses in allen Teilen möglichst die gleiche Zusammensetzung hat. Die Vorrichtungen zum Vermischen

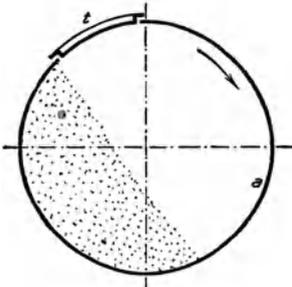


Abb. 1427.
Einfache Mischtrommel.
a Trommelmantel, *t* Deckel
zum Füllen und Entleeren.

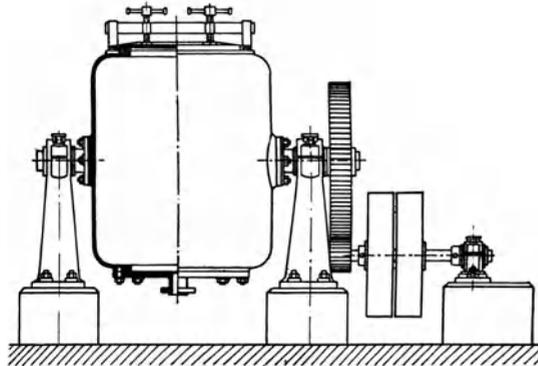


Abb. 1428. Mischtrommel.

zäher, teigiger Stoffe mit geringen Flüssigkeitsmengen werden meist als Knetmaschinen, die zum Vermischen flüssiger Stoffe mit Flüssigkeiten oder mit geringen Mengen fester Stoffe als Rührvorrichtungen bezeichnet. Mischmaschinen, die ein besonders gleichmäßiges Gemisch erzielen, bezeichnet man bisweilen auch als Egalisiervorrichtungen. — Die Mischung von Stoffen erfolgt entweder absatz-(posten-)weise, indem die zu vermischenden Stoffe mit einem Mal in die Vorrichtung gebracht, darin verarbeitet und dann vermischt entnommen werden, oder stetig derart, daß die Stoffe ständig in gleicher Menge zugeführt, vermischt und ununterbrochen abgeführt werden.

Zum satzweisen Mischen fester Stoffe werden oft drehbare Gefäße, Trommeln usw. verwendet. Das Gut steigt etwa nach Abb. 1427 infolge der Drehung an der einen Seite hoch, bis der Böschungswinkel überschritten ist. Dann fällt es von oben herab, wobei sich die Stoffe untereinander mischen. Derartige Mischvorrichtungen werden besonders in der Steinzeug-, Porzellan- und Glasindustrie verwendet. Eine einfache, durch ein Zahnradvorgelege angetriebene Mischtrommel, bei der die Trommelachse senkrecht zur Drehachse gelegt ist, zeigt Abb. 1428. Wird die Trommelachse in die Drehachse gelegt, so werden oft

nach Abb. 1429 Hubschaukeln oder Leisten im Innern angebracht, die das Gut heben und durcheinanderwerfen. Letzteres verbleibt bei dieser Anordnung jedoch immer nahezu in der gleichen Querschnittsebene, so daß die in verschiedenen Ebenen befindlichen Gutteile nur wenig durcheinandergebracht werden, wenn nicht die Trommel im Verhältnis zu ihrem Durchmesser sehr kurz gehalten wird.

Um die notwendige Quermischung zu erreichen, werden die Leisten auch mit Leitblechen versehen, die abwechselnd schräg zur Trommelachse gelegt sind, so daß das Gut bald nach der einen, bald nach der anderen Seite geworfen wird. Die Entleerung dieser Trommeln ist jedoch schwierig.

Der günstigste Füllinhalt der Trommelmischer beträgt meist 20 bis 30 Proz. des Rauminhaltes. Zu große oder zu geringe Füllung beeinträchtigen die Mischung. In einfachen Trommelmischern, in denen das Gut regelmäßig den gleichen Weg ausführt, können Entmischungen auftreten, wenn der Mischvorgang zu lange dauert. Grundsätzlich hängt die Mischwirkung immer von den relativen Bewegungen der Gemengeteilchen gegeneinander ab. Je größer die Wegunterschiede der Teilehen sind, um so besser ist der Mischvorgang.

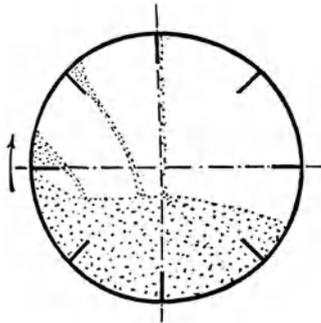


Abb. 1429. Hubleistentrommel.

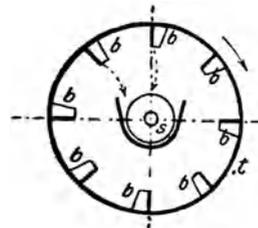


Abb. 1430.
Mischtrommelentleerung
mit Schnecke.
t Trommelmantel, s Ausstragsschnecke, b Hubschaukeln.

Die Mischgeschwindigkeit von Trommelmischern kann man mit Rücksicht auf die dabei zunehmenden Wirkungen der Zentrifugalkraft nicht beliebig steigern. Im allgemeinen arbeitet eine Trommel bei einer bestimmten Drehzahl am günstigsten. Die Mischzeit hängt von den Eigenschaften der Rohstoffe ab. Der Mischungsgrad steigt unter sonst gleichen Umständen zunächst rasch an und nähert sich dann asymptotisch der Grenze, die der bestmöglichen Gleichverteilung entspricht. Man kann daher in der Regel das Mischergebnis durch Verlängerung der Mischzeit nur bis zu einem bestimmten Punkt verbessern. Im übrigen kommt es bei allen Trommelmischern auf schnelles Füllen und Entleeren, leichtes Reinigen und auf die Verhütung von Klumpenbildungen besonders an. (Vgl. *G. Garbotz* u. *O. Graf*, Leistungsversuche an Mischmaschinen, [Berlin 1931, VDI-Verlag].)

Die minutliche Trommeldrehzahl muß zwischen $32\sqrt{D}$ und $42\sqrt{D}$ liegen, damit die Mischwirkung möglichst groß ist. Bei Überschreitung der angegebenen Grenze wird das Gut durch die Zentrifugalkraft an die Trommelwandung gepreßt, bei bestimmter Unterschreitung der Grenzen wird es nur mäßig gehoben und durcheinandergeworfen.

Bei der auf Abb. 1430 dargestellten Trommel ist, um diese schnell entleeren zu können, um die Mittelachse ein Trog angeordnet, der um 180° geschwenkt

werden kann. In dem Trog läuft eine Schnecke *s*. Während des Betriebes liegt der Trog mit der Öffnung nach unten, so daß das Gut auf den Trogboden prallt. Zur Entleerung wird der Trog von außen gedreht, so daß das Gut aus den Hubleisten *b* in ihn hineinfällt und von der Schnecke herausgefördert werden kann. Die beschriebenen einfachen und satzweise betriebenen Trommelmischer sind besonders für die Glasindustrie und für keramische Betriebe geeignet.

Anders wird die Quermischung und Entleerung in der Mischtrommel Bauart *Häberle* von Ernst Bergmüller, Vaihingen b. Stuttgart (Abb. 1431, 1432), gelöst. Die an der Innenwand *b* der Mischtrommel angeordneten Hubschaufeln *c* sind so gerichtet, daß sie das durch den Einlaufstutzen *a* in die Trommel gelangende Mischgut ständig nach dem gegenüberliegenden Trommelende zur

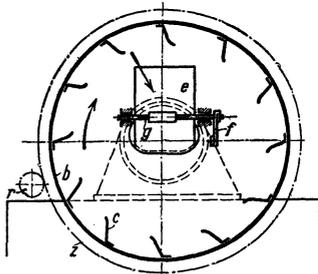


Abb. 1431. Schematischer Querschnitt der Mischmaschine (Bauart *Häberle*).

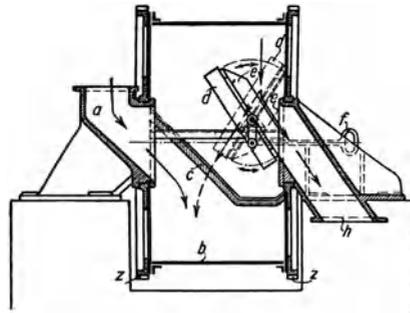


Abb. 1432. Längsschnitt der Mischmaschine (Bauart *Häberle*).

Auslaufseite fördern, diesem also außer der Hubbewegung auch eine Querbewegung erteilen. Das von den Hubschaufeln abstürzende Gut fällt auf die schwenkbar auf der Achse *p* angeordnete Doppelschurre *d*, die während des Mischens die punktiert gezeichnete Stellung hat, und wird von dieser in der Richtung der punktierten Pfeile wieder an das Einlaufende der Trommel zurückbefördert, wo es die Hubschaufeln wieder emporheben und dem Auslaufende zufördern, auf die Schurre abwerfen usw. Nach genügender Durchmischung des Gutes wird die Schurre von außen durch den Hebel *f* umgestellt und in die auf Abb. 1432 gezeichnete Lage gebracht. Die Entleerung erfolgt dann beim Weitergang der Trommel selbsttätig dadurch, daß das gesamte Gut von den Hubschaufeln auf die Schurre abgeworfen und von dieser durch die Öffnung *e* und den Ablaufstutzen *h* nach außen geleitet wird. Die Trommel ist auf zwei schmierbaren, mit dem Ein- und Auslaufstutzen verbundenen Lagerstellen angeordnet. Zum Antrieb dienen die beiden Zahnkränze *z*, in die die auf der Vorgelegewelle sitzenden Ritzel *r* eingreifen. Ein- und Auslaufstutzen werden während des Mischens durch Drehklappen geschlossen, so daß kein Staub nach außen dringen kann. Die Bedienung der Trommel beschränkt sich auf das bei jeder Mischung erforderliche Umstellen der Schurre durch Bewegung des Hebels *f*.

Am einfachsten wird die Quermischung dadurch erreicht, daß man die Trommel schräg zur Drehachse legt. Das Gut wird bei dieser Bauart (Abb. 1433) bei jeder Drehung einmal in der Längsachse hin- und hergeworfen. Hierdurch

wird jedoch die mechanische Beanspruchung der Trommel, insbesondere auch die der Lagerzapfen, recht bedeutend. (Siehe auch Chem. Apparatur 1918, S. 66.)

Um die Stoßwirkung zu mildern, sind in der Mischtrommel Bauart *Prosper* des Ingenieurbüros Prosper, Altona (Abb. 1434), zwei gegeneinandergerichtete Kegelmäntel angeordnet. Das Mischgut wird durch den Trichter *F* aufgegeben und erfährt in den beiden Kegeln *K* und *K_i* zunächst einmal die Mischung durch das bei der Drehung eintretende Überstürzen. Im Gegensatz zu den zylindrischen Mischtrommeln erfolgt aber dieses Überstürzen nicht nur in der Querebene, sondern infolge der kegeligen Gestalt der beiden Trommeln auch in der Richtung des größeren Durchmessers, also nach der Mitte der ganzen Trommel zu. Dazu kommt noch die Wirkung der an der Stirnwand der Einlaufseite angeordneten Hubschaufeln, die ebenfalls das Gut nach der Trommelmitte zu überstürzen, und zwar in kleineren Mengen, was wieder ein sehr gründliches Mischen zur Folge haben muß. Ein

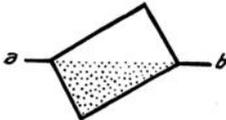


Abb. 1433.
Schrägtrommelmischer.

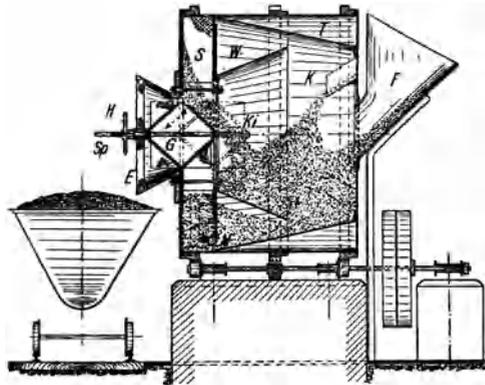


Abb. 1434. Mischtrommel mit kegeligen Einbauten (Bauart *Prosper*).

Überstürzen des Gutes in kleineren Mengen in entgegengesetzter Richtung wird dadurch erreicht, daß das zwischen dem äußeren Rande des Kegels *K_i* und dem Mantel von *K* nach der Auslaufseite zu durchtretende Gut in der Pfeilrichtung in einen durch die Wand *W* abgeteilten Raum gelangt, in dem es von Hubschaufeln *S* emporgehoben und auf den Kegel *G* wieder abgeworfen wird. Von diesem aus muß es wieder nach der Mitte der Trommel zu in den Kegel *K_i* stürzen, um hier wieder überstürzt und mit dem vom Einlauftrichter kommenden, im Kegel *K* überstürzenden und aus den Hubschaufeln herabfallenden Gut gemischt zu werden, und um von neuem den Weg zum Auslaufende der Trommel und über die Hubschaufeln *S* und den Kegel *G* anzutreten. Infolge dieser vielfachen, immer gegeneinander gerichteten, aber bestimmt geregelten Bewegungen des Gutes muß naturgemäß eine vorzügliche Mischwirkung schon in recht kurzer Zeit erzielt werden. Zur Entleerung der Mischtrommel wird der durch das Handrad *H* auf der Spindel *Sp* bewegliche Kegel *G* in die in Abb. 1434 punktiert gezeichnete Stellung verschoben, so daß er die Öffnung in der Wand *W* gegen das Trommelinnere zu abschließt und das von den Schaufeln *S* emporgehobene Mischgut in der Richtung des punktierten Pfeiles durch *E* nach außen entleert. Der Kegel *G* dient gleichzeitig auch als Probenehmer, da bei einer nur kurzen Verschiebung von *G* nach innen eine geringe Menge des Mischgutes ausgetragen wird, an der man

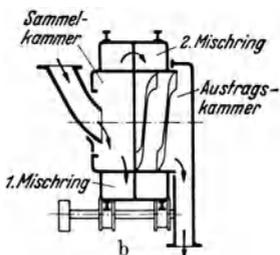
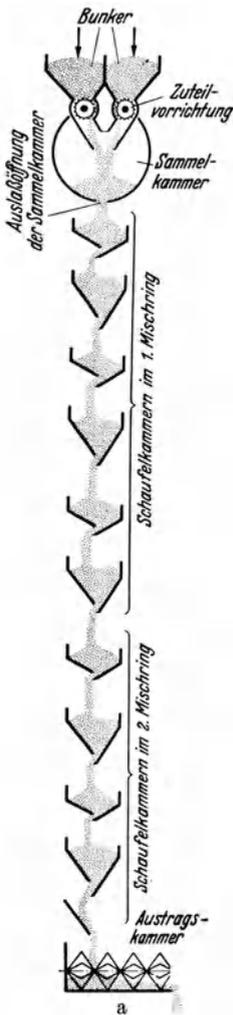


Abb. 1435. Ringmischer (Krupp-Gruson) a Wirkungsweise, b schematische Darstellung.

den Grad der Mischung leicht erkennen kann, so daß eine ständige Überwachung des Mischvorganges sehr bequem durchführbar ist, und das Mischgut nicht länger als unbedingt erforderlich in der Mischtrommel zu verbleiben braucht. Füllen und Entleeren der Mischtrommel erfolgen während der Drehung der Trommel. Diese kann also sowohl zum absatzweisen, als auch zum stetigen Mischen verwendet werden. Im letzteren Falle wird ein Teil der Hubschaufeln *S* kürzer ausgeführt, so daß sie nicht bis auf den Trommelmantel reichen. Diese kurzen Entleerungsschaufeln fassen dann erst das Mischgut, wenn sich die Trommel schon zum Teil gefüllt hat. Bis zu diesem Zeitpunkt wird das gesamte in der Trommel befindliche Material von den längeren Hubschaufeln *S* gehoben und wieder in die Mitte der Trommel hineingeworfen; erst wenn die Füllung steigt, wenn also das Mischgut schon stark durchmischt ist, beginnen die kürzeren Entleerungsschaufeln zu arbeiten und fördern das über die normale Trommelfüllung hinaus vorhandene durchgemischte Material nach außen über den etwas anders ausgebildeten Kegel *G*. Dieser kann durch das Handrad *H* so gedreht werden, daß auch das von den langen Hubschaufeln *S* emporgehobene Mischgut nicht mehr in die Trommel zurückfällt, sondern zwecks Entleerung der ganzen Trommel ausgetragen wird. Auch beim stetigen Mischen besteht nicht die Gefahr, daß etwa Teilchen des Gutes auf kürzestem Wege, d. h. mehr oder weniger unvollkommen gemischt, von den Entleerungsschaufeln gefaßt und ausgetragen werden; denn ehe ein Teil des Mischgutes von diesen gefaßt werden kann, muß es durch die ganze normale Trommelfüllung hindurchgewandert sein. Auf diesem Wege wird es von den verschiedenen, zusammenwirkenden Mischwerkzeugen der Trommel, den beiden Kegeln *K* und *K*_i, den Hubschaufeln *S* und denen an der Einlaufstirnseite, wiederholt in verschiedenen Richtungen überstürzt und durcheinandergeworfen. Der Kegel *G* ist leicht auswechselbar. — Zur Vermeidung von Klumpenbildung während des Mischens können für dazu neigendes Mischgut Mahlkugeln wie bei Kugelmühlen (s. d.) in die Mischtrommel gegeben werden, die dann in dem durch *K*, *K*_i und *W* gebildeten Ringraume arbeiten, ohne den Mischvorgang zu stören. (Siehe auch Chem. Apparatur 1918, S. 66.)

Zu den Trommelmischern gehört auch der sog. Ringmischer der Fried. Krupp-Grusonwerk A.-G., Magdeburg, dessen Wirkungsweise schematisch auf Abb. 1435a dargestellt ist, wobei die nacheinanderfolgenden Vorgänge auseinandergezogen sind. Die

einzelnen Schaufeln und Mischkammern befinden sich in einer langsam umlaufenden Mischtrommel, welche die aus Bunkern zulaufenden, zu mischenden Stoffe in bestimmtem Verhältnis ununterbrochen aufnimmt, in mehreren Arbeitsgängen mischt und das fertige Gemisch wieder stetig ablaufen läßt (Abb. 1435b). Die von Teilvorrichtungen (s. d.) stetig aufgegebenen Stoffe gelangen zunächst in eine Sammelkammer, wo sie sich während einer Umdrehung vormischen, bis die Auslaßöffnung der Sammelkammer in den Bereich des Mischgutes gelangt und den Mischsatz in den ersten Mischring übertreten läßt. Während einer weiteren Umdrehung durchläuft das Gut die in diesem Mischring angebrachten Schaufelkammergruppen, von denen jeweils zwei Paare zusammenarbeiten. Im Verlauf der dritten Umdrehung durchläuft der Mischsatz in gleicher Weise den zweiten Mischring, um dann in die Austragskammer zu treten, die im Innern der Trommel neben der Sammelkammer angeordnet ist. Während der vierten Umdrehung wird das Gut durch schraubenförmige Einbauten zum Ausfall gebracht. Da sich bei jeder Umdrehung in der Sammelkammer ein Mischsatz bildet, befinden sich dauernd vier Mischsätze in der Trommel, die nacheinander die einzelnen Abteilungen durchlaufen. Eingebaute Leitbleche sorgen für den Übergang des Gutes vom ersten Mischring in den zweiten und von dort in die Austragskammer. — Für den Fall, daß die stetige Aufgabe des Gutes nicht zugänglich erscheint, ist auch eine Sonderausführung durchgebildet, bei der die zu mischenden Stoffe als Gesamtmenge in die Mischmaschine gebracht werden. Hierzu ist die Mischtrommel in eine umlaufende Behältertrommel eingebaut, aus der die Sammelkammern der Mischtrommel stetig beschickt werden. Die Behältertrommel hat dabei die Form eines liegenden Doppelkegels und enthält an der Stelle des größten Umfangs Hubschaufeln, die das Gut in die Sammelkammern bringen. (Siehe auch Ringmischer, Z. VDI 1934, S. 1356; 1935, S. 145.)

Eine andere Mischtrommel, Bauart Höchst, bei der auf möglichst geringe Staubentwicklung geachtet ist, zeigt Abb. 1436; Abb. 1437 zeigt diese Mischtrommel in einer ausgeführten Anlage. Die Zerkleinerungsmaschine *A* (Abb. 1437) saugt an dem Einlauf *a* Luft ein, so daß an diesem kein Staub entstehen kann. In dem Filter *B* wird die bei *a* eingesaugte Luft von dem Staub getrennt. Bisweilen wird der Staub aus solchen Filtern zunächst in Fässern oder Kästen aufgefangen; man hat bei diesem Verfahren die unangenehme und staubentwickelnde Arbeit des Einfüllens des im Filter bodengesammelten Staubes in der Maschine durchzuführen. Hier ist nun die Einrichtung getroffen, daß der in dem Filter befindliche Überdruck den unten im Staubfilter sich sammelnden Staub unmittelbar durch das Rohr *b* wieder in den Einlauf der Zerkleinerungsmaschine hineinbläst. Von der Zerkleinerungsmaschine fällt das gemahlene Gut in die Mischmaschine *C*, aus der nach erfolgter Mischung ein selbsttätiges, staubloses Entleeren in die Fässer erfolgt. Das zu mischende Gut gelangt mittels eines Elevators, einer Transportschnecke oder unmittelbar aus der über der Mischmaschine angeordneten Zerkleinerungsmaschine durch Öffnung *e* (Abb. 1436) und Schnecke *s* in die Mischvorrichtung, wobei diese ungefähr bis zur Hälfte gefüllt wird. Beim Drehen der Maschine wird das Gut von den im Inneren des Mantels *z* angebrachten Schneckengängen *t* nach rechts getrieben, während die Bleche *c* mit den Rippen *d* das Gut hochheben und beim Herunterfallen nach der linken Seite schieben. Durch diesen von *t* und *d* bewirkten

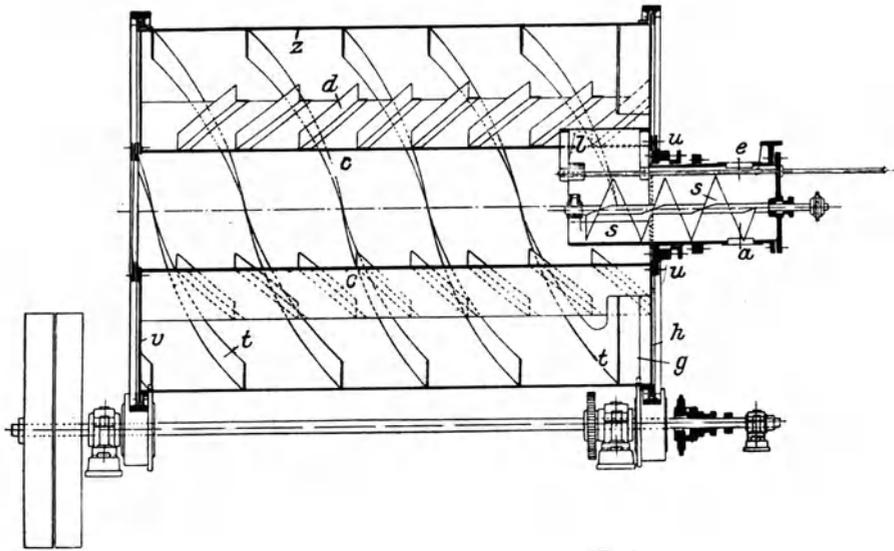


Abb. 1436. Mischtrommel (Bauart Höchst).

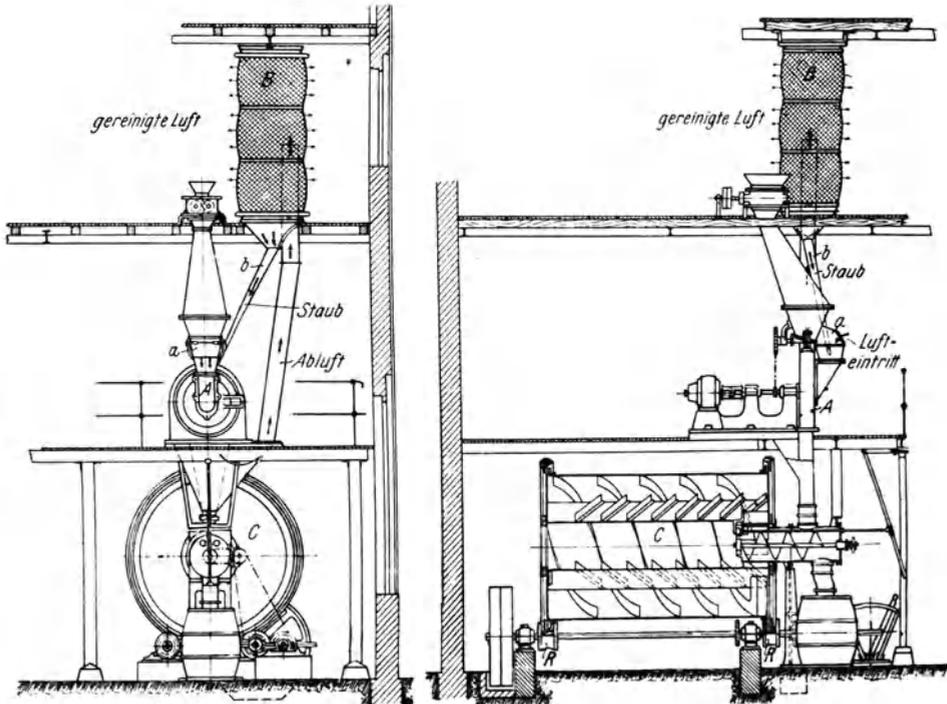


Abb. 1437. Mischanlage (Bauart Höchst).

Kreislauf des zu mischenden Gutes und durch das gleichzeitige Durcheinanderschaufeln wird eine gute und schnelle Mischung erzielt. Die Schnecken t endigen in einer an der Stirnwand h angebrachten Tasche g , die beim Mischvorgang das Gut auf das über der Schnecke s angebrachte Dach l wirft und in die Maschine zurückfallen läßt. Auf der anderen Seite reichen die Schnecken t bis an die Stirnwand v heran. Soll die Maschine entleert werden, so wird die Drehrichtung der Schnecke s , während die Maschine weiterläuft, umgeschaltet und das Dach l durch Schieberstangen zurückgeschoben,

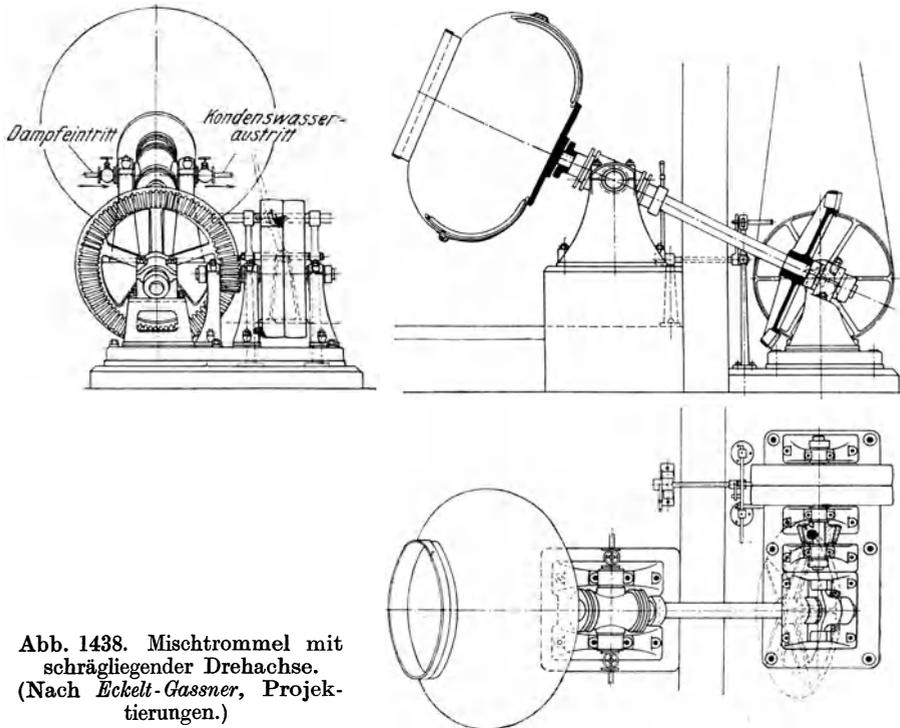


Abb. 1438. Mischtrommel mit schrägliegender Drehachse.
(Nach Eckelt-Gassner, Projektierungen.)

wodurch die Taschen g ihren Inhalt in die Transportschnecke s entleeren können, die nun das Gut durch a in ein anderes Fördermittel oder in unter a staubdicht angebrachte Behälter fördert. Durch mehr oder weniger weites Zurückschieben des Daches l kann die Ausfüllzeit geregelt werden. Die Entleerung der Maschine ist vollständig, da auch die letzten Teile des gemischten Gutes von den Schnecken t in die Taschen g getrieben werden. Die Öffnung zwischen dem Gehäuse der Schnecke s und der Stirnwand g ist durch die Stopfbüchse u abgedichtet. Werden die Anschlüsse bei e und a staubdicht hergestellt, so ist das Füllen und Leeren der Maschine staublos. Diese Vorrichtung wird besonders zum Mischen von Farben verwendet.

Zum Mischen werden auch Trommeln nach Abb. 1438 verwendet, die durch eine schrägestellte Achse angetrieben werden. Solche Trommeln können durch umgelegte Rohre mit Dampf beheizt und besonders in der phar-

mazeutischen, Pulver- und Zuckerwarenindustrie verwendet werden. (Nach *Eckelt-Gassner*, Projektierungen.)

Neben den Trommelmischern dienen zum satzweisen Mischen auch die Schaufelmischer. Die Schaufeln drehen sich um waagerechte oder senkrechte Wellen. Entsprechend unterscheidet man Trog- oder Muldenmischer und Tellermischer. Das Gut wird durch eine Klappe im Boden der Mulde oder des Tellers entleert. Die Tellermischer arbeiten besonders günstig, da die Schaufeln bei dieser Bauart dauernd wechselnde Bahnen beschreiben. Dies wird z. B. dadurch erreicht, daß sich sowohl die Schaufeln als auch der Teller drehen.

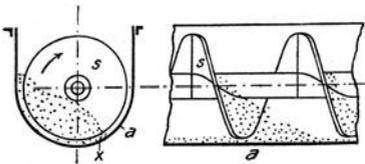


Abb. 1439. Mischschnecke. (Nach *Fischer und Nachweh*, Mischen, Rühren, Kneten.)
a Trog, s Schnecke.

Sind dauernd große Mengen zu vermischen, so führt man dies zweckmäßig mit stetig arbeitenden Vorrichtungen aus. Sehr einfach gestaltet sich der Mischvorgang, wenn man zum Mischen Schnecken (Schrauben) etwa nach Abb. 1439 verwendet. Die Schraube *s* schiebt das Gut teilweise über den Boden des Troges *a* hinweg. Zum Teil wird das Gut durch die Reibung an den Schraubenflächen emporgehoben, um dann abzustürzen. Infolge des Spiels α be-

rühren die Gänge der Schrauben die Rinnen- oder Trogwände nicht, es bleibt also ein Teil des Gutes liegen. Dadurch können geringe Fehler in das Mischungsverhältnis hineinkommen, die sich jedoch bei Verwendung

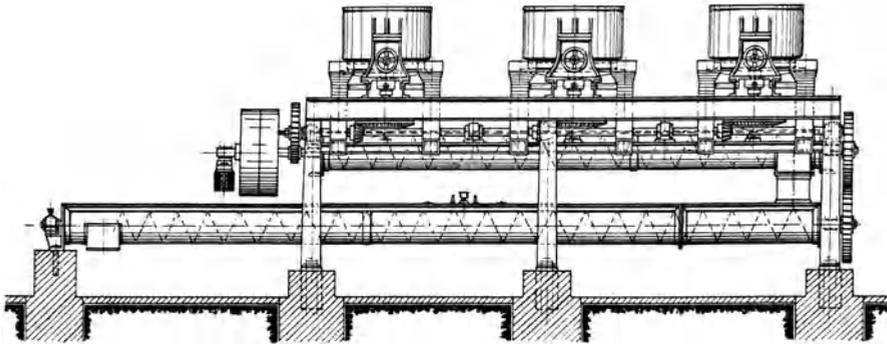


Abb. 1440, Mischschnecke (Krupp-Gruson).

längerer Schrauben ausgleichen werden. Für harte, grobkörnige Stoffe eignen sich die Schrauben weniger, da diese durch in den Spielraum gelangende Körner beschädigt werden können.

Die Schraube wird fast immer in Verbindung mit zwei bis fünf Teilvorrichtungen (s. d.) verwendet. Eine derartige Anlage der Krupp-Grusonwerk A.-G. mit drei Teilvorrichtungen ist auf Abb. 1440 dargestellt. Über den Teilmaschinen befinden sich die Behälter zur Aufnahme der zu vermischenden Stoffe. Die Teilvorrichtungen führen diese dann in regelmäßigem Strom in die obere Schnecke, aus dieser gelangt das Gut am Ende derselben in die zweite eigentliche, darunterliegende Mischschnecke, wo die drei Stoffe un-

unterbrochen vermischt werden. Derartige Vorrichtungen werden besonders zum Vermischen von Zement- und Schamotterrohstoffen verwendet.

Eine ähnliche Wirkungsweise zeigt auch der auf Abb. 1441 dargestellte Erko-Mischer (Maschinenfabrik Karl Besten, Ratingen), der sich für die Mischung von trockenen und nassen, grob- und feinkörnigen Rohstoffen

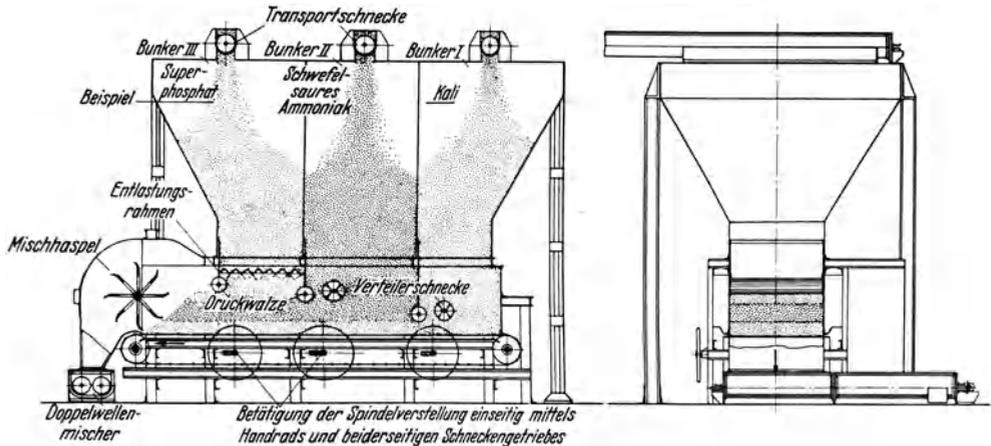


Abb. 1441. Erko-Mischer mit Plattenband (Besten).

eignet. Ein umlaufendes, dichtschießendes Plattenband nimmt das aus Bunkern zuströmende Gut in übereinanderliegenden Strängen von bestimmter, einstellbarer Schichtstärke mit. Unterhalb der Zwischenwände befinden sich zwischen den einzelnen Stoffabteilungen Druckwalzen, deren Abstand vom Plattenband durch Spindeln entsprechend dem gewünschten Mengenverhältnis

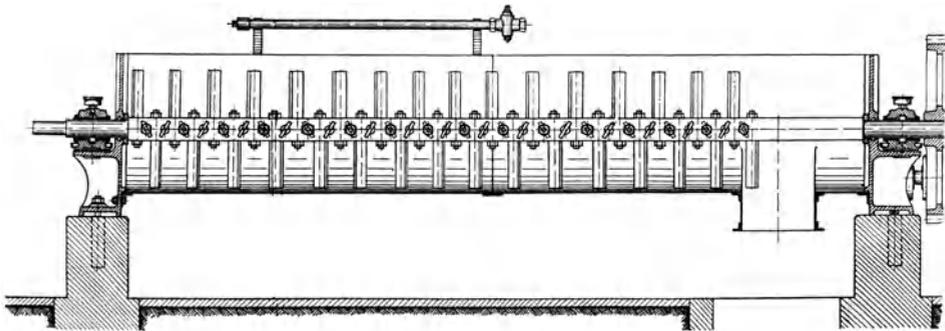


Abb. 1442. Trogmischmaschine (Krupp-Gruson).

nis geregelt werden kann. Vor den Druckwalzen sind Verteilerschnecken eingebaut, die das Gut von der Mitte aus nach beiden Seiten über die ganze Breite des Füllkastens verteilen, so daß sich ein dichter und lückenfreier Stoffstrang ergibt. Bei Aufgabe von feinkörnigen Stoffen erhalten die dafür bestimmten Abteile Entlastungsrahmen, die das Gewicht der in den Bunkern lagernden Massen aufnehmen, diese gleichmäßig nachlaufen lassen und in

der Höhe so eingestellt werden, daß sie über der Oberfläche des aus dem voraufgehenden Abteil kommenden Stranges liegen. Am Austritt des Plattenbandes läuft eine Abstechvorrichtung (Mischhaspel) schnell um, die das abgetragene Gut der einzelnen Schichten durcheinanderwirbelt, innig mischt und zum Austrag oder in eine nachgeschaltete Mischschnecke wirft.

Zum Vermischen von Kalkmehl, Tonschlamm, Mörtel, Kunststeinmasse und anderen körnigen Stoffen werden auch für stetigen Betrieb Trogmischmaschinen nach Abb. 1442 gebaut. In einem eisernen Trog dreht sich eine mit Messern oder Schraubenflügeln besetzte Welle. Um das Mischgut mit Wasser anfeuchten zu können, ist über dem Trog ein Spritzrohr angebracht.

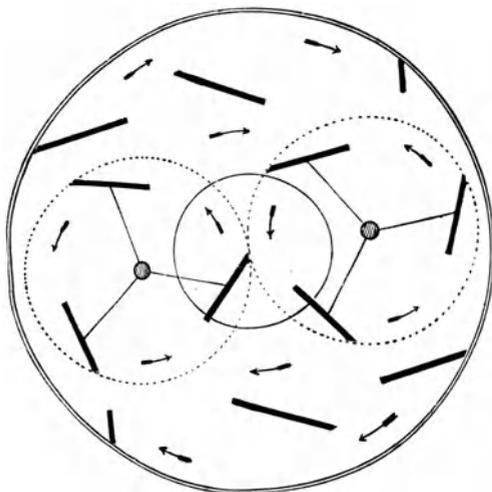


Abb. 1443. Bewegungsbild eines Schaufelmischers mit zwei Mischsternen.

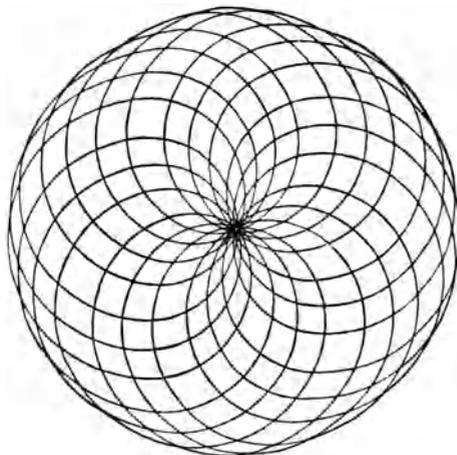


Abb. 1444. Darstellung der Schaufelwege eines doppelt wirkenden Schaufelmischers.

Das Gut wird an dem einen Ende in den Trog gebracht, wird von den schräggestellten Schaufeln allmählich weitergeführt und tritt an dem anderen Ende unten heraus.

Gute Mischergebnisse liefern die Schaufelmischer mit senkrechten Schaufelwellen. Die Schaufeln bewegen sich dabei in Kreisbahnen über einem feststehenden oder sich drehenden, waagerechten Teller (Schüssel). Bei der Gegenstrommischung befindet sich das Mischgut in einem flachen Stahlsteller, über dem sich ein oder mehrere Mischsterne bewegen. Der das Mischgut tragende Teller dreht sich ebenfalls, so daß das auf Abb. 1443 dargestellte Bewegungsbild entsteht, das für eine Maschine mit zwei Mischsternen gilt (Chem. Apparatur 1933, S. 141). Die an der äußeren Tellerwand angeordneten Schaufeln drehen sich nicht mit, sondern dienen dazu, das Mischgut von der Seitenwand abzustreifen. Den verschlungenen Weg einer einzelnen Schaufel in einem doppelt wirkenden Gegenstromschaufelmischer zeigt Abb. 1444. (Siehe auch Chem. Apparatur 1933, S. 141.) Die Wirkung der Wandabstreifer einer Maschine mit nur einem Stern ist auf Abb. 1445 (nach der gleichen Quelle) dargestellt. Die Schaufeln der Mischsterne stehen schräg, so daß das an ihnen sich aufwärts bewegende Gut gewendet und auch geteilt wird. Besonders wälzt

sich das Gut in den durch *a* und *b* gekennzeichneten Räumen infolge der entgegengesetzten Drehrichtung von Schüssel und Schaufel mehrfach um. Die zahlreichen Bewegungs- und Berührungsmöglichkeiten sichern eine gleichmäßige und schnelle Mischung. Kleine Kollerräder, die auf dem Teller laufen, können die Wirkung der Schaufeln unterstützen und sich bildende Klumpen und Knollen zerdrücken. Die Koller können auf eine bestimmte Schichthöhe einstellbar eingerichtet werden, damit eine unerwünschte Zerkleinerung des Gutes verhindert werden kann. Einen Tellermischer mit einem Mischstern zeigt Abb. 1446. Durch Wahl der Drehzahl für Teller und Armstern, Stellung der Schaufeln und Abstreifer und durch Einstellung der Kollerwalze läßt sich die Maschine, die von der Maschinenfabrik G. Eirich G. m. b. H., Waldheim, gebaut wird, leicht dem Mischgut anpassen. (Siehe auch Chem. Apparatur 1931, S. 194.)

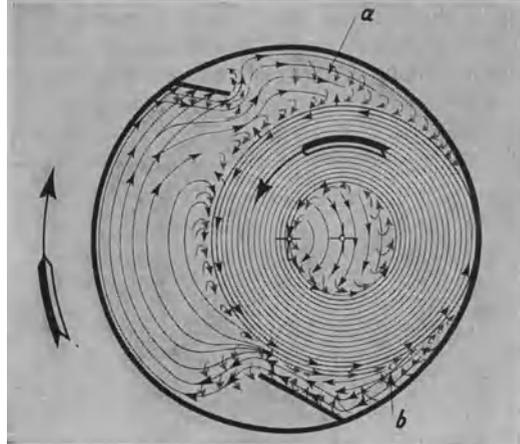


Abb. 1445. Wirkung von Wandabstreifern in einem Schaufelmischer mit einem Mischstern.

Die Schaufelmischer bezeichnet man auch als Zwangsmischer, da sie das Gut mit ihren Schaufeln zwangsläufig durcheinander bringen, was für die mit freiem Fall des Gutes arbeitenden Maschinen (Freifallmischer) nicht in gleicher Weise zutrifft.

Auch die ununterbrochen arbeitende, rohrförmige, drehbare Wälztrommel (Drehtrommelapparat) kann zum Mischen mit stetigem Durchlauf eingerichtet werden, indem man sie geneigt anordnet, oder dadurch, daß man schrägliegende Vorsprünge im Innern vorsieht, oder dadurch, daß man die Trommel am Eingangsende höher gefüllt hält als am Austragsende.

Das Gut wird stetig an der einen Seite der Trommel zugeführt und auf der anderen Seite ausgetragen.

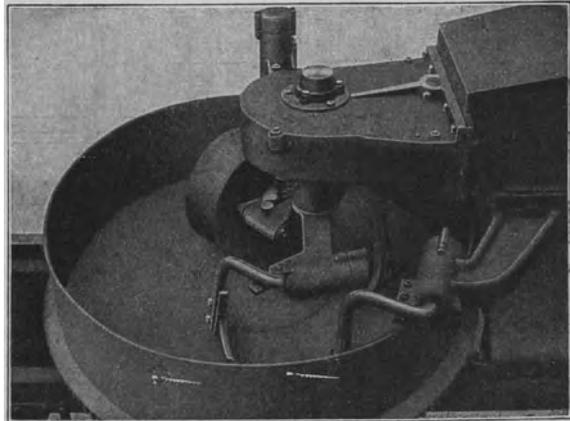


Abb. 1446. Tellermischer mit einem Mischstern (Eirich).

Bei der Bauart nach Abb. 1447 trägt die Welle *a* die Trommel *b* mittels

einiger Armkreuze. Sie wird durch ein Kegelradvorgelege angetrieben. Durch das Rohr *c* wird das Mischgut eingetragen, durch *d* am anderen Ende der Trommel abgeführt.

In manchen Fällen, z. B. bei der Vermischung von Öl, kann man den Mischvorgang auch unmittelbar in den Versandgefäßen vornehmen. Zum Mischen von Ölen, Lacken, streichfertigen Farben usw. in Fässern dienen Rollvorrichtungen nach Abb. 1448. Diese bestehen aus einem Gerüst mit Rollen und Antrieb. Die zu

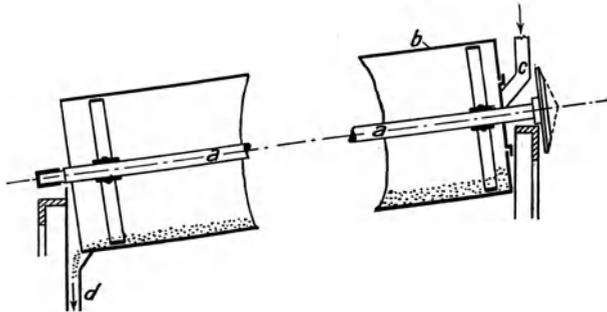


Abb. 1447. Einfache, rohrförmige Mischtrommel für stetigen Betrieb.
(Nach *Fischer* u. *Nachtweh*, Mischen, Rühren, Kneten.)
a Welle, *b* Trommel, *c* Zulauf, *d* Auslauf.

mischenden Öle werden in ein Faß gebracht, dieses wird gut verschlossen und dann auf die Rollen gelegt, die alsdann in Drehung versetzt werden. Der Hauptvorteil dieser Vorrichtung besteht darin, daß das Umfüllen der Öle beschränkt wird und Ölverluste verringert werden. Je nach der Größe des Apparates können mehrere Fässer zugleich aufgelegt werden. Damit die

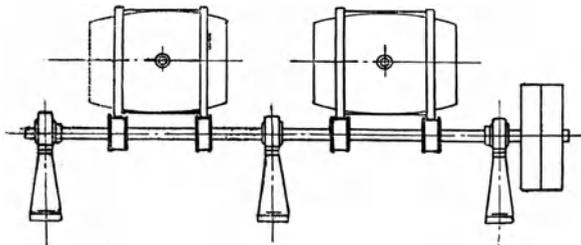


Abb. 1448. Faßrollvorrichtung zum Mischen von Ölen in Fässern.

Fässer nicht beschädigt werden, versieht man sie mit zwei Laufringen, die sich in Aussparungen der Rollen bewegen. Die Laufringe werden, um ein Abfallen von dem Faß unmöglich zu machen, mit Spannschrauben fest angezogen. Um Arbeit zu sparen, kann man auch, wenn ein Umfüllen in kleinere Behälter hinterher erforderlich ist, besondere, große Mischfässer verwenden.

Zum Mischen können ferner trommelartige Gefäße verwendet werden, die in einem drehbaren Gestell herausnehmbar angeordnet sind. Sehr oft lassen sich manche Zerkleinerungsmaschinen zum Mischen verwenden, da in vielen Fällen außer der Mischwirkung gleichzeitig noch eine Mahlwirkung erreicht werden soll; so benutzt man zum gleichzeitigen Mischen und Zerkleinern

Kugelmühlen (s. d.), Stiftmühlen, Walzenmühlen, Kollergänge (s. d.), Trommelmühlen und Walzwerke (s. d.) verschiedenster Bauart. In vielen Fällen kann man zum Mischen auch verwandte Maschinen, wie die Knetmaschinen (s. d.) oder die Kreiselmischer (s. d.), benutzen, die in ihrer Bauart mehr zu den Rührvorrichtungen (s. d.) gehören. Solche Maschinen verarbeiten oft flüssigkeitshaltige Massen, die mehr oder weniger teigige, plastische Eigenschaften haben, und werden daher auch oft als Emulgiervorrichtungen bezeichnet. — Zum Zerkleinern und Mischen faserhaltiger Massen dienen die Holländer (s. d.).

Lit.: *H. Fischer* u. *A. Nachtweh*, Mischen, Rühren, Kneten (2. Aufl., Leipzig 1923, Spamer). — *Eckelt-Gassner*, Projektierungen und Apparaturen für die chemische Industrie. I. Gruppe: Nitrocellulose, synthet. Campher, Pulver (Leipzig 1926, Spamer). — *G. Garbotz*, Leistungsversuche an Betonmischmaschinen (Z. VDI 1929, S. 734, 774). — *Schwenninger*, Gegenstrommischer (Z. VDI 1928, S. 1727). — *H. E. de Weerdt*, Glasgemenge-Mischmaschinen (Glastechn. Ber. 1929, S. 125). — *F. H. Zschenke*, Über die Homogenisierung der Gemenge (Glastechn. Ber. 1928/29, S. 590). — *E. A. Küppers*, Über Mischtrommeln für trockene Stoffe (Chem. Apparatur 1918, S. 65). — *P. Wießner*, Gegenstrom-Schnellmischung (Chem. Apparatur 1933, S. 141). Thormann.

Lit. Chem. Apparatur: Universal-Mischmaschine, System „Farbwerke Höchst“, sowie Mahleinrichtung zum Feinmahlen von Farbstoffen (1914, S. 70). — *O. Nagel*, Bemerkungen über Mischapparate (1915, S. 35). — *H. Fischer*, Das Mischen im allgemeinen (1920, S. 19).

Misco-Metal, s. Chrom-Nickel-Stähle.

Monel-Guß Eisen, s. Gußeisenlegierungen u. legierter Stahlguß.

Monelmetall, s. Nickel-Kupfer-Legierungen.

Montejus (Druckbirnen), s. Druckbirnen, Dampffässer, Pulsometer, Rückleiter.

Mörtel. Unter die Mörtel sollen hier im weiteren Sinne außer dem eigentlichen Mörtel (Gemisch von gelöschtem Kalk und Sand) noch Zemente, Beton und Eisenbeton gerechnet werden. Man kann diese unterteilen in:

A. Luftmörtel.

Erhärten an der Luft und verlieren in Wasser sehr stark an Festigkeit. Beispiele: Estrichgips, Lehm- und Luftkalkmörtel.

B. Hydraulische Mörtel.

Erhärten an der Luft und in Wasser und behalten in letzterem ihre Festigkeit. Es werden unterschieden:

a) Ungesinterte Mörtel. 1. Löschbare Mörtel, wie hydraulische Kalke, Schwarz- oder Graukalke. 2. Nicht löschbare Mörtel, wie Romanzemente, Magnesiakalke, dolomitische Zemente.

b) Gesinterte Mörtel entstehen durch Erhitzen von Gemischen aus Kalk und Ton auf etwa 1400°, wobei Sinterung eintritt und der sog. Klinker entsteht, der dann gemahlen wird. Hier werden unterschieden: der erst seit neuerer Zeit hergestellte Tonerdezement, Natur-Portlandzement und künstliche Portlandzemente, die eingeteilt werden in kieselsäurereiche Zemente, tonerdereiche

Zemente und eisenoxydreiche Zemente (Erzzemente). — Durch Zusatz von Steinschlag oder Einfügen von Eisen entstehen die Betone.

Von *Platzmann* werden für die verschiedenen Sorten folgende kleine Übersichtstabellen gegeben:

Zemente mit Portlandzementcharakter	Mischzemente	Tonerdezement
Portlandzement Hochwertiger Portlandzement Höchstwertiger Portlandzement Weißer Portlandzement Erzzement	Eisenportlandzement Hochwertiger Eisenportlandzement Hochofenzement Hochwertiger Hochofenzement Traßzement	Tonerde- oder Schmelzzement

Gehalt an	Portlandzement	Eisenportlandzement	Hochofenzement	Tonerdezement
SiO ₂	19—24 Proz.	22—27 Proz.	25—33 Proz.	7—17
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	8—15	9—15	11—18	39—53
CaO + MgO	66—71	61—66	52—60	36—47

Die sog. Hüttenzemente (Hochofenzement und Eisenportlandzement) sind durch einen geringen Sulfidgehalt kenntlich, den sie infolge des Schlackenzuschlages enthalten.

Für den Portlandzement schreiben die deutschen Normen folgendes vor:

„Portlandzement ist ein hydraulisches Bindemittel mit nicht weniger als 1,7 Gewichtsteilen Kalk (CaO) auf 1 Gewichtsteil lösliche Kieselsäure (SiO₂) + Tonerde (Al₂O₃) + Eisenoxyd (Fe₂O₃), hergestellt durch feine Zerkleinerung und innige Mischung der Rohstoffe, Brennen bis zur Sinterung und Feinmahlen. Dem Portlandzement dürfen nicht mehr als 3 Proz. Zusätze zu besonderen Zwecken zugegeben sein. — Der Magnesiagehalt (MgO) darf höchstens 5 Proz., der Gehalt an Schwefelsäureanhydrid (SO₃) nicht mehr als 2,5 Proz. im geglühten Portlandzement betragen. — Der Erhärtungsbeginn von normalbindendem Portlandzement (und Eisenportlandzement) soll nicht früher als eine Stunde nach dem Anmachen eintreten. Für besondere Zwecke kann rascher bindender Portlandzement verlangt werden, der als solcher gekennzeichnet sein muß. Der Zement ist als abgebunden zu betrachten, wenn der mit einem Wasserzusatz von 27—30 Proz. hergestellte Kuchen aus reinem Zement so weit erstarrt ist, daß die 300 g schwere Normalnadel keinen merklichen Eindruck mehr darauf hinterläßt. — Der auf einer Glarplatte hergestellte und vor der Austrocknung geschützte Zementkuchen darf nach 24 Stunden, unter Wasser gelegt, keine Verkrümmungen oder Kantenrisse zeigen, die auf das Treiben des Zementes hinweisen; Beobachtungszeit 3—28 Tage. Schwindrisse, in der Mitte des Kuchens auftretend, sind ungefährlich. — Auf einem Sieb von 900 Maschen auf 1 cm² dürfen höchstens 5 Proz. Rückstände bleiben. — Langsam bindender Portlandzement mit Zusatz von 3 Gewichtsteilen Normensand soll nach siebentägiger Erhärtung (1 Tag in feuchter Luft und 6 Tage unter Wasser) mindestens 12 kg/cm² Zugfestigkeit aufweisen; die Druckfestigkeit sei mindestens 120 kg/cm². Nach weiterer Erhärtung von 21 Tagen in der Luft sei die Druckfestigkeit mindestens 250 kg/cm², unter Wasser gelegen, 200 kg/cm².“

Die Menge und Beschaffenheit des Anmachwassers ist von größter Bedeutung für die zu erwartende Festigkeit des Zementes. Mit der Menge des zugesetzten Wassers fällt im allgemeinen die Festigkeit. Wenn man aber nicht allzu sparsam ist, gewinnt man den Vorteil einer besseren Durcharbeitung der Massen, so daß am besten eine mittlere Linie eingehalten wird. Durch

(gewollte und nichtgewollte) Beimengungen im Wasser kann die Abbindezeit und die Festigkeit geändert werden, so wird z. B. durch Anwesenheit von Salzen, wie Calciumchlorid und Magnesiumchlorid, die Abbindezeit verkürzt. Das Wasser soll möglichst rein sein, doch genügt meist ein gewöhnliches Flußwasser. — Durch Frost (Arbeiten bei Temperaturen unter -3° ist nicht angängig) wird die Abbindezeit wesentlich verlängert.

Im allgemeinen genügen die Normzemente für die meisten Zwecke. Es sind aber eine ganze Reihe von Sonderzementen im Handel, die für Sonderzwecke besonders günstige Eigenschaften entwickeln. Für chemisch stärker beanspruchte Bauteile sind die schnell (z. B. 3 Tage) gute Festigkeit erlangenden und besonders druckfesten Sonderzemente weniger zu empfehlen, da diese Eigenschaften durch Erhöhung des Kalkgehaltes erzielt werden. Dagegen sind der tonerdearme Erzzement (höherer Eisenoxydgehalt) und der durch Schmelzen (nicht nur Sinterung wie bei den anderen Zementen) von Bauxit und Kalk hergestellte Tonerde- oder Schmelzzement gegen den Angriff aggressiver Wässer weniger empfindlich. Der Tonerdezement zeigt noch die Vorteile rascher Erhärtung (aber langsames Abbinden), guter Lagerbeständigkeit und geringer Empfindlichkeit des Abbinde- und Erhärtungsvorganges bei kalter Witterung. Größere Dichtigkeit und erhöhte Widerstandsfähigkeit haben Zemente mit Zuschlägen von Traß, Puzzolan, Si-Stoffen (Abfallprodukt bei der Alaunfabrikation). Beim Traßzement werden in Deutschland fertige Mischungen mit 30 bzw. 50 Proz. Traß hergestellt. Die anderen Zuschläge müssen vom Verbraucher selbst zugesetzt werden.

Beim Eisenbeton kommt korrosionstechnisch noch die Schwierigkeit hinzu, die Bewehrung vor Angriffen zu schützen. Rostiges Eisen wird zwar durch Zement entrostet; können aber dauernd Wasser, Luft und andere Eisen korrodierende Stoffe an das Eisen gelangen, so entstehen außerordentlich schwere Zerstörungen. Es ist deshalb zu sorgen, daß das eingelagerte Eisen gut und nicht zu mager eingebettet wird.

Die nun folgenden Angaben gelten, wenn nichts anderes vermerkt, für alle Zementsorten und Betonarten, sowie für den gewöhnlichen Luftkalkmörtel.

Korrosion. Den guten Festigkeitseigenschaften der Zemente und Betone steht infolge ihrer chemischen Zusammensetzung die leichte Angreifbarkeit durch viele chemische Stoffe gegenüber. Wichtig für gute Beständigkeit sind möglichsste Dichtigkeit und Vermeidung eines Gehaltes an freiem Calciumhydroxyd.

Ammoniaklösungen: Beim Abbruch eines 75 m³ fassenden, 1905 erbauten Eisenbetonbehälters für Ammoniakwasser konnten 1920 keinerlei Beschädigungen, auch nicht an der Bewehrung, festgestellt werden. (Siehe auch *A. Kleinlogel*, Einflüsse auf Beton.)

Ammonsalzlösungen: Ammonsalze, deren Säuren mit Calcium lösliche Salze geben, greifen Zement an (Ammonnitrat, Ammonchlorid, Ammonbicarbonat usw.). Über Ammonsulfatlösungen vgl. unten bei Sulfatlösungen. Ammoncarbonatlösungen greifen nicht an.

Fette, Öle: Durch Öle, die freie Säure enthalten oder mit der Zeit abspalten, wird Beton angegriffen (Kopraöl, Specköl, Knochenöl, Klauenöl, gekochtes und rohes Leinöl, Rüböl, Olivenöl). Neutrale Öle greifen namentlich fetten Zement kaum an. Schmelzzement wird besonders stark angegriffen. (Chem. Apparatur 1921, S. 80. — *C. Platzmann*, Zement 1920, S. 396; Chem.

Zbl. 1920 IV, S. 364. — *Deutscher Beton-Verein*, Zement 1920, S. 328; Chem. Zbl. 1920 IV, S. 283. — *W. Obst*, Zement 1926, S. 112; Korrosion u. Metallschutz 1926, S. 174.)

Gas: Beton wird durch Leuchtgas nicht korrodiert. (*Rößberg*, Gas- u. Wasserfach 1923, S. 154.)

Gasolin: Kein Angriff, aber Durchsickern.

Gaswasser: Da Ammoniak (vgl. oben) nicht angreift, kommt nur den gelösten Ammonsalzen eine Wirkung zu. Ist deren Konzentration (namentlich von Sulfat und Chlorid) nicht sehr groß, so leistet Beton genügend Widerstand. Der Beton soll möglichst dicht sein und längere Zeit feucht er härten. (Siehe *A. Kleinogel*, Wass. u. Gas 1919, S. 117.)

Kaliumsalzlösungen: Unschädlich für Beton sind Kaliumcarbonat-, Kaliumnitrat-, Kaliumpermanganat-, Kaliumchromatlösungen. Über die Einwirkung von Kaliumchloridlösungen sind die Meinungen noch geteilt. Sicher ist, daß diese wesentlich stärker wirken als Natriumchloridlösungen, und daß der Beton durch langes Liegen in Kaliumchloridlösungen an Festigkeit verliert. Siehe auch unten bei Sulfatlösungen.

Magnesiumsalzlösungen: Magnesiumchloridlösungen haben auf Beton, der eine schützende Carbonatschicht besitzt, keinen Einfluß. Trifft aber Magnesiumchloridlösung auf noch vorhandenes Calciumhydroxyd, so werden Magnesiumhydroxyd und Calciumchlorid gebildet. Noch stärker wird der Angriff, wenn Magnesiumchlorid in Gegenwart von Luft auf das Eisen der Bewehrung wirken kann. Dann tritt eine völlige Zerstörung ein. Solche Fälle treten besonders oft auf, wenn Beton mit Steinholz zusammentrifft, das mit zuviel Magnesiumchloridlösung angemacht worden ist. (*Mohr*, Z. VDI 1925, S. 588; s. auch *A. Kleinogel*, Einflüsse auf Beton.)

Mineralöle: Eine chemische Wirkung üben Mineralöle, sofern sie nicht, wie manche Steinkohlenteeröle, Phenole und andere saure Bestandteile enthalten, kaum aus. Nur kommt bei den leichtbeweglichen, niedersiedenden Petroleumdestillaten (Benzin usw.) die Gefahr des Durchsickerns in Frage. Beton verliert durch das Durchtränken mit Mineralölen (Petroleum, Steinkohlenteeröl) an Festigkeit. (*Fruchthändler*, Tonind.-Ztg. 1921, S. 1273. — *Guttman*, Tonind.-Ztg. 1920, S. 1116. — *Calamé* u. *Beck*, Zement 1920, S. 517, 528, 544, 550.)

Natriumhydroxydlösungen: Beton ist beständig.

Natriumsalzlösungen: Natriumphosphat-, Natriumnitrat- und Natriumchloridlösungen greifen Beton nicht an. Betonpfannen zum Sieden des Kochsalzes haben sich gut eingeführt. Wenn ein Angriff von Kochsalzlösungen festgestellt worden ist, so ist das auf deren Verunreinigungen (Magnesiumchlorid) zurückzuführen. Reine Sodalösungen greifen Beton nicht an, wenn dieser kalkarm gehalten wird. Schmelzzemente sind in Sodalösung gefährdet. Natriumbicarbonatlösungen korrodieren. Vgl. auch unten bei Sulfatlösungen.

Quecksilbersalzlösungen: Stärkere Sublimatlösungen (6 Proz.) greifen Beton an. Die Cyanisierungsmischungen (0,4 Proz. Sublimat + 1,26 Proz. Natriumfluorid) sind ohne Wirkung (Tränkungströge fast ausschließlich aus Beton; *F. Moll*, Chem. Apparatur 1915, S. 58; 1923, S. 71).

Sulfatlösungen: Von allen Salzlösungen haben Sulfatlösungen die stärkste Einwirkung auf Zement. Durch den Umsatz des Calciumhydroxyds mit dem

Sulfat entsteht Gips. Die unter Volumenvermehrung vor sich gehende Reaktion verursacht das „Treiben“ des Zements. Noch katastrophaler ist die Bildung von Calciumsulfaluminat („Zementbazillus“), eines mit außerordentlich viel Kristallwasser kristallisierenden Salzes, das ebenfalls durch starke Volumenvermehrung den Zement zersprengt und durch Bildung von Rissen die weitere Zerstörung außerordentlich fördert. Am stärksten von den Sulfaten wirkt Magnesiumsulfat. Schon geringe Mengen Sulfat (z. B. entsprechend 1,7 g SO_3 im Liter), die aber stetig den Zement bespülen, führen zu einer starken Zersetzung. Um diesem Angriff zu begegnen, wählt man kalkarme und tonerdearme Zemente. Es wird über verhältnismäßig gute Erfahrungen mit Erzzement und namentlich mit Schmelzzement berichtet.

Wasser: Nach *Klut* (Korrosion u. Metallschutz 1925, S. 232; 1927, S. 101) greifen folgende Wässer Zement und Mörtel an: 1. Weiches, mit Luft gesättigtes Wasser. 2. Wässer, die gegen Rosolsäure neutral oder sauer reagieren (pH 6,9—8,0). 3. Schwefelwasserstoffhaltige Wässer. 4. Wässer mit aggressiver (marmorauflösender) Kohlensäure. 5. Wässer mit weniger als 7° deutscher Härte. 6. Salzreiche Wässer (Sulfate, Magnesiumsalze).

Lit.: *G. A. Hool*, Concrete Engineer's Handbook (New York 1918, Mc Graw Hill Publ. Comp.). — *H. Lafuma*, Z. angew. Chem. 1927, S. 1574. — *F. Killig*, Laboratoriumsbuch für die Portlandzementfabrik (2. Aufl., Berlin 1925, Zementverlag). — *Lunge-Berl*, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden, Bd. III, Abschnitt Mörtelbindemittel von *R. A. Grün* (8. Aufl., Berlin 1932, Julius Springer). — *E. Rabald*, Dechema-Werkstoffblätter (Berlin 1935/1936, Verlag Chemie); Werkstoffe und Korrosion II (Leipzig 1931, Spamer). — *F. Ullmann*, Enzyklopädie der techn. Chemie, Bd. 7, Abschnitt Mörtelstoffe, bearb. von *H. Kühl* (2. Aufl., Berlin 1931, Urban & Schwarzenberg). — *K. Schoch*, Die Mörtelbindestoffe, Zement, Kalk, Gips (4. Aufl., Berlin 1928, Tonindustriezeitung). — *Deutsche Reichsbahn*, Anweisung für Mörtel und Beton (Berlin 1928, Ernst & Sohn). — *Tsountas*, Guide pratique dans l'industrie du ciment (Paris 1921, Librairie Dunod). — *R. A. Grün*, Der Zement, Herstellung, Eigenschaften, Verwendung (Berlin 1927, Julius Springer); Beton, Herstellung, Gefüge und Widerstandsfähigkeit gegen physikalische und chemische Einwirkungen (2. Aufl., Berlin 1937, Julius Springer); Schädliche Einwirkungen auf Beton und ihre Verhütung (Berlin 1926, Zementverlag). — *Wecke*, Handbuch der Zementliteratur (Berlin 1927, Zementverlag). — *A. Kleinlogel*, Einflüsse auf Beton (3. Aufl., Berlin 1930, Ernst & Sohn). — *K. E. Dorsch*, Erhärtung und Korrosion der Zemente (Berlin 1932, Julius Springer). — *H. Vetter* u. *E. Rissel*, Materialauswahl für Betonbauten (Berlin 1933, Julius Springer). — *O. Graf*, Der Aufbau des Mörtels und des Betons (3. Aufl., Berlin 1930, Julius Springer). — *G. Merkle*, Wasserdurchlässigkeit von Beton (Berlin 1927, Julius Springer). — *M. Toch*, Chem. metallurg. Engng. Bd. 20, S. 222; Chem. Apparatur 1923, S. 191. — *E. Hausmann*, Chem. Apparatur 1919, S. 35. — *H. Kühl*, Tonind.-Ztg. 1926, S. 47; 1922, S. 215; Zement 1924, S. 57. — *M. Gary*, Tonind.-Ztg. 1921, S. 743. — *H. Burchartz*, Zement 1923, S. 186, 193; 1927, S. 538; Tonind.-Ztg. 1922, S. 6. — *C. R. Platzmann*, Chem. Apparatur 1923, S. 87; 1935, Beil. Korr., S. 53; 1936, Beil. Korr., S. 17. — Hauptversammlung des Dtsch. Betonvereins, Korrosion u. Metallschutz 1926, S. 142. — *W. Petry*, Chem. Apparatur 1920, S. 46. — *A. Splittgerber*, Wass. u. Gas 1920, S. 677. — *F. M.*, Chem. Apparatur 1927, Beil. Korr., S. 31. — *H. Nitzsche*, Z. angew. Chem. 1919, S. 21. — *Ruhland*, Tonind.-Ztg. 1908, S. 2049. — *F. Moll*, Chem. Apparatur 1930, S. 21. — *H. Hille*, Chem. Apparatur 1936, Beil. Korr., S. 25, 39).

Rabald.

Muffen. Rohrleitungen (s. d.), Stützen, Armaturen usw. kann man miteinander verbinden durch eine zylindrische Erweiterung des einen Teils zu

einer sog. Muffe, Einführen des anderen Rohrendes und Abdichten des Zwischenraumes durch Ausfüllen mit einem dichten Werkstoff. Je nach der Lagerung des Rohrendes in der Muffe und nach der Art des Muffenverschlusses ergibt sich eine starre oder bewegliche Bauweise. Die Dichtung gegen den Innendruck kann durch die Reibung oder durch die Elastizität der in die Muffe gebrachten Füllung allein erfolgen. Letztere kann außerdem durch eine Schraubmuffe oder Stopfbüchse besonders angedrückt werden. Muffenverbindungen eignen sich nicht zur Übertragung von größeren Biegungsspannungen. Die Rohre und ihre Verbindungen sollen daher möglichst spannungslos verlegt werden. Eine geringe Beweglichkeit in der Längs- und Querrichtung läßt diesen Zustand auch nach dem Einbau erhalten. — Gegenüber den Flanschverbindungen (s. Flanche) zeichnen sich die Muffenverbindungen durch einfache, geschlossene Bauweise aus, so daß sie sich besonders für Rohre und Teile eignen, die in die Erde zu verlegen sind oder in anderer Weise durch Korrosionen gefährdet sind. Außerdem ist bei ihnen die allseitige

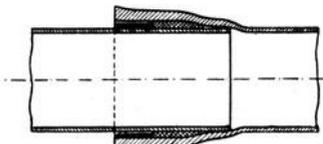


Abb. 1449.
Normale Muffenverbindung
(Bamag-Meguin).

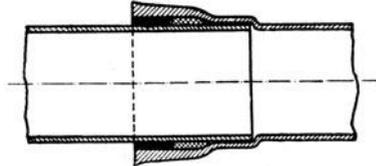


Abb. 1450.
Starre Muffe (Bamag-Meguin).

Zugänglichkeit nicht in dem gleichen Umfang erforderlich wie bei den Flanschverbindungen. — Das wichtigste Anwendungsgebiet für Muffenverbindungen sind die Rohrleitungen für Gase und Wasser, besonders im Bereich geringerer Drücke. Einzelne Muffenverbindungen, wie die Schraubverbindungen, eignen sich jedoch auch für höhere Drücke. Alle Muffen werden durch den Druck der eingepreßten Dichtung von innen, bei starren Verbindungen außerdem zusätzlich durch äußere Biegungskräfte, beansprucht und müssen daher an ihrem Ende verstärkt werden.

Eine einfache Muffenverbindung zeigt Abb. 1449. Als Dichtung dient ein mit Teer getränkter Hanfstrick, vor den ein Bleiring mit Setzeisen und Hammer eingestemmt ist. Die Rohre können nach Abb. 1449 entweder nur auf einem kurzen Stück geführt sein oder, wenn eine besonders starre Verbindung gewünscht wird oder der Betriebsdruck sehr hoch ist, auf einer größeren Fläche ineinander ruhen, wie es in Abb. 1450 mit einem Beispiel dargestellt ist. — Eine Muffe, bei der vor und hinter der Hanfpackung Bleiwolle eingestemmt und im vordersten Teil noch ein Gußbleiring zur Sicherung eingelegt ist, zeigt Abb. 1451 (*Schalkers*-Bauart). Bisweilen bringt man vor dem Hanfstrick einen Gummiring ein, um die Hanfeinlage zu schützen. — Statt des Hanfstrickes hat man auch andere Füllungen eingeführt, beispielsweise Holzwole nach der auf Abb. 1452 wiedergegebenen Bauart (Hamburger Wasserwerke G. m. b. H.). Die Dichtung ist mit Riffelblei verstemmt und braucht etwa 40 Proz. weniger Blei als die normalen Gußbleidichtungen. — In anderen Muffenpackungen finden sich Zement, Asphalt, Aluminiumwolle, Blattaluminium, Eisendraht usw.

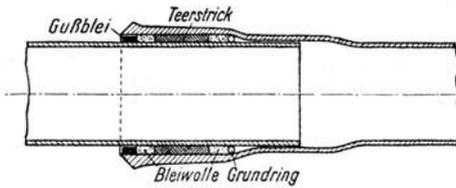


Abb. 1451.
Schalker-Muffe (Bamag-Meguin).

Aus einer zweiteiligen Packung besteht die Verbindung nach Schomburg (Abb. 1453), wobei eine Bohrung mit Gewinde für Prüfzwecke angebracht sein kann. Die dargestellte Ausführung ist völlig starr und verhältnismäßig teuer. — Um die Packung sicher zu halten, kann im vorderen Muffenteil nach Abb. 1454 eine Innenrinne angeordnet sein.

Für Stahlrohre hat man zahlreiche Sonderbauarten entwickelt. Die Muffe wird dabei in der Regel nach Abb. 1455 durch eine Bördelung, durch

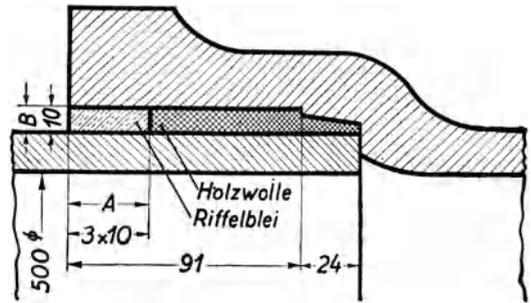


Abb. 1452. Gußrohrmuffe, mit Holzwole und Riffelblei verstemmt. Tiefe des verstemmten Riffelbleis $A = 3 \cdot B$ ($B =$ Stärke der Dichtungsfuge).

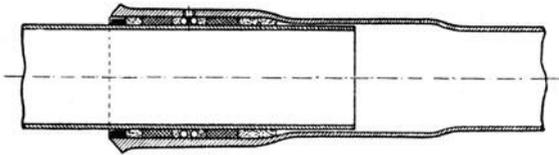


Abb. 1453.
Muffenverbindung nach Schomburg (Bamag-Meguin).

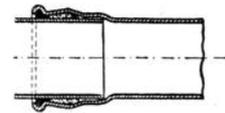


Abb. 1454.
Muffe mit Innenrinne.

einen Ring (Abb. 1456), durch ein rohrartiges Formstück (Abb. 1457) oder durch ähnliche Bauarten verstärkt, damit sie dem Innendruck gewachsen ist.

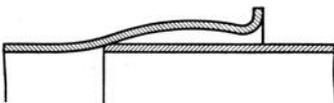


Abb. 1455. Bördelmuffe.

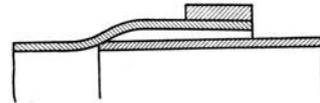


Abb. 1456. Ringverstärkte Muffe.

— Stahlrohrmuffen geben die Möglichkeit, die Dichtung durch eine Schweißnaht herzustellen, wobei man eine völlig starre Verbindung erhält. Eine

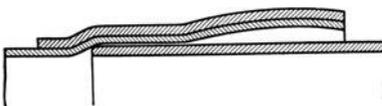


Abb. 1457.
Langverstärkte Muffe mit Führung.

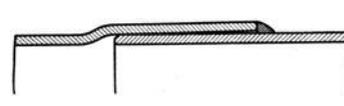


Abb. 1458.
Schweißmuffe.

einfache Schweißmuffe ist auf Abb. 1458 dargestellt. Die muffenartige Verbindung nach Abb. 1459, die ebenfalls nach der Verlegung verschweißt wird, gestattet auch eine Anordnung zweier Rohrstücke in einem Winkel bis zu 6° ,

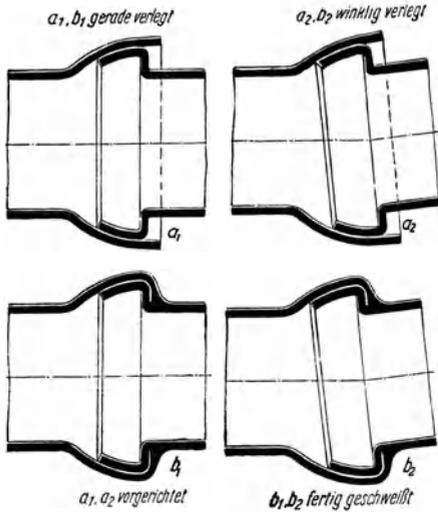


Abb. 1459. Schweißverbindung
(Deutsche Rohrleitungsbau A.-G.).

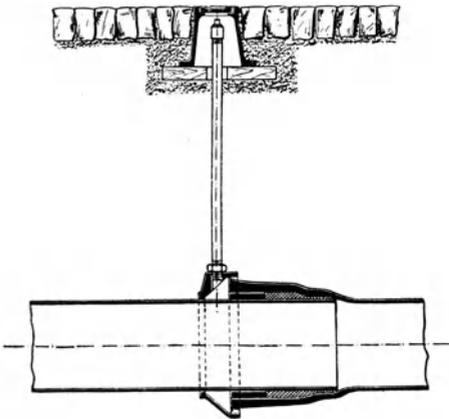
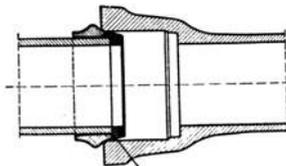


Abb. 1460. Muffenverbindung mit Gasfang-
ring und Prüfrohr (Bamag-Meguin).



Manschette außen abgeschrägt

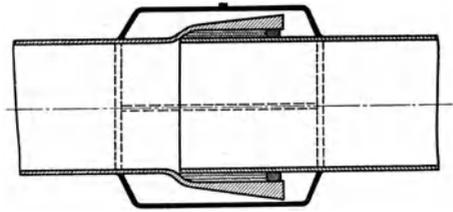


Abb. 1461.
Kieler Kappe für Stahlmuffenrohre.

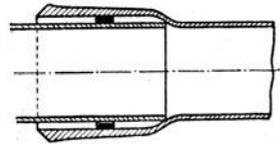
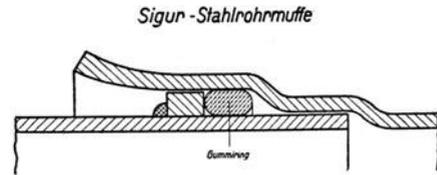
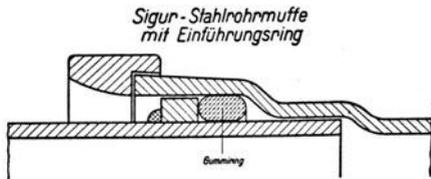


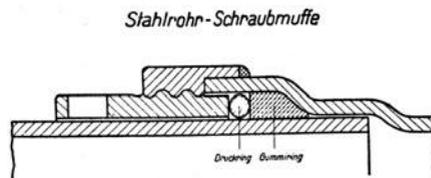
Abb. 1462. Muffenverbindung mit
Gummidichtung (Bamag-Meguin).



Sigur-Stahlrohrmuffe

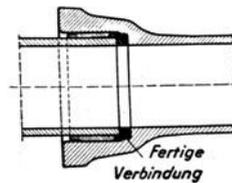


Sigur-Stahlrohrmuffe
mit Einführungsring



Stahlrohr-Schraubmuffe

Abb. 1463—1465. Muffenverbindungen
mit gesichertem Gummiring (Buderus).



Fertige
Verbindung

Abb. 1466. Schnellmuffe „Iso“ (Buderus).

so daß auch Krümmungen ohne weiteres herstellbar sind (Deutsche Rohrleitungsbau A.-G., Bitterfeld).

Muffenverbindungen erhalten bisweilen einfache Ummantelungen, um die Sicherheit für völlige Dichtigkeit zu erhöhen, oder um eine Prüfmöglichkeit für die Verbindung zu schaffen. — Vor der in Abb. 1460 dargestellten Muffenverbindung für eine unter Erde verlegte Leitung liegt ein Gasfangring, von dem ein Prüfrohr an die Erdoberfläche führt. — Eine aufgeschweißte Überwurfkappe aus zwei gepreßten Hälften zur Sicherung einer Stahlrohrmuffenverbindung zeigt Abb. 1461 (Kieler Kappe). Die beiden in der Mitte liegenden, waagerechten Nähte werden ebenfalls verschweißt, so daß die Kappe einen dichten, die Muffe umgebenden Hohlraum bildet. Um die Muffendichtung prüfen zu können, ist oben eine Öffnung vorgesehen, die mit einem Gewindestopfen verschlossen ist. Um an eine undichte Muffe zu ge-

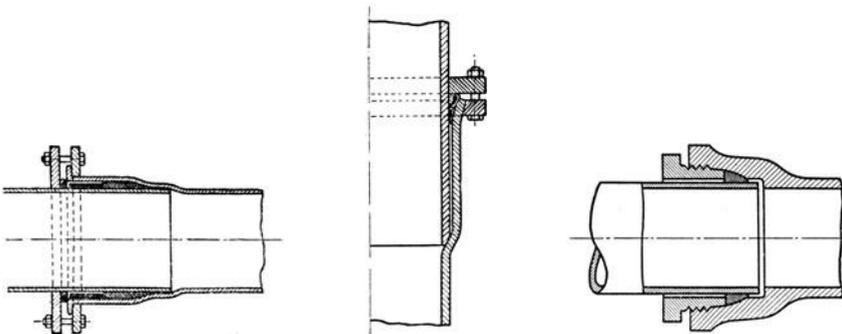


Abb. 1467.
Muffenflanschverbindung
(Bamag-Meguín).

Abb. 1468. Muffen-
verbindung (Bamag-
Meguin).

Abb. 1469.
Union-Schraubmuffe
(Buderus).

langen, muß die Leitung außer Betrieb gesetzt und die Kappe mit dem Brenner aufgeschnitten werden.

Eine einfache, bewegliche und schnell herzustellende Bauweise erhält man durch Einbringen eines Gummiringes in die Muffe nach Abb. 1462. Beim Einschieben des Rohrendes rollt sich der Ring in seine endgültige Lage. Bei größeren Rohrdurchmessern muß der Gummiring durch Unterkeilen des inneren Rohres entlastet werden. Um die Dichtfläche zu vergrößern, kann man in der Muffe Rillen vorsehen, in die sich der Gummi eindrückt. Um zu verhindern, daß sich der Gummiring durch eine Druckerhöhung herauschiebt, erhält das Rohrende bisweilen einen Bund oder nach Abb. 1463—1465 einen aufgeschweißten Ring oder eine Sicherung durch eine Stahlrohrschraubmuffe (Buderus'sche Eisenwerke, Wetzlar). Andere Sicherungen gegen das Heraustreten des Gummiringes bestehen aus einem Vorlagering, den eine eingestemte Bleieinlage in einer Aussparung an der inneren Muffenkante hält. Eine andere Bauart arbeitet mit zwei Gummiringen, und zwar mit einem weichen Ring, der eingerollt wird, und einem härteren Ring, der zur Sicherung in eine Rille an der Muffenkante eingeschoben wird. — Einen manschettenartigen Gummiring verwendet die Muffenverbindung nach Abb. 1466. Der Gummiring besitzt vorn einen nach innen ragenden Rand, der gleichzeitig die Rohre elektrisch voneinander isoliert und den Ring gegen Herausdrücken

sichert (Schnellmuffe „Iso“ der Buderus'schen Eisenwerke). Da sich der Gummiring bei dieser Bauart nicht einrollt, muß er beim Einbringen des Rohrendes mit Glycerin und Graphit geschmiert werden. — Da Gummi sehr widerstandsfähig ist, haben sich derartige Gummidichtungen für Gas-, Wasser- und Abwasserleitungen meist gut bewährt.

Die mit Stopfbüchsen ausgerüsteten Muffenverbindungen benutzen ebenfalls meist einen Gummiring als Dichtung. Ein Stahling, der durch Schrauben angezogen wird, preßt den Gummi in die dichtende Fuge. Derartige Stopfbüchsenmuffen eignen sich wegen der Schrauben, die schwer gegen Rosten zu schützen sind, wenig zur Verlegung in der Erde. Einfache Muffenverbindungen mit Stopfbüchsen zeigen Abb. 1467 und Abb. 1468. Diese Bauarten lassen sich leicht auch beweglich gestalten.

Die Schraubmuffenverbindungen benutzen nur Gummi als Dichtungsmittel. Der Schraubring trägt ein Gewinde, das so flachgängig sein muß, daß es sich nicht selbst lockern kann. Schraubmuffenverbindungen lassen sich so ausführen, daß die Rohrenden längs und quer beweglich sind, so daß leichte Krümmungen keine Formstücke erforderlich machen. Sie eignen sich auch für hohe Drücke. Eine einfache Bauart (Buderus'sche Eisenwerke) zeigt Abb. 1469. Für Gasleitungen erhalten die Gummiringe von Schraubmuffen bisweilen Bleiummantelungen. (Siehe auch Rohrleitungen.) Thormann.

Muffendichtungen, Muffenrohre, s. Muffen, Rohrleitungen.

Mühlen (s. auch *Glockenmühlen, Hammermühlen, Kollergänge, Kugelmühlen, Pochwerke [Stampfmühlen], Ringwalzenmühlen, Schlagmühlen, Schleudermühlen, Schneckenbrecher [Schraubenmühlen], Schwingmühlen, Zerkleinerungsmaschinen*) sind Maschinen und Anlagen zum Zerkleinern grobkörniger (vorgebrochener) Materialien, wie sie von den Vorbrechern (Backenbrecher, Granulatoren, Hammer-, Kegel-, Walzenbrecher) geliefert werden. Je nach der erzielten Korngröße unterscheidet man Schrotmühlen (bis zu 1 mm Korngröße) und Mahlmühlen (unter 1 mm bis zu Mehl und unfehlbarem Pulver). Bei den absatzweise arbeitenden Mühlen bleibt das Mahlgut solange im geschlossenen Mahlraum, bis die erforderliche oder gewünschte Korngröße (Feinheit) erreicht ist. Wegen der geringen Leistungsfähigkeit dieser Mühlen zieht man die stetig arbeitenden Mühlen vor, bei denen das genügend Gefeierte entweder durch Siebe oder durch Sichtvorrichtungen ausgetragen und das nicht genügend zerkleinerte Mahlgut in den Mahlraum zur weiteren Bearbeitung zurückbefördert wird. Bei den sieblosen Kugelmühlen (s. S. 968) erfolgt das Austragen des genügend Gefeierten durch eine besondere Austragskammer.

Soweit die Zerkleinerung nicht Selbstzweck, sondern eine Vorbereitungsarbeit für nachfolgende chemische oder physikalische Vorgänge ist, die eine möglichst große Reaktionsoberfläche erheischen, strebt nach *Rosin* u. *Rammler* (Über die Mahlung und Mahlmaschinen, Chem. Fabrik 1933, S. 395) die Zerkleinerung an:

1. Die Korngröße des Aufgabegutes auf einen gewünschten maximalen Grenzwert zu reduzieren, während die Zusammensetzung des Mahlgutes an sich gleichgültig ist; 2. eine für die nachfolgende Reaktion wünschenswerte Gesamtfeinheit, d. h. eine bestimmte Oberflächenentwicklung je Kilogramm

Mahlgut zu erzielen; 3. ein Mahlgut von gewünschter, meist maximaler Lagerungs- bzw. Packungsdichte zu erzeugen; 4. eine innige Mischung verschiedenartiger Reaktionsteilnehmer zu ermöglichen.

Da jedes zerkleinerte Gut „polydispers“ (vielgröÙig) ist, d. h. zwischen zwei Größen sämtliche Korngrößen enthält, und da keine Zerkleinerungsmaschine „isodisperses“ (eingröÙiges) Mahlgut herstellen kann, was erst durch Klassierer (s. d.) möglich ist, muß man Fraktionen herstellen und mischen, um ein,

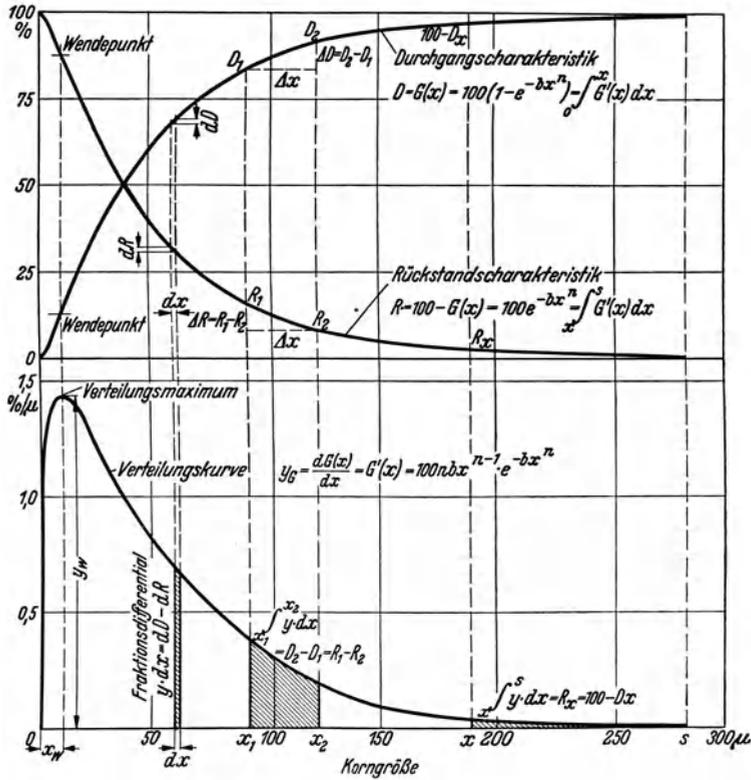


Abb. 1470. Zusammenhang zwischen Charakteristik und Verteilungskurve für Quarzsand und Kugelmühle. (Nach Rosin u. Rammler, Chem. Fabrik 1933, S. 396.)

wenn auch nicht vollkommen, so doch möglichst isodisperses Mahlgut zu erhalten, falls dies überhaupt nötig oder erwünscht ist.

Die Feinheitsanalyse durch Sieben, Sichten, Schlämmen und Sedimentieren gibt Aufschluß über die Kornzusammensetzung und liefert Werte zur Kennzeichnung des Zusammenhanges von Gewichtsanteil und Korngröße. Dieser Zusammenhang ergibt sich am besten aus einer schaubildlichen Darstellung (Abb. 1470), in der die Korngröße in μ als Abszisse und der Rückstand sowie der Durchgang in Prozent als Ordinaten aufgetragen sind. Das Gesamtgewicht des Mahlgutes setzt sich aus dem Durchgang D und dem Rückstand R zusammen, die sich demnach zu 100 Proz. ergänzen. Die beiden

Linien für D und R bilden die „Feinheitscharakteristiken“ oder „Kennlinien“ des Mahlgutes bzw. der Mahlvorrichtung. Bei einer Höchst Korngröße s umfaßt für irgendeine Korngröße x der Durchgang den Korngrößenbereich 0 bis x , der Rückstand den Korngrößenbereich x bis s . Die Verteilungskurve (Abb. 1470 unten) erhält man durch Differentiation der Charakteristik; sie zeigt den Anteil der Körner von der der Abszisse entsprechenden Korngröße am Gesamtgewicht des Mahlgutes. Der Flächeninhalt dieser Kurve

$\int_0^s y \cdot dx$ muß 100 (Proz.) ergeben; an einer beliebigen Stelle x ist er

$\int_x^s y \cdot dx = R_x = 100 - D_x$, wie auch aus der Zeichnung ersichtlich ist. Für

die Feinmahlung fanden nun *Rosin* u. *Rammler* zusammen mit *Sperling* (Korngrößenprobleme des Kohlenstaubes und ihre Bedeutung für die Vermahlung [Bericht C 52 des Reichskohlenrates, Berlin 1933]; vgl. auch *Rosin* u. *Rammler*, Gesetzmäßigkeiten in der Kornzusammensetzung des Zements [Zement 1933, S. 427]) das Gesetz des quasi-stetigen Zusammenhanges zwischen Gewichtsanteil und Korngröße für den Rückstand R bzw. Durchgang D in folgenden Formeln:

$$R = 100 e^{-b \cdot x^n} \quad \text{und} \quad D = 100 - R = 100 (1 - e^{-b \cdot x^n}).$$

In diesen Formeln bedeuten: x die Korngröße, b und n Erfahrungswerte (Konstante) und e die Basis des natürlichen Logarithmensystems. Durch Differentiation erhält man die Formel für die Kornverteilungskurve:

$$y = \frac{dD}{dx} = 100 n \cdot b \cdot x^{n-1} \cdot e^{-b \cdot x^n}.$$

Dieses Gesetz wurde hinsichtlich der Art des Mahlgutes ziemlich allgemein gültig befunden, z. B. für Kohle, Zement, Feldspat, Quarz, Flint, Baryt, Glas, Ton, Gips, gebrannten Magnesit und Farben; hinsichtlich der Mahlvorrichtung trifft es aber nur für Feinmahlung, z. B. in Ringwalzen-, Trommel- und Schleudermühlen, zu, wogegen für Grobkörnung, z. B. in Backen- und Walzenbrechern, verwickeltere Gesetze gelten.

Durch zweimaliges Logarithmieren der Formel für R erhält man

$$\log \left(\log \frac{100}{R} \right) = \log b + \log (\log e) + n \cdot \log x;$$

das ist eine Gerade, die es ermöglicht, aus zwei sorgfältig aufgenommenen Punkten die ganze Kennlinie zu ermitteln. Sind z. B. für zwei Korngrößen x_1 und x_2 die zugehörigen Rückstände R_1 und R_2 ermittelt worden, so ist:

$$n = \frac{\log \left(\log \frac{100}{R_1} \right) - \log \left(\log \frac{100}{R_2} \right)}{\log x_1 - \log x_2}$$

und $C = \log b + \log (\log e) = \log \left(\log \frac{100}{R_1} \right) - n \cdot \log x_1$.

Für irgendeine Korngröße x_i ist sodann der Rückstand R_i nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$\log R_i = 2 - \text{Numerus} (C + n \cdot \log x_i).$$

Die Kennlinie ermöglicht auch die Berechnung der „spezifischen Oberfläche“, d. i. die Oberfläche in Quadratmeter aus 1 kg Mahlgut für würfelförmige oder kugelförmige Körner. In Abb. 1471 sind einige solcher Werte für würfelförmige Körner bei Anwendung des DIN-Siebes Nr. 70 (4900 Maschen je Quadratcentimeter und 0,088 mm Maschenweite) dargestellt, woraus das starke Anwachsen der Oberfläche bei fortschreitender Feinmahlung ersichtlich ist. Man erkennt daraus auch den ziemlich beträchtlichen Einfluß des spezifischen Gewichtes des Mahlgutes auf die Oberflächenentwicklung.

Zur Erzielung einer möglichst großen Lagerungsdichte ist nach *Andersen* (mit *Andersen*, Über die Beziehung zwischen Kornabstufung und Zwischenraum in Produkten aus losen Körnern, Kolloid-Z. 1930, S. 217) eine parabelförmige Charakteristik nach der Formel $D = x^q$ anzustreben, wobei q zwischen 0,5 und 0,33 liegen muß. Dies hat sich für die Industrie der feuerfesten Steine als besonders bedeutungsvoll erwiesen.

Nach Hütte IV, S. 347 (26. Aufl., Berlin 1935, Ernst & Sohn) sind die Teilchengrößen für Seesand etwa 1 mm, Zement bis zu höchstens 60 μ , gemahlenen Tonschiefer 2 bis 20 μ , primäre Farbteilchen aus Mennige, Lithopone u. a. 0,5—5 μ , Teilchen aus Feuerungsrauch 0,3 μ .

Die Korngröße bestimmt auch den Arbeitsbedarf und die Zerkleinerungskosten der Mühlen (s. Zerkleinerungsmaschinen). Hier sei nur eine Übersicht über die beiden eingangs erwähnten Mühlenarten gegeben. Die Schrotmühlen kann man einteilen in Grobschroter und Feinschroter, erstere für ein Ausgut, das überwiegend aus einem Gemisch von größeren Brocken mit Grieß und nur wenig Mehl besteht, letztere für ein Ausgut, das sich überwiegend aus Grieß und etwas Mehl zusammensetzt. Mahlmühlen sind im allgemeinen solche Zerkleinerungsmaschinen, deren Ausgut als Mehl bezeichnet werden kann. Scharfe Grenzen gibt es nicht, da man teils durch die Ausführungsform der Maschinen, teils durch die Arbeitsgeschwindigkeit, teils durch die Dauer der Bearbeitung mehr oder weniger feines Ausgut erhalten kann. Als Grobschroter kann man bezeichnen: Schneckenbrecher (Brecht-schnecken, Schraubenmühlen), Hammermühlen, Kollergänge und Glockenmühlen (Kegelmühlen), als Feinschroter: Schlag- und Schleudermühlen. Zu den Mahlmühlen kann man zählen: Pochwerke (Stampfmühlen), Mahlgänge, Fliehkraftmühlen, Ringwalzenmühlen und Rohrmühlen bzw. Kugelmühlen.

Manche Mahlmühlen sind nach den gleichen baulichen Grundsätzen eingerichtet wie die Brechmaschinen, z. B. wie die Kegelschroter und die Glocken-

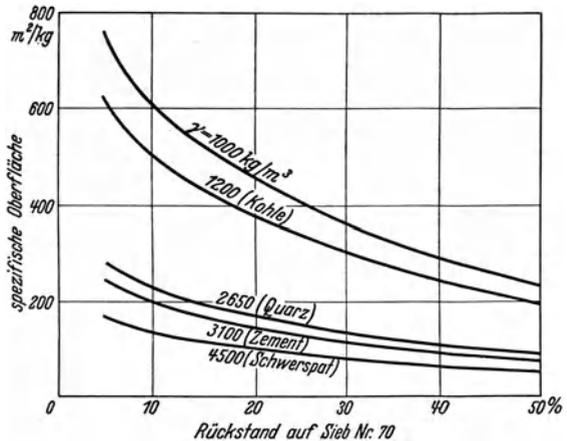


Abb. 1471. Spezifische Oberfläche in Abhängigkeit von der Feinheit für verschiedene spezifische Gewichte des Mahlgutes. (Nach *Rosin* u. *Rammler*, Chem. Fabrik 1933, S. 397.)

mühlen oder wie die Hammerbrecher und die Hammermühlen; sie unterscheiden sich dann hauptsächlich hinsichtlich der Abmessungen der arbeitenden und der tragenden Teile. Die Grobzerkleinerung (Schroten) beruht vorwiegend auf der drückenden (quetschenden) und abscherenden Wirkung der glatt oder gezahnt ausgebildeten Mahlkörper, die Feinzerkleinerung (Mahlen) auf der reibenden Wirkung. Eine Zwischenstufe zwischen der drückenden und reibenden Wirkung ist die Schlagwirkung, wie z. B. bei den Hammermühlen und Stampfmühlen. — Über die Kenn- und Meßgrößen der Mühlen und über die Mühlencharakteristiken s. Zerkleinerungsmaschinen.

Die Mahlanlagen bestehen aus einer Vereinigung der Mühlen (Mahlmachines) mit einer Sichtvorrichtung und (gegebenenfalls) Trockenvorrichtung. Sie bezwecken durch Vermeidung der Fördervorrichtungen eine

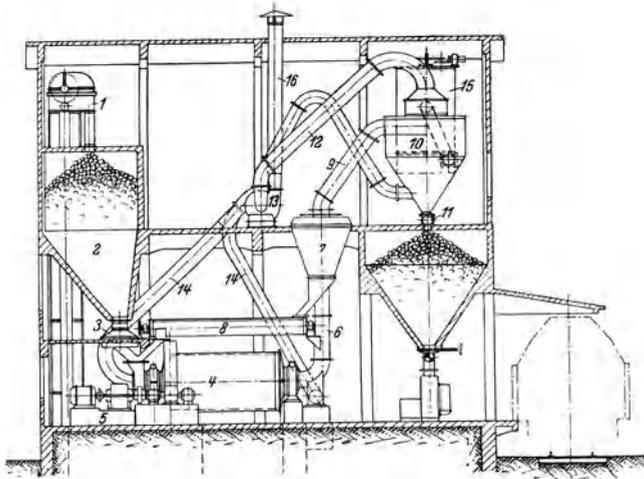


Abb. 1472. Rohrmühle mit Windsichtung (Esch).

Erhöhung der Leistung, stetige Beschickung der Verbrauchsstelle mit dem zerkleinerten Mahlgut und gänzliche Beseitigung von Staub im Mahlraum, womit auch eine Verbesserung der Luft im Mahlraum verbunden ist. Insbesondere hat sich die Windsichtung hierfür bewährt. Wie zum Beispiel aus Abb. 1472 (Anlage einer Zementfabrik in der Ausführung der Esch-Werke K.-G., Duisburg-Hochfeld) hervorgeht, besteht eine solche Anlage aus windgesichteten Rohrmühlen; sie ist für Rohmaterial und Zementklinker bestimmt. Das durch ein Becherwerk 1 von den Zufuhrwagen in den Bunker 2 geworfene Mahlgut wird von einer Telleraufgabevorrichtung 3 der Rohrmühle 4 zugeleitet, die durch den Mühlenantrieb 5 in Umlauf gesetzt wird. Das gemahlene Ausgut verläßt am anderen Ende die Rohrmühle und wird durch die Förderleitung 6 dem Stromsichter 7 zugeführt, aus dem der ungenügend zerkleinerte Grieß durch die Gießschnecke 8 zur Rohrmühle behufs neuerlicher Bearbeitung geleitet wird. Oben schließt sich an den Stromsichter 7 die Staubluftleitung 9 an, aus der das Gefeihte durch den Staubabscheider 10 und durch die Staubschleuse 11 in den Staubbunker gelangt. Die entstaubte Luft wird durch die Luftleitung 12, den Mühlenventilator 13 und durch

die Rückluftleitungen 14 der Rohrmühle zugeführt, während die Abluft durch das Filter 15 und durch die Abluftleitung 16 über das Dach ins Freie geblasen wird.

Eine Mahlanlage mit Stromsichterrohrmühle und Mahltrocknung (kombiniertes Aufbereitungssystem) der G. Polysius A.-G., Dessau, zeigt Abb. 1473. Durch den Eintragslagerzapfen der Rohrmühle *a* werden gleichzeitig das aus dem Vorratsilo *d* durch die Aufgabevorrichtung *e* aufgebene Mahlgut geführt und die Heizgase einer Planrostfeuerung *f* gesaugt. Dadurch werden die Mahlkörper erhitzt und das Mahlgut wird durch die innige Berührung mit der heißen Luft und den heißen Mahlkörpern während des Zerkleinerungsvorganges in der Mühle getrocknet. In einem an die kurze Rohrmühle *a* anschließenden Rohr ist der Stromsichter eingebaut. Von hier gelangt das Mahlgut durch ein Steigrohr in den Feingutsammler *b*. Die Förderluft wird, ehe sie ins Freie ausgeblasen wird, durch das Rohr *g* einem Saugschlauchfilter zugeführt. Die ins Freie geführte Luftmenge entspricht derjenigen, die zur Abführung des bei der Trocknung aufgenommenen Wasserdampfes nötig ist. Die restliche Luftmenge wird vom Ventilator *c* nach dem Einlauf der Mühle zurückgeleitet. Die Mahlanlage arbeitet mit Unterdruck, wodurch Staubbelastigungen und Materialverluste verhütet werden.

Eine Mahlanlage der Büttner-Werke A.-G., Uerdingen, zur Verarbeitung von Kalkstein, Phosphat, Gips, Erdfarben, Schwerspat, Marmor, Dolomit,

Quarz usw., sowie von Kohle der verschiedensten Sorten bis zu den Anthraziten ist in Abb. 1474 mit stromgesichteter Ringwalzenmühle dargestellt. Das Rohmaterial wird durch die Zuführungsschurre 1 aufgegeben und vom Teller-speiser 2, der von den Zahnrädern 3 angetrieben und vom Handrad 4 geregelt wird, in das Steigrohr 5 geleitet. Eisen und Steine werden bei 6 abgeschieden, bei 7 tritt die Warm- oder Frischluft ein. Das Steigrohr 5 mündet oben in den Stromsichter, in dem die Prallplatte 8 die schweren Bestandteile zurückwirft, während das geeignete Gut durch die Schurre 9 zur Mühle gelangt. Die Feinheit des vom Sichter angesaugten Mahlgutes kann durch die tangential angeordneten Sichterklappen 10 eingestellt werden; zur Verstellung der Sichterklappen dient der Handhebel 11. Durch die Rohrleitung 12, deren lichter Durchgangsquerschnitt durch die Drosselklappe 13 eingestellt werden kann, wird das Mahlgut vom Zyklon 14 angesaugt. Von hier fördert die Feinmehlaustragsschleuse 15 das fertige Mahlgut zur Verbrauchs- oder Absackstelle, während die Staubluft aus dem Ventilatorsaugstutzen 16 durch den Ventilator 17 in die Rückführungsleitung 18 geblasen wird. Die Abluft gelangt durch die Abluftleitung 19, die durch die Drosselklappe 20 geregelt werden kann, ins Freie, während die Umluft durch die Umluftschurre 24 der Ringwalzenmühle 21 bzw. dem Stromsichter zugeleitet wird. In der verein-

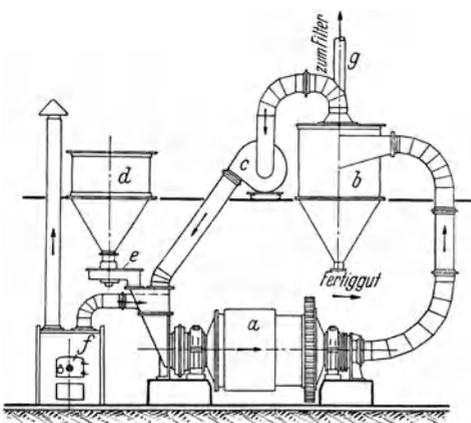


Abb. 1473. Mahlanlage mit Stromsichterrohrmühle und Mahltrocknung (Polysius).

zumeist Drei- oder Fünfwalzenstühle (s. Walzwerke). Die Preßanlagen pressen das Öl aus den aufgeschlossenen Früchten und Saaten, und zwar werden Saaten, die das Öl schwerer abgeben, mehrere Male in geschlossenen Pressen gepreßt, wogegen Saaten mit geringem Ölgehalt in offenen Pressen behandelt werden. — Über Steigmühlen s. Windsichter.

Mulentrockner (s. auch *Trockner*) bestehen aus einem feststehenden Trog oder Zylinder zur Aufnahme des zu trocknenden Gutes, dem von außen oder von innen durch beheizte Rohre oder unmittelbar durch Heizgase die zur Wasserauftrocknung notwendige Wärme zugeführt wird. Sie sind stets mit einem parallel zur Muldenachse eingebauten Rühr- und Schaufelwerk versehen, welches das Gut ständig umschaufelt, damit es gleichmäßig trocknet und nicht anbrennt. Erfolgt die Beheizung durch Rohre, so dreht man diese meist mit um, um Rührwirkung und Wärmeübertragung zu

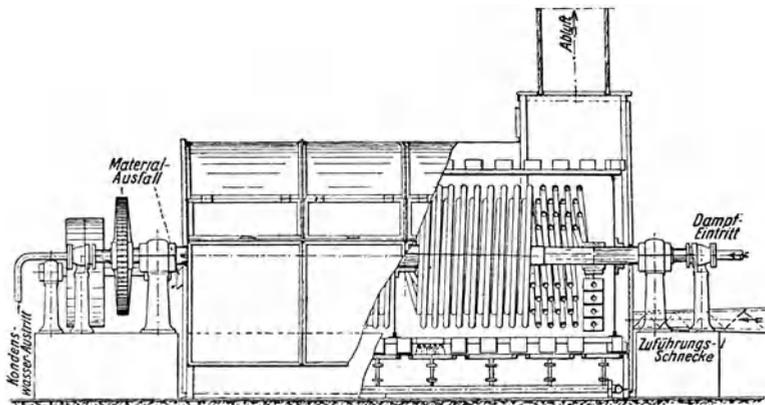


Abb. 1475. Muldentrockner mit Spiralschlangenheizkörper (T. A. G.).

verbessern. Muldenapparate mit unmittelbarer Trocknung durch Heizgase werden nur noch selten ausgeführt, da hierfür die Trommeltrockner (s. d.) meist zweckmäßiger sind. In diesen läßt sich infolge der Drehung der ganzen Trommel leichter eine gleichmäßige Trocknung bei hoher Leistung erzielen als mit feuerbeheizten Muldentrocknern.

Dampfmulentrockner werden für alle rieselfähigen, feinkörnigen, nicht-backenden Stoffe, die schonend getrocknet werden müssen und mit Feuer gasen nicht in Berührung kommen sollen, oder für solche, die nach kurzer Trocknung diese Eigenschaften annehmen, angewendet. Als Beispiele seien genannt: Treber, Trester, Hopfen, Sämereien, Schlempe, Pülpe, Kartoffel-schnitzel, Stärke, Kreide, Kaolin, Knochenschrot, Blut mit Häcksel (oder einem sonstigen Trockenfutter) vermischt. Muldentrockner haben den Vorteil, daß die Luftgeschwindigkeiten beim Trocknen sehr gering sind, so daß sich nur wenig Staub entwickeln kann.

Der auf Abb. 1475 im Aufriß und auf Abb. 1476 im Seitenriß dargestellte Trockner (Trocknungs-Anlagen-Ges., Berlin) enthält in einem allseitig geschlossenen Gehäuse eine schmiedeeiserne, doppelwandige Mulde, die mit

Frisch- oder Abdampf beheizt wird. In der Mulde sind mehrere Rohrspiralen mit verschiedenen Spiraldurchmessern zu einem Bündel über einer Hohlwelle drehbar angeordnet. Die Rohrspiralen sind durch einen Dampfverteiler an die Hohlwelle angeschlossen, durch die der Heizdampf zugeleitet wird. Auf der entgegengesetzten Seite wird das Kondenswasser abgeführt. Über der

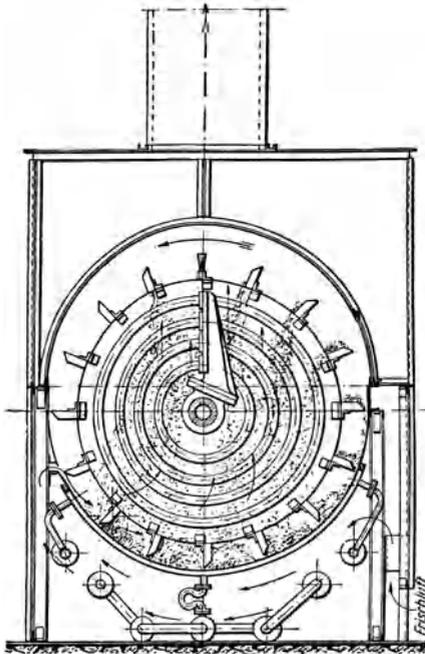


Abb. 1476
Muldentrockner, Schnitt durch Trockner
nach Abb. 1475 (T. A. G.).

äußersten Spirale sind Hubschaufeln und Bürsten angeordnet, die fortgesetzt das schaufelbare Trockengut bewegen, heben und über die Spiralen rieseln lassen. Die Spiralen und Schaufeln dienen außerdem zur Beförderung des Trockengutes in der Mulde. Ein Luftstrom, der durch einen Schlot an einer Längsseite des Trockners unterhalb der Mulde eintritt und sich an einem Rippenrohrsystem erwärmt, sorgt für die Abführung der entstehenden Wasserdämpfe. Die Verwendung von Rohrspiralen gestattet, hohe Heizflächen in kleinem Raum einzubauen. Gegenüber den in zwei Dampfverteilern eingewalzten, geraden, parallel der Welle angeordneten Rohren haben die Schlangen den Vorteil, daß sie leichter den Wärmeausdehnungen folgen können, die bei geraden Rohren oft zu Undichtheiten an den Einwalzstellen führen. Da außerdem die Rohrlängen durch die Schlangenanordnung größer gewählt werden können, ist die Zahl der Anschlüsse und damit die Möglichkeit von Undichtheiten verringert. Die Schlangen sind durch Seitenklappen

zugänglich. Die Leistung der Heizfläche/Stunde schwankt je nach dem Feuchtigkeitsgrad des Trockengutes zwischen 1 und 6 kg/m² und geht bei nassem Gut bis auf etwa 8 kg/m². Hauptabmessungen, Heizflächen und Kraftbedarf von Muldentrocknern der T. A. G. für 9 verschiedene Größen gibt nachfolgende Tabelle.

Abmessungen in mm			Heizfläche m ²	Ungefäher Kraftbedarf PS
Länge	Breite	Höhe		
3800	1680	2300	10	1,5
4800	1680	2300	15	2,0
5800	1680	2300	25	2,5
4800	1900	2500	35	4,0
5800	1900	2500	45	4,5
6800	1900	2500	55	5,0
6300	2110	2770	70	9,0
6500	2400	3100	100	15,0
7500	2400	3100	125	17,0

Einen Muldentrockner mit Flachschlangenröhrenbündel der Maschinenfabrik Friedrich Haas, Lennep, zeigt Abb. 1477. Aus den flachen Schlangen läßt sich das Kondenswasser leichter ableiten als aus den Spiralschlangen.

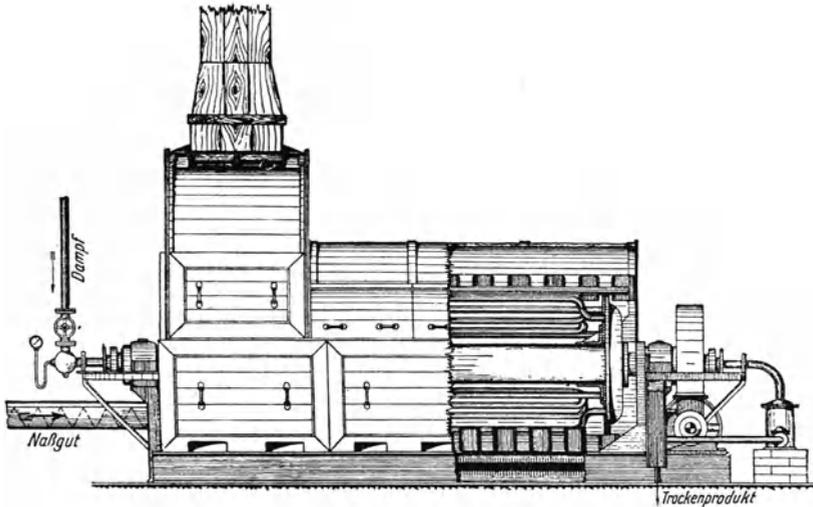


Abb. 1477. Muldentrockner mit Flachschlangenröhrenbündel (Haas).

Eine einfache Bauart der Benno Schilde Maschinenbau-A.-G., Hersfeld, mit einer Schaufelwelle zur Weiterbeförderung des zu trocknenden Gutes ist auf Abb. 1478 dargestellt. Eine von der Schaufelwelle angetriebene Zuteil-

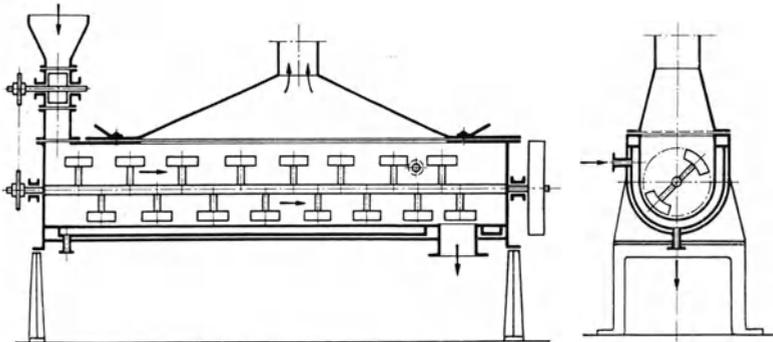


Abb. 1478. Muldentrockner mit Schaufelwelle (Schilde).

vorrichtung bringt das feuchte Gut stetig in das Eingangsende der Mulde. Allmählich trocknend gelangt es unter ständiger Umwälzung zum Auslauf. Der mengenmäßige Durchsatz läßt sich durch Verändern der Neigung der Schaufeln regeln. An den Enden der Muldenabdeckung befinden sich Klappen, mit denen man die zur Trocknung erforderliche Luftmenge einstellen kann. Der natürliche Auftrieb der erwärmten Luft bewegt diese durch den Trockner ohne Hilfe eines Ventilators. Da die an der Mulde unterzubringende Heiz-

fläche beschränkt ist, eignet sich diese Bauart nur für kleinere Leistungen und für Ausführungen bis etwa 500 mm Trogbreite.

Um größere Heizflächen zur Wirkung zu bringen, werden auch mehrere Mulden übereinander angeordnet. Einen kleinen Trockner mit zwei übereinanderliegenden, nur durch Dampfmäntel von außen beheizten Mulden

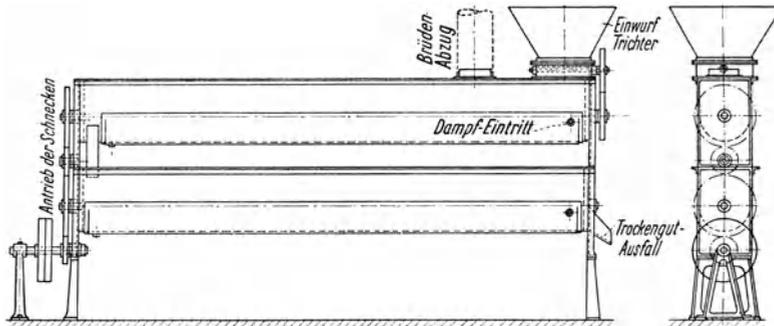


Abb. 1479. Trockner mit zwei übereinanderliegenden Mulden.

zeigt Abb. 1479. Die Förderung des Gutes erfolgt durch zwei Schnecken. Die Länge der Mulden beträgt etwa 4 m. — Einfache Muldentrockner dieser Bauart schaltet man oft hinter andere Trockner, um den letzten Feuchtigkeitsrest zu entfernen und um einen gleichmäßigen Trocknungsgrad im Erzeugnis zu erreichen.

· Siehe auch Thelenapparate.

Thormann.

Muntzmetall, s. Messinge.

N

Nähte (s. auch *Dampffässer*). Die Haut aller nicht ausschließlich durch Guß-, Zieh- oder Schmiedeverfahren hergestellten Apparate, Behälter, Rohre usw. wird aus Blechen und Formstücken (z. B. Hauben, Böden, Stützen) zusammengesetzt, die durch Nähte, und zwar meist durch Längs- und Rundnähte, verbunden werden. Die Art der Ausführung der Nähte richtet sich nach dem Baustoff der zu verbindenden Bleche, deren Stärke, der Beanspruchung der Naht in mechanischer und chemischer Beziehung und, soweit bestimmte Anforderungen durch diese Bedingungen nicht gegeben sind, nach den durch das Herstellungsverfahren bedingten Kosten. Außerdem sind für die meisten Fälle die behördlichen Bestimmungen zu beachten, die in Deutschland durch die Dampffaßverordnung (s. Dampffässer), die Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel und die hierzu vom Deutschen Dampfkesselausschuß herausgegebenen Erläuterungen gegeben sind. Die wichtigsten Verbindungsverfahren zur Herstellung einer Naht sind: Nietten, Schweißen und Löten.

Die Ausführung einer Naht bedingt, daß die Festigkeitseigenschaften des Bleches an der Naht verändert, und zwar meist verringert werden. Das Verhältnis der Festigkeit des durch die Eigenart der Naht geschwächten

Blechquerschnitts zu der des vollen Querschnitts bezeichnet man als das Güte- oder Festigkeitsverhältnis φ . — Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man Nähte, die nur dicht sein müssen, und solche, die dicht und fest sein sollen. Nach der Lage der Naht unterscheidet man die Längs- oder Hochnaht und die Rundnaht.

Die Nietnaht wird dadurch gebildet, daß die Bleche entweder mit ihren Endflächen übereinander gelegt werden (Überlappung), oder daß auf die aneinandergelegten Bleche auf beide oder nur auf eine Seite Blechstreifen, die sog. Laschen, aufgelegt werden; die so entstandenen Blechlagen werden in bestimmten Abständen — der Teilung t — durchbohrt und durch eingezogene und geschlagene oder gepreßte Niete verbunden. Hierdurch werden die Bleche fest aufeinandergedrückt, so daß eine gegenseitige Verschiebung durch den so erzielten Gleitwiderstand in Verbindung mit den durch die Schaftflächen aufgenommenen Scherkräften unmöglich ist. Die durch Normung festgelegten Niete bestehen aus dem Schaft, an dessen einem Ende sich der in verschiedenen Formen ausgeführte Setzkopf befindet. Nach dem Einziehen des Niets wird an dem anderen Ende aus dem über dem Blechstoß hervorstehenden Schaftende der Schließkopf angestaucht. Verbindungen mit einem Nietdurchmesser von 10 mm und mehr müssen mit warmen Nieten hergestellt werden. Nach der Ausführung des Stauchvorgangs zur Bildung des Schließkopfes unterscheidet man Maschinen- und Handnietung. Letztere ist bis etwa 26 mm Nietdurchmesser möglich. Die Nietlöcher werden, um ein leichtes Einbringen des Schaftes zu ermöglichen, etwa um $\frac{1}{20}$ des Rohnietdurchmessers größer hergestellt. Sie sollen möglichst nicht gestanzt, sondern gebohrt werden, was für Druckgefäße vorgeschrieben ist. Niete sollen möglichst so angeordnet werden, daß sie nicht auf Zug beansprucht werden. Die Länge des Bolzens soll das Vierfache des Durchmessers nicht überschreiten, da sonst der Niet leicht reißt. Auf Zeichnungen werden die Niete durch genormte Sinnbilder dargestellt. Nach der Anordnung der Niete unterscheidet man einreihige, zwei- und mehrreihige Nietverbindungen, nach der Zahl der Stellen, an denen ein Niet bei Überbeanspruchung abgesichert werden würde, ein-, zwei- und mehrschnittige Verbindungen, nach der Art des Blechstoßes überlappte, einseitige und Doppellaschennähte. Überlappte Längsnähte werden meist nur bis zu Blechstärken von 15 mm, Laschennähte in der Regel erst von 10 mm Blechstärke an verwendet. Die überlappte Naht und die einseitige Laschenverbindung haben den Nachteil, daß die Blechränder auf Biegung beansprucht werden. Günstige Festigkeitsverhältnisse können dadurch erhalten werden, daß man die Laschen wellenartig geschweift oder zickzackförmig mit 1—3 Zacken ausbildet, oder daß man sie schräg legt.

Die wichtigsten Regeln für die Anordnung von Nietnähten sind: Rechnungsmäßiger Nietdurchmesser bei Überlappungs-nietung für die Blechstärke s : $\delta = \sqrt[5]{5s} - 0,4$ cm. Der Randabstand a beträgt mindestens $1,5 \delta$, bei dünneren Blechen mindestens $1,8 \delta$. Es wird ferner gewählt: Reihenabstand a' im Mittel etwa $0,5t$, Nietteilung t etwa $2,5-3,5 \delta$. Diese wird außerdem noch durch die Rücksichten auf die notwendige Dichtigkeit bestimmt, die in der Hauptsache durch den Innendruck und die Eigenschaften der Stoffe beeinflusst wird. Die Schwierigkeit der Abdichtung steigt, wie an einigen Beispielen angegeben sei, etwa in folgender Reihe, in der entsprechend die Nietteilung enger gewählt werden muß: Lösungen, Laugen, Wasser, Gase, Öle, Petroleum,

Benzin, Dampf. Die geringstmögliche Nietteilung ist diejenige, bei der sich der Nietkopf mit den normalen Werkzeugen noch herstellen läßt.

Um die Dichtheit der Nähte zu erhöhen, werden Niete und Kanten verstemmt. Hierzu werden die Kanten dünner Bleche mit $\frac{1}{3}$, die stärkeren Bleche mit $\frac{1}{4}$ der Blechstärke abgeschragt. Bleche unter 5 mm lassen sich nicht verstemmen. Zur Abdichtung dienen hier Zwischenlagen von Leinwand- und Papierstreifen, die mit Firnis und Mennige getränkt sind. In der Regel genügt es, wenn die Blechkanten und Nietköpfe nur auf der Außenseite verstemmt werden. Da sich Gußeisen nicht verstemmen läßt, müssen unter Stützen (s. d.) aus Gußeisen und anderen gußeisernen Anschlußstücken Stemmscheiben aus Eisenblech angeordnet werden.

Die Abmessungen für ein- bis dreireihige Überlappungs- und einseitige Laschennietungen und für ein- bis dreireihige Doppellaschennähte sind in den nachfolgenden Zahlentafeln mit den in den Abb. 1480—1484 erläuterten Bezeichnungen nach Angaben von G. Hönnicke (Chem. Apparatur 1925, S. 116) zusammengestellt. Der Rechnungsnietdurchmesser δ kann für einschnittige Nähte aus der Formel: $\delta = s + \alpha$ cm errechnet werden. Für α sind dabei einzusetzen:

- bei $s = 7-22$ mm: $\alpha = 0,8$ cm
- „ $s = 23-28$ mm: $\alpha = 0,7$ cm
- „ $s = 29-34$ mm: $\alpha = 0,6$ cm
- „ $s = 35-40$ mm: $\alpha = 0,5$ cm.

Die Ausführungsdurchmesser sind in den folgenden Tafeln so gewählt, daß der DIN-Rohnietdurchmesser δ_N gleich dem betreffenden Rechnungsdurchmesser δ ist, z. B.: $s = 11$ mm, $\delta = 19$ mm, $\delta_N = 19$ mm. Bei den am häufigsten vorkommenden mittleren Blechen gilt jedes DIN-Niet für eine Gruppe von drei Blechstärken.

Bei zweischneittigen Nietungen sind folgende Rechnungsdurchmesser zu wählen:

- einreihige Naht: $\delta_1 = \delta$ cm
- zweireihige Naht: $\delta_2 = \delta - 0,1$ cm
- dreireihige Naht: $\delta_3 = \delta - 0,2$ cm

($\delta =$ Rechnungsnietdurchmesser für Überlappung).

Einreihige Überlappungs- und einseitige Laschennietung für DIN-Niete bei $\varphi = \text{const} = 0,6$. (Abb. 1480.)

$$\delta = \sqrt{5s} - 0,4 \text{ cm und } t = 2,5 \delta_N; \quad u = 2a;$$

$$= s + \alpha; \quad a = 1,5 \delta_N + 0,1 \text{ cm}; \quad w_t = 1 \cdot q_N \cdot 700.$$

$$q_N = \frac{\pi \cdot \delta_N^2}{4};$$

Blechstärke s mm	DIN-Niet- durchmesser $\delta_{N/L}$ mm	Niet- querschnitt q_N cm ²	Teilung t mm	Randbreite a mm	Über- lappung u mm	Gleitwiderstand je Teilung w_t kg
4, 5	10/11	0,785	25	16	32	550
6, 7	13/14	1,327	32,5	21	42	930
8, 9, 10	16/17	2,010	40	25	50	1407
11, 12, 13	19/20	2,835	47,5	31	62	1981
14, 15, 16	22/23	3,801	55	34	68	2660
17, 18, 19	25/26	4,908	62,5	39	78	3430
20, 21, 22, 23	28/29	6,157	70	43	86	4305

Zweireihige Überlappungs- und einseitige Laschennietung für DIN-Niete bei $\varphi = \text{const} = 0,667$. (Abb. 1481.)

$$\delta = s + \alpha; \quad a = 1,5 \delta_N + 0,1 \text{ cm}; \quad u = 2a + a';$$

$$t = 3\delta_N; \quad a' = 0,6 t; \quad w_t = 2 \cdot q_N \cdot 650.$$

Blechstärke <i>s</i> mm	DIN-Niet- durchmesser $\delta_{N/L}$ mm	Nietquer- schnitt q_N cm ²	Teilung <i>t</i> mm	Randbreite <i>a</i> mm	Nietreihen- abstand <i>a'</i> mm	Über- lappung <i>u</i> mm	Gleitwider- stand je Teilung w_t kg
6, 7	13/14	1,327	39	21	24	66	1725
8, 9, 10	16/17	2,010	48	25	29	79	2613
11, 12, 13	19/20	2,835	57	31	35	97	3679
14, 15, 16	22/23	3,801	66	34	40	108	4940
17, 18, 19	25/26	4,908	75	39	45	123	6370
20, 21, 22, 23	28/29	6,157	84	43	51	137	7995
24, 25, 26	31/32	7,547	93	48	56	152	9802

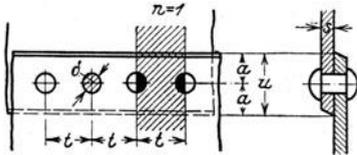


Abb. 1480.
Einreihige Überlappungsnietnaht.

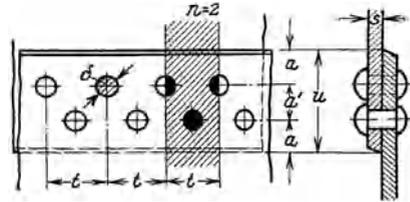


Abb. 1481.
Zweireihige Überlappungsnietnaht.

Dreireihige Überlappungs- und einseitige Laschennietung für DIN-Niete bei $\varphi = \text{const} = 0,75$. (Abb. 1482.)

$$\delta = s + \alpha; \quad a = 1,5 \delta_N + 0,1 \text{ cm}; \quad u = 2 \cdot (a + a');$$

$$t = 4\delta_N; \quad a' = 0,5 t; \quad w_t = 3 \cdot q_N \cdot 600.$$

Blechstärke <i>s</i> mm	DIN-Niet- durchmesser $\delta_{N/L}$ mm	Nietquer- schnitt q_N cm ²	Teilung <i>t</i> mm	Randbreite <i>a</i> mm	Nietreihen- abstand <i>a'</i> mm	Über- lappung <i>u</i> mm	Gleitwider- stand je Teilung w_t kg
14, 15, 16	22/23	3,801	88	34	44	156	6841
17, 18, 19	25/26	4,908	100	39	50	178	8828
20, 21, 22, 23	28/29	6 157	112	43	56	198	11070
24, 25, 26	31/32	7,547	124	48	62	220	13572
27, 28, 29, 30	34/35	9,079	136	52	68	240	16326
31, 32, 33	37/38	10,752	148	57	74	262	19350
34, 35, 36, 37	40/41	12,566	160	61	80	282	22618

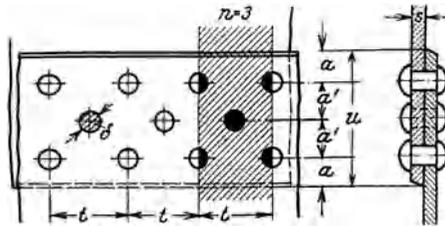


Abb. 1482. Dreireihige Überlappungsnietnaht.

Einreihige Doppellaschennietung für DIN-Niete bei $\varphi = \text{const} = 0,667$. (Abb. 1483.)

$\delta_1 = \delta$; $a = 1,5 \delta_N + 0,1 \text{ cm}$; $w_i = 2 \cdot q_N \cdot 600$.
 $t = 3 \delta_N$; $u = 4a$;

Blechstärke <i>s</i> mm	DIN-Niet- durchmesser δ_N/L mm	Nietquer- schnitt q_N cm ²	Teilung <i>t</i> mm	Randbreite <i>a</i> mm	Laschen- breite <i>u</i> mm	Gleitwiderstand je Teilung w_i kg
8, 9, 10	16/17	2,010	48	25	100	2412
11, 12, 13	19/20	2,835	57	31	124	3396
14, 15, 16	22/23	3,801	66	34	136	4560
17, 18, 19	25/26	4,908	75	39	156	5880
20, 21, 22, 23	28/29	6,157	84	43	172	7380
24, 25, 26	31/32	7,547	93	48	192	9056
27, 28, 29, 30	34/35	9,079	102	52	208	10894

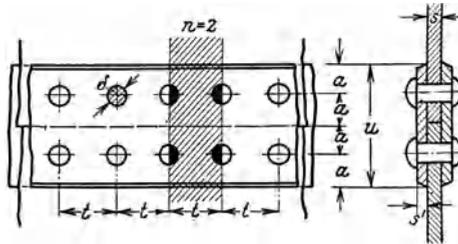


Abb. 1483. Einreihige Doppellaschennietnaht.

Zweireihige Doppellaschennietung für DIN-Niete bei $\varphi = \text{const} = 0,75$. (Abb. 1484.)

$\delta_2 = \delta - 0,1 \text{ cm}$; $a = 1,5 \delta_N + 0,1 \text{ cm}$; $u = 2 \cdot (1,9a + a')$;
 $t = 4 \delta_N$; $a' = 0,5t$; $w_i = 4 \cdot q_N \cdot 575$.

Blechstärke <i>s</i> mm	DIN-Niet- durchmesser δ_N/L mm	Nietquer- schnitt q_N cm ²	Teilung <i>t</i> mm	Randbreite		Nietreihen- abstand <i>a'</i> mm	Laschen- breite <i>u</i> mm	Gleitwiderstand je Teilung w_i kg
				<i>a</i> mm	$0,9 a$ mm			
12, 13, 14	19/20	2,835	76	31	28	38	194	6509
15, 16, 17	22/23	3,801	88	34	31	44	218	8740
18, 19, 20	25/26	4,908	100	39	35	50	248	11270
21, 22, 23, 24	28/29	6,157	112	43	39	56	276	11445
25, 26, 27	31/32	7,547	124	48	43	62	306	17342
28, 29, 30, 31	34/35	9,079	136	52	47	68	334	20861
32, 33, 34, 35	37/38	10,752	148	57	51	74	364	24730

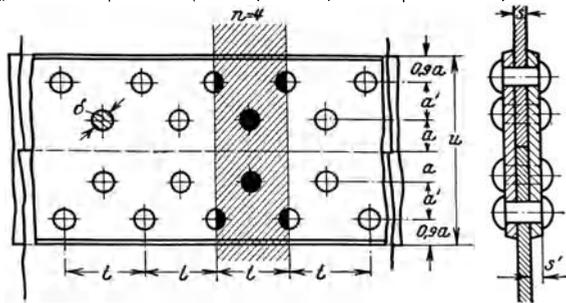


Abb. 1484. Zweireihige Doppellaschennietnaht.

Dreireihige Doppelaschennietung für DIN-Niete bei $\varphi = \text{const} = 0,857$. (Abb. 1485.)

$$\begin{aligned} \delta_3 &= \delta - 0,2 \text{ cm}; & a &= 1,5 \delta_N + 0,1 \text{ cm}; & w_{t1} &= 9 \cdot q_N \cdot 550; \\ t &= 7 \delta_N; & a' &= \frac{3}{8} t; & w_{t2} &= 10 \cdot q_N \cdot 550. \\ & & u &= 2 \cdot (1,9 a + 2 a'); \end{aligned}$$

Blechstärke <i>s</i> mm	DIN-Niet- durchmesser δ_N/L mm	Nietquer- schnitt q_N cm ²	Teilung <i>t</i> mm	Randbreite		Nietreihen- abstand <i>a'</i> mm	Laschen- breite <i>u</i> mm	Gleitwiderstand je Teilung <i>w_t</i>	
				<i>a</i> mm	0,9 <i>a</i> mm			1)	2)
16, 17, 18	22/23	3,801	154	34	31	58	362	18815	20905
19, 20, 21	25/26	4,908	175	39	35	66	412	24260	26950
22, 23, 24, 25	28/29	6,157	196	43	39	74	460	30445	33825
26, 27, 28, 29	31/32	7,547	217	48	43	82	510	37325	41470
30, 31, 32	34/35	9,079	238	52	47	90	558	44895	49885
33, 34, 35, 36	37/38	10,752	259	57	51	98	608	53210	59125
37, 38, 39	40/41	12,566	280	61	55	105	652	62200	69113

1) Je Teilung: $n = 9$, obere Hälfte der Abb. 1485.

2) Je Teilung: $n = 10$, untere Hälfte der Abb. 1485.

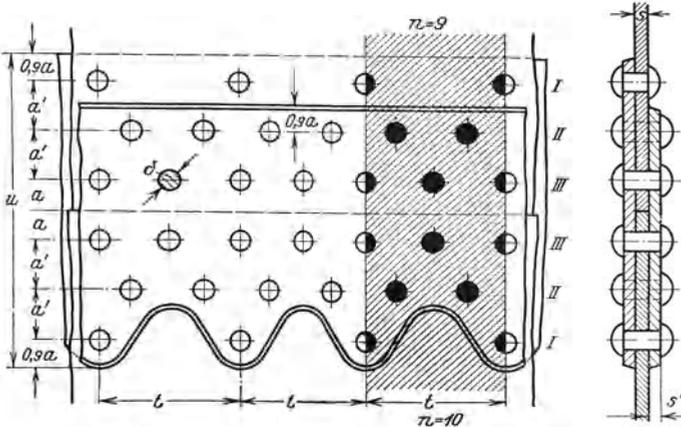


Abb. 1485. Dreireihige Doppelaschennietnaht.

An den Stellen, wo Längs- und Quernähte zusammentreffen, entsteht ein Stoß von drei Blechen (Dreiplattenstoß). Ausführungsbeispiele derartiger Stöße zeigt Abb. 1486 nach *E. Broschat*, *Der Behälterbau* (Leipzig 1926, Spamer). Bei überlappter Naht wird das in der Mitte liegende Blech ausgeschärft, so daß ein allmählicher Übergang entsteht (Fig. a). Ist eine Längsnaht gelascht (Fig. b), so wird das eine Laschenende keilförmig ausgeschmiedet. Vierplattenstöße sollen vermieden werden (Fig. c), indem die Längs- oder Hochnähte um mindestens vier bis fünf Teilungen versetzt werden. Beispiele zeigen die Fig. d—g.

Kupferbleche lassen sich erst von etwa 7 mm ab verstemmen. Bei dünnen Blechen erfolgt die Abdichtung durch Weichlötung (Einbrennen). Ferner gestattet die leichte Bearbeitbarkeit des Kupfers bei dünnen Blechen ein Umlegen des äußeren Bleches zur Überlappung (Durchsetzen) derart, daß die Innenfläche vollständig glatt wird. Die Kupferriete für nicht verstemmbare Nähte haben meist versenkte, flache oder schwach gewölbte Köpfe.

Die verstemmbaren Kupfernähte sind denen für Stahlblechnietung ähnlich, jedoch werden die Teilungen meist enger gewählt.

Die Schweißnähte werden dadurch gebildet, daß man die zu verbindenden Blechkanten auf Temperaturen, die in der Nähe des Schmelzpunktes liegen, erhitzt und mit oder ohne Ausübung von Druckkräften homogen ineinander übergehen läßt. Man unterscheidet: 1. Stumpf-, Keil- und verwandte Feuerschweißungen. Gütegrade (Verhältnis der Festigkeit der Schweißnaht zur Festigkeit des vollen Bleches) für Stahlblechnähte etwa 0,3–0,6. Stumpfschweißung ist weniger zuverlässig. Keilschweißung ist nur für starke Bleche notwendig. — 2. Überlappte Feuerschweißungen (Hammer- oder Preßschweißung:

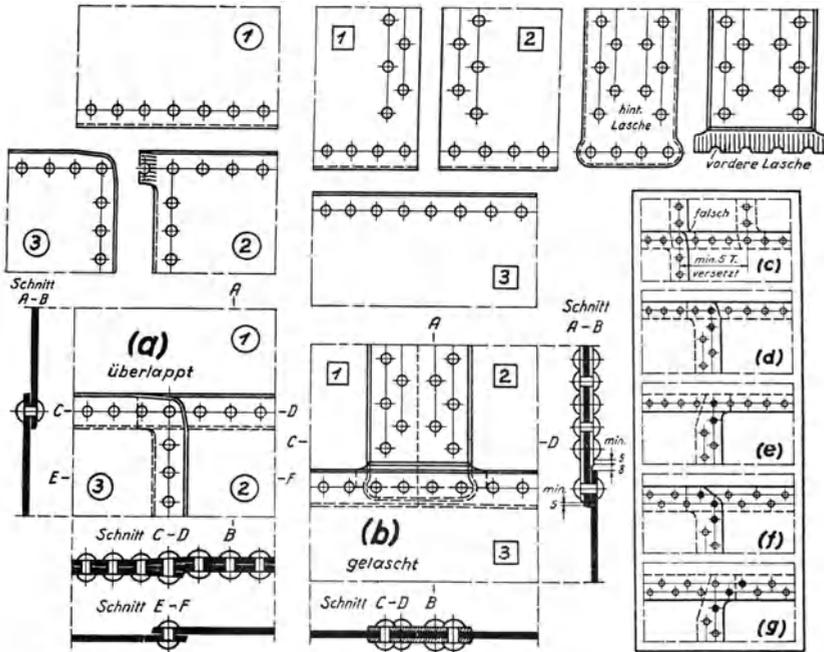


Abb. 1486. Dreiplattenstöße.

Vereinigung in teigigem Zustand unter Druck), Koks- oder Wassergasschweißung. Gütegrad = 0,7, bei Vorhandensein besonderer Einrichtungen zur Erzeugung hochwertiger Arbeit bei Koksfeuerschweißung bis 0,8, bei Wassergasschweißung bis 0,9. — 3. Elektrische Stumpfschweißung. Gütegrad hängt von den jeweiligen Umständen ab. — 4. Schmelzschweißung (mit Gas oder Elektrizität). Gütegrad = 0,5–0,7, bei Ausbesserungsarbeiten und hochwertiger Ausführung bis 1,0.

Die Schmelz- oder Autogenschweißung ist infolge ihrer Einfachheit und Billigkeit besonders beliebt und wird je nach der Lage der Bleche als Stumpf- oder Winkelschweißung ausgeführt. Eisenbleche bis etwa 2 mm werden gebördelt, ohne Spiel aneinandergelagt und durch Niederschmelzen der Bördelränder ohne Verwendung von Schweißdraht verbunden. Bleche von 2–5 mm

werden ohne Vorbereitung mit Spiel von $\frac{1}{4}$ der Blechstärke unter Zulegen von Schweißdraht geschweißt. Bei einer Blechstärke von über 5 mm werden die Blechkanten unter einem Gesamtwinkel von $60-90^\circ$ zur Bildung einer Schweißmulde abgeschrägt, wobei $\frac{1}{4}$ der Blechstärke rechtwinklig stehen bleibt. Bleche über 10 mm werden vor dem Schweißen zweckmäßig X-artig auf beiden Seiten abgeschrägt. An der Stoßstelle bleiben die Kanten 2–3 mm rechtwinklig stehen. Beim Schweißen abgeschrägter Bleche muß an der Stoßstelle ein Abstand von 2–3 mm vorhanden sein. Überlappungen sollen möglichst vermieden werden, da sich die Bleche beim Schweißen abheben. Bei der Winkelschweißung wird in der Regel nur eine Kante abgeschrägt.

Bei der Durchführung dichter Schweißungen an dicken Blechen, die im neuzeitlichen Apparatebau infolge der Notwendigkeit, unter hohen Drücken zu arbeiten, immer häufiger werden, sind besondere Vorsichtsmaßnahmen anzuwenden. Dicke Bleche schweißt man in der Regel elektrisch. Die beim Schweißen auftretenden Spannungen sind geringer, wenn möglichst wenig Schweißgut in die Naht einzutragen ist. Die der X-Naht ähnliche Doppel-Tulpennaht bringt gegenüber der schmalen V-Naht Ersparnisse an Schweißgut bis zu 25 Proz. Die X-Naht hat jedoch bei der Herstellung hochwertiger Schweißnähte den Nachteil, daß bei ihr Fehler in der Nahtwurzel schwerer zu beseitigen sind. Das Aushauen oder Ausschleifen der Nahtwurzel an X-Nähten ist besonders bei dicken Blechen schwierig und kostspielig. Aus diesen Gründen gibt man oft der Tulpen- oder der V-Naht den Vorzug. Bei der selbsttätigen Schweißung wird eine Naht mit senkrechten Flanken gewählt. Der Abstand zwischen den Flanken ist so groß zu nehmen, daß die Elektrode einwandfrei arbeiten kann, ohne daß der Lichtbogen nach den Seiten abspringt. Die Kanten der Naht können gedreht oder gehobelt werden. Will man jede mechanische Bearbeitung vermeiden, so kann man die Kanten mit dem Brenner schneiden, sofern der Kohlenstoffgehalt der Bleche 0,3 Proz. nicht überschreitet.

Schweißungen an dicken Blechen sollen in einem Zuge, also ohne zwischenzeitliche Abkühlung, hergestellt werden. Dabei arbeitet man am besten bei einer Temperatur des zu schweißenden Stückes von 200° , indem man die Umgebung der Naht vor Beginn des Schweißens mit Gas- oder Ölbrennern erwärmt. Die oberen Lagen einer tiefen Naht kann man im allgemeinen dann rißfrei schweißen, wenn es gelingt, die unterste Wurzellage, die zum Schluß wieder fortgeschliffen wird, rißfrei zu legen. Beim Schweißen mit sehr dicken Elektroden bilden sich leicht Risse und übermäßige Schrumpfspannungen. — Beim Einschweißen starkwandiger Stützen muß auf die richtige Reihenfolge beim Schweißen der einzelnen Nähte geachtet werden.

Die Schwierigkeiten beim Schweißen starkwandiger Bleche steigen mit der Dicke der Bleche, so daß nur besonders erfahrene Betriebe solche Arbeiten zuverlässig durchführen können. (Nach *H. Aureden*, Z.VDI 1937, S. 1080.)

Während früher nur unlegierte Flußstahlbleche als gut schweißbar galten, werden auch heute Stahlbleche höherer Festigkeit und legierte Stähle, beispielsweise auch molybdän- und kupferlegierte Stähle, einwandfrei verschweißt. Geschweißte Werkstücke für hohe Beanspruchungen, wie für Dampffässer (s. d.), müssen nach Fertigstellung der letzten Schweißnaht sachgemäß normalgeglüht werden, damit unerwünschte Spannungen beseitigt werden.

Kupfer und seine Legierungen schweißt man hauptsächlich mit der Acetylen-Sauerstoff-Flamme, während die Lichtbogenschweißung für Kupfer noch in der Entwicklung begriffen ist. Bei der Herstellung von Schweißnähten ist die Ersparnis an Kupfer durch den Fortfall der bei der Nietung erforderlichen Überlappungen besonders wertvoll. Unmittelbar heißen Feuergasen ausgesetzte Schweißnähte aus Kupfer halten bei sorgfältiger Ausführung oft länger als Nietnähte. Bei der Herstellung von Kupferschweißnähten entsteht an der Schweißstelle ein Gußgefüge mit geringer Festigkeit, die in ungehämmertem Zustand nur etwa 50 Proz. der Zugfestigkeit von Walzkupfer beträgt, sich jedoch durch Hämmern bis auf etwa 90 Proz. bringen läßt. — Messing-Schweißnähte erreichen eine Festigkeit von etwa 75 Proz. der Zugfestigkeit von weichem Walzmessing. Sie dürfen jedoch nicht gehämmt werden, da Messing in rotwarmem Zustand sehr spröde ist. (Siehe auch *C. Stieler*, Z.VDI 1936, S. 657.)

Blei schweißt man mit dem Kohlelichtbogen oder mit dem Gasbrenner, wobei Bleidraht zugesetzt wird. — Nickel und Nickellegierungen lassen sich durch Schweißung mit der Gasflamme oder mit dem Lichtbogen verbinden. Während Reinnickel schwer schweißbar ist, lassen sich Nickellegierungen besser schweißen.

Für die Herstellung von Aluminiumschweißnähten sind mehrere Verfahren entwickelt worden. Nähte von geglühten Aluminiumblechen sind nahezu ebenso fest wie der Grundwerkstoff. Das grobe Gußgefüge der Schweißnaht läßt sich durch Nachbehandlung verbessern. Bei halbharten und harten Blechen hat die Schweißnaht nur die Festigkeit des geglühten Werkstoffs. Durch Hämmern der Nähte und der benachbarten Zonen läßt sich die ursprüngliche Festigkeit nahezu wieder erreichen. — Nicht aushärtbare Aluminium-Knetlegierungen der Gattung Al-Mg lassen sich ebenso wie Reinaluminium gut schweißen.

Da die Güte der Schweißnaht meist von der Gewissenhaftigkeit und Geschicklichkeit des Schweißers abhängt, legt man die Naht möglichst so, daß sie als Außenschweißung ausgeführt und daher jederzeit nachgesehen oder nachgeschweißt werden kann, falls Fehlerstellen auftreten sollten. Die Außenschweißung kann meist besser und billiger ausgeführt werden als die Innenschweißung.

Die Schweißnähte sind immer so zu legen, daß Bieungsbeanspruchungen nicht auftreten können. Die Ränder von Deckeln und Böden müssen daher möglichst soweit umgebördelt werden, daß die Schweißnaht nicht an der Krümmung, sondern auf der Zylindermantelfläche liegt. An Druckgefäßen sind Eckschweißungen überhaupt nicht zulässig. An genieteten Gefäßen soll nicht geschweißt werden, da die Nähte dadurch gefährdet werden. Schweißnähte von Stahlblechen setzt man möglichst nicht der unmittelbaren Einwirkung von Flammen aus. Die Schweißung von Kupfer und Aluminium ist im Vergleich mit der Schweißung von Stahl wegen der höheren Wärmeleitfähigkeit und der leichten Oxydierbarkeit schwieriger auszuführen.

Die Schweißnaht hat infolge ihrer leichten, billigen und schnellen Herstellung, der dabei erzielten Gewichtsverminderung und ihrer vielseitigen Anwendbarkeit in den letzten Jahren die anderen Verbindungsarten in zunehmendem Maße verdrängt. — Zwei Ausführungsformen einer Schweißnaht zwischen Mantel und gewölbtem Boden eines Apparats zeigt Abb. 1487 nach *H. Schrö-*

der (Chem. Apparatur 1934, S. 21). Bei der Bauart *a* sind Boden und Mantel innen und außen durch Kehlnähte verschweißt. Besser ist jedoch die Form *b*, da sie Werkstoff und Arbeit erspart. Die Ausführungsart *c* ist nur für offene oder drucklose Behälter brauchbar. Die Naht nach der Form *d* eignet sich

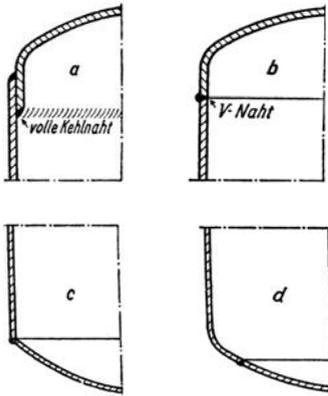


Abb. 1487.

Schweißnähte für gewölbte Böden.

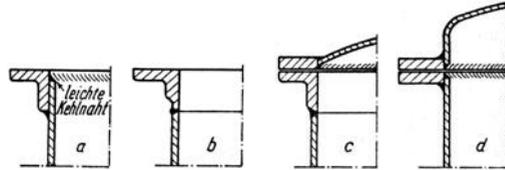


Abb. 1488. Schweißnähte an Winkelringen.

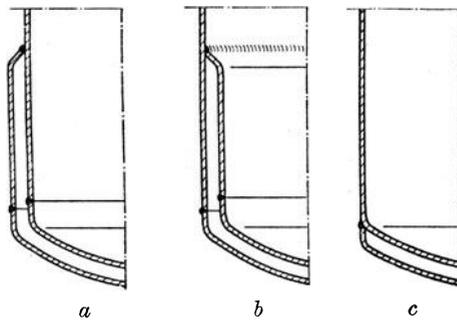


Abb. 1489. Schweißnähte an Doppelböden.

für Überdrücke bis 0,5 at. — Häufig ist im Apparatebau eine Naht zwischen einem Mantel und einem Winkeleisen oder einem Flacheisenring, besonders zur Bildung eines Flansches, erforderlich. Mehrere geschweißte Verbindungen dieser Art sind auf Abb. 1488 dargestellt. Die teure Verbindung nach *a* ist mit zwei Kehlnähten hergestellt. Einfacher sind die Nähte der Ausführungsarten *b* und *c*. Der bei *c* dargestellte Tellerboden besitzt an Stelle des üblichen schwachen Bordes einen angeschweißten stärkeren Flacheisenring, durch den eine besser abdichtbare Verflanschung geschaffen werden soll. Nach der Ausführung *d* lassen sich auch Verschraubungen beiderseits mit Flacheisenringen herstellen.

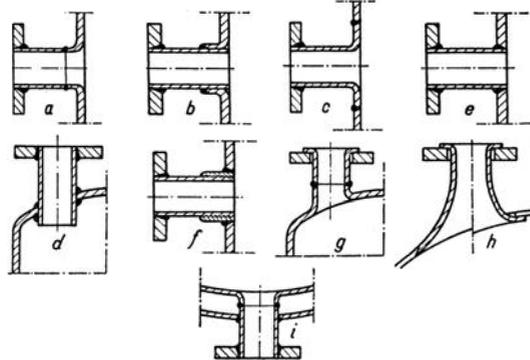


Abb. 1490. Schweißnähte an Stützen.

Auch die Nähte zur Bildung der im Apparatebau häufig erforderlichen Doppelböden und -mäntel (s. d.) stellt man meist durch Schweißen her, wie Abb. 1489 in drei Ausführungsbeispielen zeigt, und zwar einen nach außen

verlegten Doppelmantel *a*, die billigere Form *b* mit nach innen verlegtem Doppelmantel und einen einfachen Doppelboden nach *c*. Besonders deutlich erscheint die Überlegenheit von geschweißten Nähten bei der Herstellung von Stutzen (s. d.) und ihrer Verbindung mit Apparaten. Eine Reihe guter Ausführungen ist auf Abb. 1490 dargestellt. Am häufigsten finden sich die Bauarten nach *d* und *e*. Für kleine Durchmesser empfiehlt sich die Ausführungsart *f* mit eingeschweißter Gewindemuffe. Für Apparate aus Nichteisenmetallen eignen sich die Formen nach *g* und *h*. Die Nähte zur Durchführung eines Stutzens in einem Apparat mit Doppelboden zeigt die Ausführung *i*. (Siehe auch *H. Schröder*, Chem. Apparatur 1934, S. 21.)

Die leichte und billige Herstellung von Schweißnähten gibt auch die Möglichkeit, im Kessel- und Behälterbau abweichende Nahtformen in wirtschaftlicher Weise anzuwenden, wie beispielsweise die auf Abb. 1491 dargestellte, aus schräg geschnittenen Schüssen gebildete Spiralnaht (Chem. Apparatur 1933, S. 36). Es entstehen dabei zwar längere Nahtstrecken aber entsprechend geringere Beanspruchungen der Längeneinheit der Naht, so daß man die volle Blechfestigkeit in die Rechnung einsetzen und auf eine Zugabe zur Blechdicke verzichten kann.

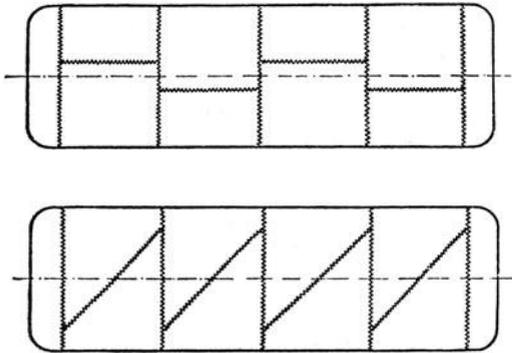


Abb. 1491.

Spiralschweißte Nähte an einem Behälter.

Gelötete Nähte werden besonders für dünne Messing- und Kupferbleche mit Weich- oder Hartlot ausgeführt. Weichlotnähte für Blechstärken bis etwa 3 mm werden meist gefalzt und in den

Fugen verlötet, wozu die entsprechenden Blechstellen vorher verzinkt werden. Für größere Beanspruchungen werden verlötete Doppelfalze, Überlappungen und ähnliche Verbindungen verwendet. Zur Verstärkung von Rändern dienen Flacheisen oder Drahteinlagen. Das Lot ist um so besser, je mehr Zinn es enthält. Bei der Hartlötung schmilzt das Lot mit der äußeren Schicht der Bleche zusammen, so daß die Festigkeit der Naht größer ist als die der Weichlötung. Die zu verlötenden Blechränder werden zugeschärft und entweder glatt oder mit eingehauenen, versetzt angeordneten Lappen geschränkt zusammengefügt und glatt gehämmert.

Lit. (s. auch bei Behälter): *E. Höhn*, Schweißverbindungen im Kessel- und Behälterbau (Berlin 1935, Julius Springer). — Internationale Beratungsstelle für Carbid und Schweißtechnik, Sammelwerk der Autogenschweißung. Bd. 1, Rohrleitungsbau; Bd. 2, Apparate- und Behälterbau; Bd. 4, Schweißen der Nichteisenmetalle (Halle a. d. S. 1932/34, Marhold). — Anleitung zum Gas-Schmelzschweißen, I. Teil (Berlin 1932, Verlag Deutscher Ausschuß für techn. Schülwesen). — *Th. Kautny*, Leitfaden für Acetylschweißer (11. Aufl., Halle a. d. S. 1935, Marhold). — *P. Schimpke*, Die neueren Schweißverfahren. Werkstattbücher, Heft 13 (Berlin 1932, Julius Springer). — *W. Burstyn*, Das Lötten. Werkstattbücher, Heft 28 (Berlin 1927, Julius Springer). — *E. Klosse*, Das Lichtbogenschweißen. Werkstattbücher, Heft 43 (Berlin 1937, Julius Springer). — *H. Born*, Die Schweißung des Kupfers und seiner Legierungen (Berlin 1928, Julius Springer). —

F. Kagerer, Das autogene Schweißen und Schneiden (Berlin 1923, Julius Springer). — *P. Schimpke* u. *H. Horn*, Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik (Berlin 1926/30, Julius Springer). — *P. Bardtke*, Gemeinfaßliche Darstellung der gesamten Schweißtechnik (2. Aufl., Berlin 1931, VDI-Verlag). — *W. Eckermann*, Die Anwendung der autogenen und der elektrischen Schweißung beim Bau und bei der Ausbesserung von Dampfkesseln und Dampffässern (Hamburg 1925, Hanseat. Verlagsanstalt). — *K. Miller*, Elektrische Lichtbogenschweißung (2. Aufl., Leipzig 1932, Hirzel). — *O. Wundram*, Die elektrische Lichtbogenschweißung, ihre Hilfsmittel und ihre Anwendung (Hamburg 1925, Hanseat. Verlagsanstalt). — Ausgewählte Schweißkonstruktionen. Bd. 3, Rohrleitungs- und Behälterbau. Bearb. von *Holler* u. *Fink*, herausg. und gesammelt vom Fachausschuß für Schweißtechnik im VDI (Berlin 1932, VDI-Verlag). — Acetylen-Sauerstoffschweißung, herausg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (2. Aufl., Berlin 1933, Beuth-Verlag). — *Th. Kautny*, Handbuch der autogenen Metallbearbeitung (3. Aufl., Halle a. d. S. 1927, Marhold). — Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Schweißens und Schneidens, herausg. von *W. Rimarski*, 1.—10. Folge 1927 (Halle a. d. S. 1927/35, Marhold). — *R. Malisius*, Die Schrumpfung geschweißter Stumpfnähte (Braunschweig 1936, Vieweg). — *W. Fink*, Lichtbogentheorie für Elektroschweißer (Braunschweig 1936, Vieweg). — *F. Bollenrath*, Eigenspannungen bei Lichtbogen- und Gasschmelzschweißung (Berlin 1934, Julius Springer).

Thormann.

Lit. Chem. Apparatur: *E. Golz*, Über Hartlötnähte für Kupferblechverbindungen und ihre Unzulässigkeit für kupferne Dampffässer (1914, S. 305). — *W. Bergs*, Über die Anwendung der autogenen Schweißung beim Bau chemischer Apparaturen (1919, S. 9). — *H. Schneider*, Über die Anwendung der autogenen Schweißung beim Bau chemischer Apparaturen (1919, S. 41, 50). — *G. Hönnicke*, DIN-Niete für den Kessel- und Apparatebau und die Bemessung der Nietnähte (1925, S. 83, 107, 116). — *Holler*, Der Wasserabscheider für Hochdruckdampf und die Ausführung von Schweißnähten (1927, S. 28). — *H. Schröder*, Schmelzschweißung und Schweißkonstruktionen im chemischen Apparatebau. Ein Rückblick auf den Entwicklungsgang der autogenen und elektrischen Metallbearbeitung (1933, Beil. Korr., S. 29, 34, 41); Über Schmelzschweißung der legierten Stähle und der Nichteisenmetalle (1934, Beil. Korr., S. 1, 5, 9); Neuzeitliche Schweißkonstruktionen im chemischen Apparatebau (1934, S. 21); Ausführung von Schmelzschweißnähten und ihre Bewertung und Prüfung (1934, S. 61).

Naßklassierer und Naßsortierer. Kohle, Erz¹⁾ und andere in großem Maßstabe verwertete Mineralien, wie Graphit, Feldspat, Kaolin oder auch Farberden usw., kommen in der Natur meist nicht unmittelbar verwendbar vor; auch die bei vielen Arbeitsprozessen anfallenden Neben- oder Zwischenprodukte sind gewöhnlich nicht ohne weiteres verarbeitbar, sondern bedürfen einer besonderen Behandlung, die den nachfolgenden endgültigen Verarbeitungsvorgang wirtschaftlicher gestaltet oder ihn aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen überhaupt erst ermöglicht. Diese Behandlungsverfahren, die eine Anreicherung der nutzbaren Bestandteile bzw. die Entfernung unerwünschter Bestandteile eines Stoffes bezwecken und besonders in neuerer Zeit auch für die chemische Industrie immer mehr an Bedeutung gewinnen, fallen unter den Begriff Aufbereitung.

¹⁾ Beide fallen zwar aus dem Rahmen des Handbuches, doch ist gerade ihre Aufbereitung Hauptverwendungsgebiet der hier zu behandelnden Vorrichtungen und wird, entsprechend abgewandelt, wohl in steigendem Maße auf Stoffe der eigentlichen chemischen Technik angewendet.

I. Allgemeine Übersicht.

Im allgemeinen ist bei der Aufbereitung, abgesehen von verschiedenen Hilfsarbeiten (hierher gehört auch das Dekantieren [s. Dekantierapparate]), zu unterscheiden zwischen dem Klassieren, d. i. die Trennung nach der Korngröße (Klassen), dem Sortieren, d. i. die Trennung nach den Bestandteilen oder dem Gehalt (z. B. in Erz und Gangart [Berge], in Kohle und Letten oder in verschiedene Erze usw.), und dem Läutern (Abläutern), d. i. das Waschen. Klassieren und Sortieren kann auf trockenem oder nassem Wege geschehen, wobei die physikalischen (spez. Gewicht, Benetzbarkeit, Magnetismus usw.) oder die chemischen Eigenschaften der Bestandteile der behandelten Stoffe die Trennung ermöglichen. Das Läutern, das meist mit Wasser geschieht, kann sowohl als vorbereitende Arbeit für die Klassierung als auch für die Sortierung dienen; u. U. kann es aber auch unmittelbar eine Abführung feineren Kornes, also ein Klassieren, oder (z. B. bei mit Ton verunreinigten Erzen) eine Trennung nach Sorten, also ein Sortieren, bezwecken und steht daher begrifflich zwischen dem Klassieren und dem Sortieren.

A. Klassieren im engeren Sinne heißt die Trennung nach Korngrößen bei Anwendung der nassen Verfahren, im weiteren Sinne aber auch bei Anwendung der trockenen Verfahren.

1. Trockenklassierung erfolgt durch ebene oder geneigte Roste (s. d.) (Stangen- oder Stabroste in Band- oder Trommelform, auch Scheibenspalt-, Rollen- oder maschenbewegliche Roste) oder durch Siebe (s. Siebvorrichtungen), wobei letztere feststehende ebene oder schräge Plansiebe oder mechanisch bewegte Stoß-, Schwing-, Zitter- oder Bandsiebe sein können. Die Trockenklassierung ist bei der Erzaufbereitung als vorbereitende Arbeit für die nassen Verfahren wichtig und hat auch besonders für die Aufbereitung der Braunkohle vor dem Brikettieren große Bedeutung.

2. Naßklassierung wird in der Hauptsache für Korngrößen unter 1—2 mm angewendet; man unterscheidet Gleichfälligkeitsklassierung (Stromklassierung) und mechanische Naßklassierung.

a) Die Gleichfälligkeitsklassierung macht sich die Tatsache zunutze, daß sich Körper von verschiedener Form, Größe und verschiedenem spez. Gew. beim freien Fall im Wasser verschieden verhalten, da die Fallgeschwindigkeit durch den Auftrieb und den Wasserwiderstand je nach Form, Größe und spez. Gew. verschieden stark vermindert wird. Läßt man z. B. ein Gemisch von Körnern mit verschiedenem Durchmesser, aber gleichem spez. Gew. in einem Gefäß mit Wasser niederfallen, so sinken die größeren Körner schneller, die kleineren langsamer, so daß sich die größten zu unterst absetzen, die anderen nach Größenklassen abgestuft darüber. Es können aber auch Körner verschiedenen spez. Gew. trotz ihrer verschiedenen Korngröße mit gleicher Geschwindigkeit fallen (gleichfällig sein), wenn der Unterschied der spez. Gew. durch die Korngröße ausgeglichen wird. Wenn somit auch die Korngrößen in der einzelnen Gleichfälligkeitsschicht entsprechend der Verschiedenheit der spez. Gew. voneinander abweichen, so nehmen doch (im ganzen betrachtet) die Korngrößen in den aufeinanderfolgenden Schichten gesetzmäßig ab. Die Trennung nach der Gleichfälligkeit ist daher als Klassierung anzusehen. Die Trennung der einzelnen gleichfälligen Körnerschichten voneinander erfolgt am einfachsten durch die Einwirkung eines horizontalen Wasserstromes auf die

fallenden Körner, da hierdurch die einzelnen Größenklassen neben- bzw. hintereinander auf den Boden des Gefäßes zu liegen kommen. Die Wirkung des horizontalen Wasserstromes wird durch Leisten (Schwelleisten) oder trichterförmige Vertiefungen am Boden des Wassergefäßes (Spitzkästen, Spitzlutten) unterstützt. Da die Geschwindigkeit eines Wasserstromes nie über den ganzen Querschnitt gleichmäßig ist, ist eine vollständig genaue Klassierung auf diese Weise nicht möglich. Die Genauigkeit der Trennung kann aber bei Verarbeitung von Sanden durch Einführung eines aufsteigenden Wasserstromes, der den freien Fall stark bremst und die Zeit für die Trennung verlängert, erhöht werden. Apparate, in denen eine Klassierung in dieser Weise vorgenommen wird, heißen Stromapparate. Diese können jedoch auch zum Sortieren verwendet werden. Besonders bei der Steinkohlenaufbereitung und der Fabrikation von Pigmenten bedient man sich in letzter Zeit vielfach der sog. Hydroseparatoren. Wenn diese auch andere Abmessungen und Wassergeschwindigkeiten aufweisen als die sonst üblichen Stromapparate, so entsprechen sie doch grundsätzlich den Stromvorrichtungen. Auch die Schwerflüssigkeitsverfahren gehören in gewissem Sinne hierher, z. B. das *Chance*-Verfahren, das mit einer Aufschlammung von Feinsand und Wasser arbeitet, oder das nach der Grube, auf der es zuerst angewendet wurde, genannte *Sophia-Jakoba*-Verfahren (im Auslande unter dem Namen *Barvoys*-Verfahren bekannt), bei dem eine Schwerspat-Ton-Aufschlammung in Wasser angewendet wird, oder das in Amerika weit verbreitete Schwerluftverfahren (*Air-sand-process*). Letzteres arbeitet zwar „trocken“, da ein Sand-Luft-Gemisch verwendet wird, doch wirkt dieses Gemisch, dessen spez. Gew. etwa um 1,6 über dem der Kohle liegt, wie eine Schwerflüssigkeit, auf der die Kohle schwimmt.

b) Bei der mechanischen Naßklassierung wird, im Gegensatz zur reinen Gleichfälligkeitsklassierung, das zu klassierende Material nicht einfach nur einem gleichmäßigen Wasserstrom ausgesetzt, sondern auch mechanisch durchgearbeitet, um das feinste Gut (bis zu einer bestimmten Korngrenze) abzusondern. Ein besonderer Vorteil der mechanischen Naßklassierung besteht in der Möglichkeit der Zusammenarbeit mit Zerkleinerungsapparaten in geschlossenem Kreislauf, wobei sich die Zwischenschaltung von Transportvorrichtungen erübrigt.

B. Sortieren kann auf trockenem oder auf nassem Wege geschehen.

1. Die Trockensortierung besteht im „Scheiden“, wobei mit einem Hammer von den rohen Erzstücken (Haufwerk) das taube Gestein soweit als möglich abgeschlagen und beseitigt wird, und im „Klauben“, wobei man auf Lesetischen (Klaubtischen) oder auf Lesebändern unhaltige (taube) Stücke aus dem Haufwerk ausklaubt. Beide Verfahren haben naturgemäß nur begrenzte Anwendungsmöglichkeit, sind aber trotzdem in manchen Fällen, z. B. bei der Kupferschiefereaufbereitung, noch immer von großer Bedeutung. — Zur Trockensortierung ist neben einigen anderen, heute kaum mehr angewandten Verfahren auch die magnetische Aufbereitung (soweit sie trocken durchgeführt wird) zu rechnen, bei der mit Hilfe von Magneten verschieden stark magnetische Erze voneinander oder von unmagnetischer Gangart getrennt werden. Anwendung findet dieses Verfahren z. B. bei der Aufbereitung von Eisen-, Nickel-, Kobalt- usw. Erzen, sowie zur Rückgewinnung von Kohle und Koks aus eisenhaltigen Feuerungsrückständen durch Entfernen der Rückstände.

Von überragender Bedeutung sind

2. die Naßsortierungsverfahren: die Setzarbeit, die Herdarbeit und ganz besonders die Schwimmaufbereitung (Flotation).

a) Bei der Setzarbeit wird meist klassiertes Gut, und zwar von etwa 0,25 bis höchstens 50 mm, verarbeitet. Die Körner stehen dabei unter der Einwirkung bewegten Wassers und werden nach dem spez. Gew. geschieden. Dies geht in der Weise vor sich, daß das auf einem Sieb in einem Wassergefäß (Setzkasten, Setzfaß) liegende Gut durch wiederholte Wasserstöße gehoben wird und nach jedem Stoß auf das Sieb zurückfällt. Da hierbei z. B. bei gleichfälligen Körnern das kleinere, spez. schwerere Korn eine größere Geschwindigkeit bekommt als das größere, spez. leichtere, geht das schwerere Korn auch schneller durch das Sieb hindurch und wird unter diesem ausgetragen, während das leichtere Korn (z. B. die Gangart) durch einen horizontalen Wasserstrom oberhalb des Siebes abgeführt wird. Die Vollständigkeit der Trennung hängt nach *Finkey* von dem Verhältnis der relativen (d. h. um 1 verminderten) spez. Gew. der einzelnen Bestandteile ab. — Für jede Kornklasse ist eine besondere Setzmaschine erforderlich; demnach unterscheidet man zwischen Grobkornsetzmaschinen (zu verarbeitendes Gut kommt meist direkt von den Klassiersieben), Mittelkornsetzmaschinen (zu verarbeitende Sande kommen meist aus Stromapparaten) und Feinkornsetzmaschinen. Nicht klassiertes Gut wird zunächst in Vorsetzmaschinen vorsortiert und dann in Nachsetzmaschinen verarbeitet. — Setzmaschinen werden entweder mit festem Sieb (wobei das Wasser durch einen in einem Raum neben der Sieb- abteilung liegenden Kolben od. dgl. bewegt wird) oder mit bewegtem Sieb (z. B. Stauchsieb) gebaut. Bei der letztgenannten Ausführung, die sich durch geringen Wasserverbrauch auszeichnet, wird das Sieb durch eine Hebelvorrichtung in das Wasser gestoßen (gestaucht); solche Maschinen heißen Stauchsietzmaschinen. Schließlich sind auch verschiedene kolbenlose Konstruktionen mit festem Sieb in Anwendung, bei denen die Wasserbewegung z. B. durch Pendelflügel oder durch stoßweises Einpressen von Druckluft hervorgerufen wird; diese sog. Luftsetzmaschinen werden besonders bei der Steinkohlenaufbereitung verwendet.

b) Bei der Sortierung von Mehlen oder von Schlämmen (Korn unter 1 mm bzw. unter 0,25 mm), die wegen des gewöhnlich hohen Hundertsatzes von „Haltigem“ von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung ist, tritt an Stelle der Setzarbeit die Herdarbeit. Der Herd besteht aus einer schwach (meist nicht über 8°) geneigten, ebenen oder flach kegelförmigen, glatten oder gerillten Fläche, über die gleichzeitig mit der Trübe Frischwasser fließt („Trübe“ nennt man ein Gemisch von Erzschlamm und Wasser; bei der Herdarbeit enthält sie gewöhnlich 1—2 kg Schlamm auf 10 l Flüssigkeit). Hierbei findet eine Trennung nach dem spez. Gew. statt, indem, da es sich hier um gleichfälliges Korn handelt, die spez. schwereren (kleineren) Körner sich auf der Herdfläche absetzen oder sich langsamer vorwärts bewegen, während die spez. leichteren (größeren) Teilchen vom Wasserstrom mitgeführt werden. — Die Herde werden eingeteilt in (mit Unterbrechung arbeitende) Vollherde (so genannt, weil sie sich während des Betriebes mit einer dicken Materialschicht belegen, also „voll“ werden) und in (ununterbrochen arbeitende) Leerherde (so genannt, weil nur eine dünne Materialschicht gebildet wird, sie also „leer“ bleiben). Bei beiden Gruppen unterscheidet man feststehende und bewegte

Herde und bezeichnet die bewegten nach der Art der Bewegung als Stoß-, Schüttel-, Wurferde usw. Nach der Größe des Kornes, das verarbeitet wird, werden unterschieden: Sand- und Schlammherde, nach der Gestalt der Herdfläche: Rund- und Planenherde, wobei die ersteren Kegel- oder Trichterherde sein können, während zu den letzteren auch Tafelherde und Herde mit endlosem Band zählen. Im allgemeinen sind bewegte ebene Herde für die Verarbeitung gröberer, Stoß- und Rundherde für Verarbeitung feineren Materiales besser geeignet; für feinste Schlämme verwendet man, soweit die Herdarbeit überhaupt in Frage kommt, meist stehende Rundherde. — Im allgemeinen ist zu sagen, daß sowohl Herd- als auch Setzarbeit in neuerer Zeit immer mehr durch die Schwimmaufbereitung verdrängt werden, da dieses Verfahren den anderen in vieler Hinsicht weit überlegen ist. Die Schwimmaufbereitung eignet sich nicht nur für allerfeinstes, sondern auch für gröberes Gut, wobei das Ausbringen und der Grad der Anreicherung wesentlich höher sind als bei anderen Verfahren. Einen weiteren, sehr bemerkenswerten Vorteil bildet die Einfachheit des Arbeitsganges, die es gestattet, mit verhältnismäßig einfacher Apparatur große Massen zu bewältigen; dementsprechend sind natürlich auch die Anlage- und Bedienungskosten niedrig.

c) Die Schwimmaufbereitung (Flotation) beruht auf dem verschiedenen großen Schwimmvermögen fein zerkleinerter Mineralien, das in der Hauptsache durch die verschiedene Benetzbarkeit durch Wasser, durch den Auftrieb, durch die Einwirkungen an den Grenzflächen zwischen festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen und durch kolloidchemische bzw. elektrostatische Vorgänge beeinflusst wird. Das spez. Gew. scheint dabei gar keine oder nur eine geringe Rolle zu spielen, denn es kommt häufig vor, daß gerade spez. schwerere Stoffe aufschwimmen und die leichteren zu Boden sinken. Bei manchen Stoffen ist die Benetzbarkeit so gering (d. h. die Schwimmfähigkeit so groß), daß die Teilchen ohne jede Behandlung oder lediglich durch Einwirkung einer dünnen Luftschicht (Luftbläschen), welche die Teilchen umhüllt, auf der Wasseroberfläche schwimmen (reine Schwimm- bzw. Filmschwimmverfahren). Andere Mineralien werden durch Zugabe von Öl unbenetzbar gemacht, wobei das Öl an manchen Teilen haftet (z. B. an Erz), an anderen (z. B. an Gangart) nicht (Ölschwimmverfahren). Es besteht ferner auch die Möglichkeit, den Auftrieb der Teilchen durch Adhäsion an Gase, die man aus den Mineralien selbst, z. B. durch Behandlung in saurer Flüssigkeit, erzeugen kann, zu erhöhen (Gasschwimmverfahren). Alle diese Verfahren wurden jedoch durch das Schaumschwimmverfahren verdrängt und haben heute so gut wie gar keine Bedeutung mehr; dies geht soweit, daß man unter der Bezeichnung „Schwimmaufbereitung“ (Flotation) gewöhnlich nur das Schaumschwimmverfahren versteht. Bei diesem wird in der mit Öl oder (meist) mit anderen Flotationsmitteln versetzten Trübe durch kräftiges Umrühren und durch Einführen von Luft ein Schaum erzeugt, d. h. die Luftbläschen umgeben sich mit einer Ölhaut, vereinigen sich mit den ebenfalls geölten Körnern des Mineralies und sammeln sich in dem an die Oberfläche steigenden Schaum, während die Gangartteilchen, an denen eine Ölhaut nicht adsorbiert ist, zu Boden sinken. Der Schaum wird abgezogen, mit Wasser „aufgebrochen“ (in seinem Volumen stark verkleinert), durch Schleudern, Filterpressen (bes. Vakuumfilterpressen haben sich bewährt) usw. entwässert und danach getrocknet. — Je nachdem, ob es sich darum handelt, z. B. Erz von Gangart

oder nutzbare Mineralien von Verunreinigungen bzw. mehrere Stoffe voneinander zu trennen, spricht man von „kollektiver“ bzw. „selektiver“ (differenzieller) Flotation. — Von größter Wichtigkeit für die Betriebsergebnisse ist die Wahl der richtigen Flotationsmittel. Man unterscheidet: 1. Schwimmmittel, d. s. Schäumer, die die Bildung tragfähigen Schaumes ermöglichen (z. B. ätherische Öle, wie Pine-, Kiefer-, Eucalyptusöl, oder Steinkohlen- bzw. Holzdestillationsprodukte, wie Kreosole und Kreosotöle); Sammler, d. s. Reagenzien, die sich an den Mineralien niederschlagen, dadurch das Wasser verdrängen und das Anhaften der Teilchen an die Luftblasen und damit das Aufschwimmen ermöglichen (am häufigsten werden verwendet: Steinkohlenteeröle und Paraffine oder Xanthate, Alkaliolate u. dgl.); Sammler-Schäumer (wie z. B. Amine und Phenole), die sammelnde und schäumende Wirkung haben. — 2. Zusätze, d. s. teils „drückende“ (passivierende) Reagenzien (wie z. B. Cyanide, Natriumsulfit, Natronlauge, Soda usw.), die bestimmten Mineralien vorübergehend die Schwimffähigkeit nehmen; teils „belebende“ (aktivierende) Reagenzien (wie z. B. Kupfersulfat, Schwefelnatrium usw.), die die Wirkung der drückenden Zusätze aufheben.

Bei den zur Schaumschwimmaufbereitung verwendeten Apparaten unterscheidet man solche, in denen 1: der Schaum durch mechanische Rührer erzeugt wird (Rührapparate); 2. die Schaumerzeugung durch Druckluft erfolgt (Druckluftapparate), wobei die Luft entweder direkt einströmt (Freiluftapparate, auch Luftheber genannt) oder zur Erzeugung vieler kleiner Bläschen durch poröse Steine, Gewebe u. dgl. eingeführt wird (pneumatische Apparate); 3. kombinierte Rühr-Druckluftapparate (in neuerer Zeit besonders verbreitet, da sie die Vorteile der beiden vorgenannten Typen miteinander vereinigen).

Die Schwimmaufbereitung, die sich ursprünglich nur auf wenige Stoffe (sulfidische Erze, Graphit, Kohle) beschränkte, findet heute auch Anwendung auf oxydische Erze, Carbonate, Phosphate, auf Schwerspat, Flußspat, Baryt, Kryolith, Magnesit, Kaolin, Bauxit usw. Auch für die Aufbereitung von Schwermetallsalzen (Kassiterite, Chromite), sowie von Abfällen der metallverarbeitenden Industrie, für die Trennung natürlich vorkommender Salzmische und für die Reinigung von Farberden, Chemikalien usw. ist die Schwimmaufbereitung von großer, oft ausschlaggebender Bedeutung geworden.

C. **Läutern** kann im bloßen Abspülen mit Wasser bestehen, wenn es sich nur darum handelt, z. B. Erze von durch Wasser leicht löslichen Verunreinigungen (Humus, Erde, Staub) zu befreien oder feines Korn zu beseitigen. Ist jedoch ein Material von durch Wasser schwer löslichen Bestandteilen (Lehm, Letten, Ton) zu reinigen, so genügt ein bloßes Abspülen nicht; es werden dann besondere Waschtrommeln mit Messern u. dgl. benutzt. Häufig wird mit der Läuterung eine Klassierung verbunden.

II. Ausführungsbeispiele.

Naßklassierer. Die Stromapparate dienen im allgemeinen zum Absondern (Klassieren), u. U. aber auch zum Sortieren von Feinkorn und Mehl bis Schlammfeinheit aus den Schlämmen der Läutertrommeln, Klassiersiebe usw. nach der Gleichfälligkeit. Eine weit verbreitete Ausführung ist der Stromapparat der Humboldt-Deutz Motoren A.-G., Köln (Abb. 1492). Hier wird der Trübestrom

über einen hölzernen, quer zur Gefluterrichtung auf einem spitzkastenähnlichen Behälter liegenden Rost geleitet, der die Geschwindigkeit des horizontalen Stromes verringert, wodurch der vollständige Niederschlag der feineren Teile aus der Trübe gefördert wird. Der Unterwasserstrom tritt durch *a* in den Austragsraum *b* und durch *c* in den Trichter (Menge und Geschwindigkeit des Wassers können durch Hahn *d* geregelt werden). Ein zweiter Strom wird durch *f* zugeführt, stößt gegen die Querwand *g*, wird nach unten abgelenkt und beeinflusst den aufsteigenden Wasserstrom. Durch Rohr *i* wird das klassierte Gut ausgetragen. In der Austragsöffnung steckt ein durchbohrter Holzpflock, durch den der Ausfluß erfolgt. Bei Verstopfungen kann durch Entfernung dieses Pflockes, sowie der Pflöcke bei *k* und *b* der Auslaufquerschnitt vergrößert werden. Die am Ende des Stromapparates übertretende Trübe fließt Eindickern u. dgl. zur weiteren Verarbeitung zu. — Größe und Anzahl der zusammenarbeitenden Stromapparate richtet sich nach der Beschaffenheit und Menge der zu verarbeitenden Schlammtrübe. Im allgemeinen sind soviel Apparate nötig, wie Herde und Setzmaschinen beschildet werden müssen.

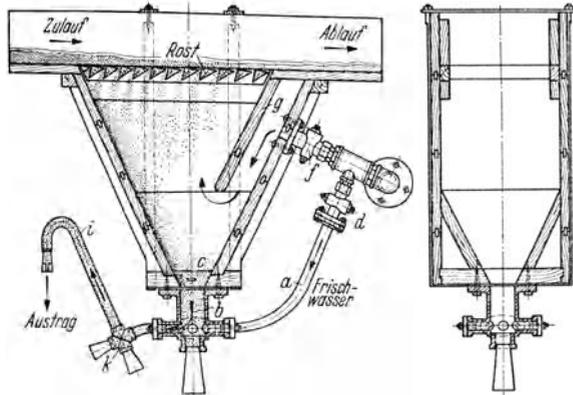


Abb. 1492. Stromapparat (Humboldt-Deutz).

Zur Klassierung eines Gutes von etwa 0,15 mm Korngröße nimmt man häufig Rechenklassierer (Abb. 1493, 1494, Ausführung der Westfalia-Dinnendahl-Gröppel A. - G., Bochum). Ein solcher besteht aus einem rechteckigen Behälter mit ansteigendem Boden, in dem die größeren Bestandteile der Trübe zu Boden sinken und durch einen mechanisch bewegten Rechen (Schrapper) aus-

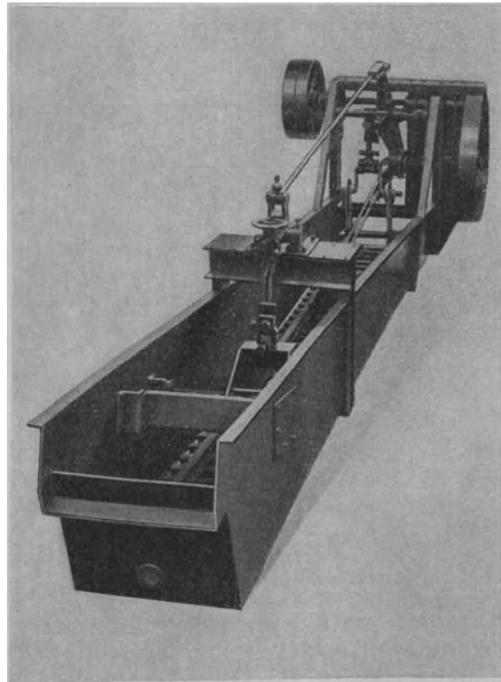


Abb. 1493. Rechenklassierer (Westfalia-Dinnendahl-Gröppel).

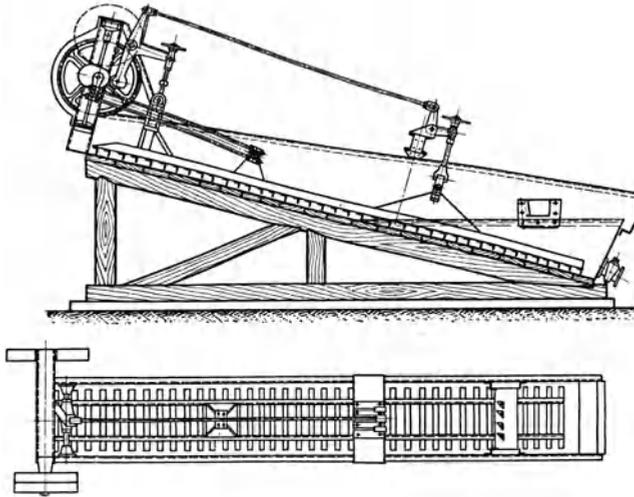


Abb. 1494. Rechenklassierer (Schnitt u. Draufsicht; Westfalia-Dinnendahl-Gröppel).

getragen werden, während der feine Schlamm über die Überlaufkante des Behälters abfließt. Der Austrag des gröberen Materials erfolgt in der Weise,

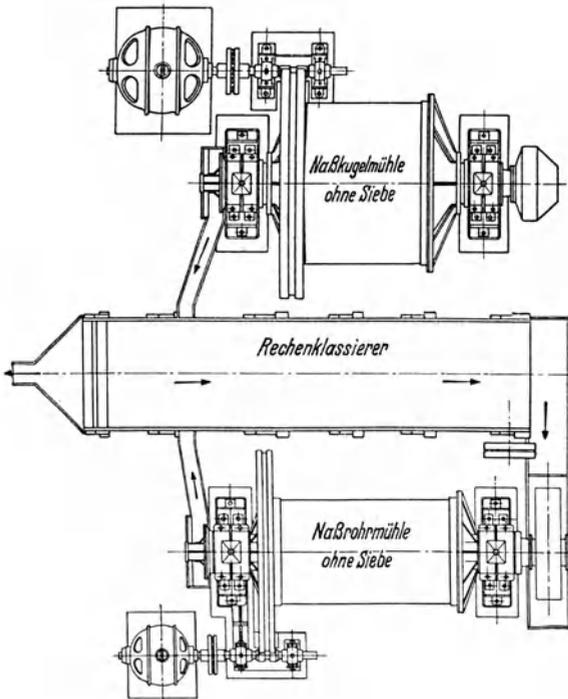


Abb. 1495. Rechenklassierer, mit Mühlen zusammenarbeitend (Humboldt-Deutz).

daß der Rechen bei der Aufwärtsbewegung nahe dem Boden entlang geführt wird und dabei die abgesetzten Sande mitnimmt, während er bei der Abwärtsbewegung angehoben wird. Die Trübe wird, nahe dem unteren Ende des Behälters, durch eine in Höhe des Wasserspiegels liegende Verteilungsrinne zugeführt; dabei wählt man die Dichte der Trübe so, daß sie eine dicke Flüssigkeit bildet, aus der nur der grobe Sand ausgeschieden wird, während der Schlamm in Schwebelag bleibt. Durch Veränderung der Dichte der Trübe kann der Gang der Klassierung geregelt werden. — Rechenklassierer sind besonders zur Zusammenarbeit mit Zerkleinerungsmaschinen, z. B. mit Kugelmühlen od. dgl., geeignet (Abb. 1495),

werden aber auch als Doppelklassierer (Abb. 1496) oder z. B. von der Dorr Gesellschaft m. b. H., Berlin, als Quadruplex-Apparat mit vier Rechen ausgeführt.

Wenn es sich um die Klassierung von Feinschlämmen unter 0,15 mm Korngröße bzw. um ein in sehr dünner Trübe vorliegendes oder sehr schlammhaltiges Gut handelt, verwendet man vorteilhaft Schüsselklassierer, die eine sehr reine Abtrennung des Sandes vom feinsten Schlamm gestatten. Die Bauart der Dorr Gesellschaft (Abb. 1497) ähnelt im wesentlichen dem einfachen Rechenklassierer. Wie dort ist der Hauptbestandteil ein Behälter mit ansteigendem Boden, in dem sich ein Rechen bewegt. Zur feineren Klassierung ist hier jedoch die Überlaufkante verlängert und zu einer Schüssel umgeformt. Die Trübe wird einer im Mittelpunkt der Schüssel angebrachten

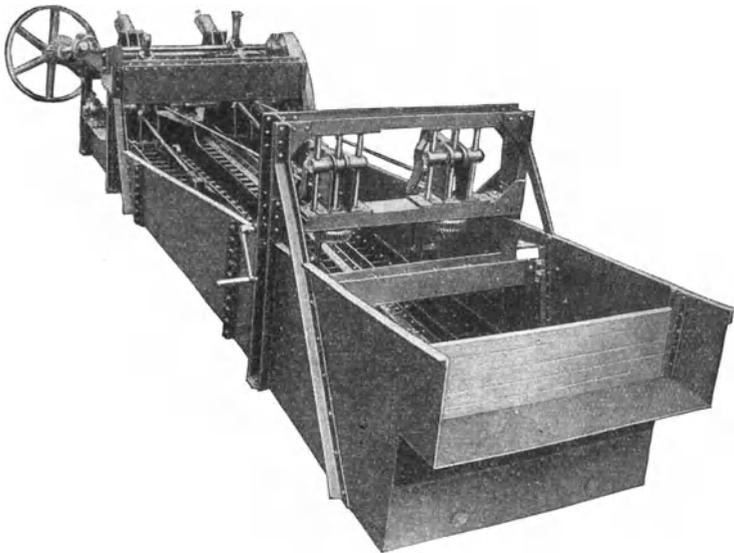


Abb. 1496. Doppelklassierer (Krupp-Gruson).

Eintragsvorrichtung zugeführt, von der aus sie sich über die Schüssel verteilt. Die feinen Schlämme gelangen am Umfang der Schüssel in die Überlaufrinne, während die auf dem Boden sich absetzenden gröberen Teile durch eine Krählvorrichtung allmählich der Austragsöffnung in der Mitte des Schüsselbodens zugeführt und durch diese in den Klassiertrog befördert werden.

Naßsortierer. Die bereits vor 200 Jahren bekannten Setzmaschinen haben trotz aller Neuerungen und technischen Fortschritte im Aufbereitungswesen auch heute noch nicht ihre Bedeutung als Vorrichtung zur Anreicherung von Erzen verloren. Man baut sie in verschiedenen Ausführungen (Kolben- und Stauchsetzmaschinen) als Vor- (für Korn von 45—30 mm), Grobkorn- (30—10 mm), Mittelkorn- (10—3,5 mm), Feinkorn- und Sandsetzmaschinen (3,5—0 mm) und ordnet je nach Art und Zusammensetzung des zu verarbeitenden Haufwerkes zwei, drei und mehr Siebteile (Stufen) bzw. Siebe an, oder man baut sie auch als stufenlose Setzmaschinen mit einem einzigen durchgehenden

Sieb. Zu bemerken ist noch, daß bei den Feinkornsetzmaschinen die aus-sortierten, spez. schwereren Teile durch die Maschen des Setzsiebes (durch das Bett) gehen, sich unter dem Siebe im Setzkasten sammeln und von

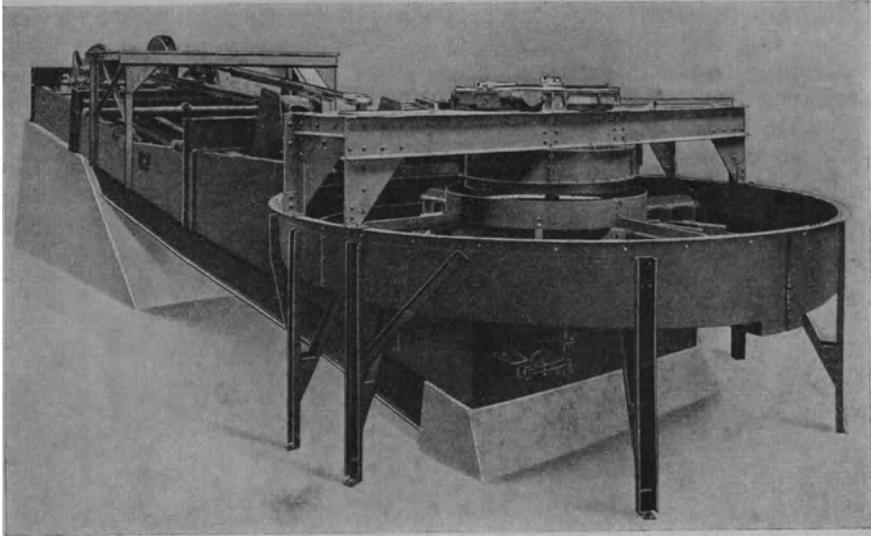


Abb. 1497. Schüsselklassierer (Dorr).

dort ausgetragen werden; Feinkornsetzmaschinen heißen daher auch Bett-setzmaschinen. Bei den anderen Setzmaschinen erfolgt der Austrag über dem Bett durch Schieber, Rohr usw.

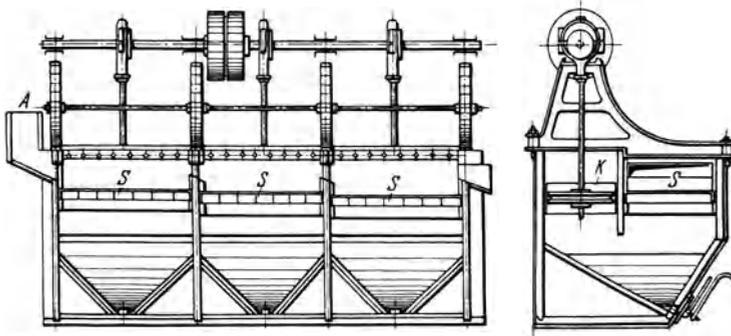


Abb. 1498. Dreistufige Stufen-Kolbensetzmaschine (Humboldt-Deutz).

Bei den Stufen-Kolbensetzmaschinen liegen die Siebe meist mit einem Höhenunterschied von 25—75 mm in den Siebteilen; jedes Sieb erhält das spez. leichtere Gut vom vorhergehenden, das Unhaltige geht über die Kante des letzten Siebes in die Bergerinne.

Ein Beispiel für eine mehrstufige Stufen-Kolbensetzmaschine geben Abb. 1498 und 1499. Der Setzkasten wird meist aus Holz hergestellt; besonders be-

anspruchte Stellen sind durch auswechselbare Holzfutter geschützt. Der Antrieb der Kolben *K* erfolgt durch Exzenter. Der Austrag findet, wie erwähnt, bei Grob- und Mittelkornsetzmaschinen über dem Setzbett durch ununterbrochen arbeitende Austragsvorrichtungen statt, während das durch

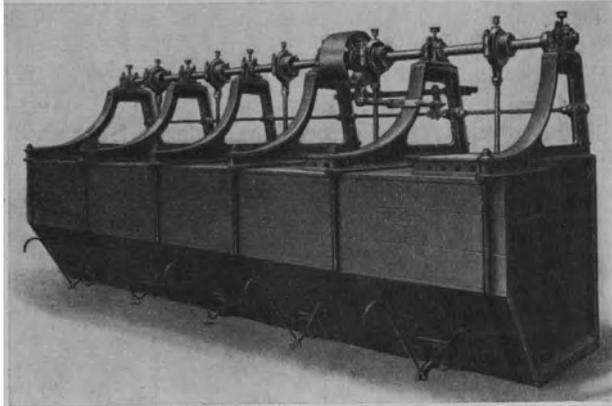


Abb. 1499. Fünfstufige Stufen-Kolben-setzmaschine (Humboldt-Deutz).

das Bett gesetzte Feingut der Feinkornsetzmaschinen durch Steigrohre ausgetragen wird. Die Trübe tritt in Abb. 1498 ununterbrochen bei *A* ein und gelangt durch die Kolbenbewegung in die erste Siebteilung hinüber. Hier wird das Siebgut immer wieder durch das Sieb *S* gedrängt und sinkt durch

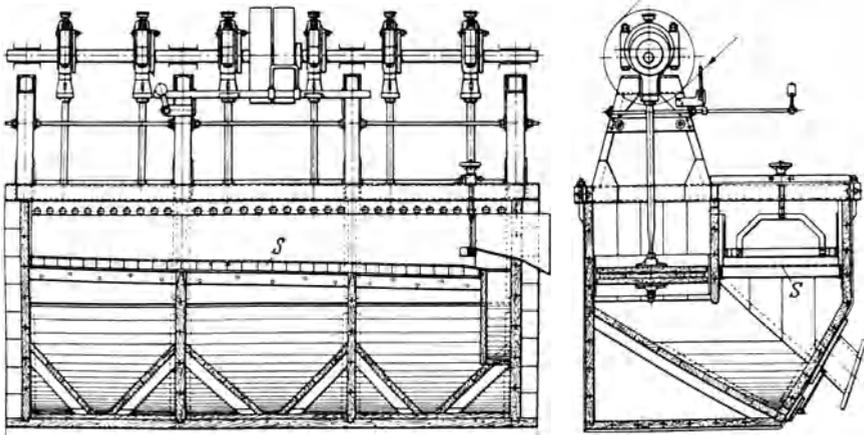


Abb. 1500. Stufenlose Kolben-setzmaschine (Humboldt-Deutz).

dieses wieder zurück, wobei die oben geschilderte Sortierung nach dem spez. Gew. stattfindet. Infolge des stetigen Trübezuflusses treten die spez. leichteren Teile des Setzgutes durch einen Schlitz auf das nächste Sieb, wo sich der Vorgang wiederholt; die spez. schwereren Teile bleiben zurück und werden ausgetragen.

Bei den Stufen-Kolbensetzmaschinen wird die bereits vollzogene Sortierung des Gutes durch die Zwischenwände (Stufen) nicht nur unterbrochen, sondern es wird beim Übergang von einer Abteilung zur anderen auch eine Aufwirbelung und teilweise Wiedervermischung der bereits getrennten Erzkomponenten herbeigeführt, so daß die Setzarbeit des vorhergehenden Siebes zum Teil wiederholt werden muß. Um diesen Nachteil zu beseitigen, hat z. B. die Humboldt-Deutz Motoren A.-G. stufenlose Kolbensetzmaschinen (Abb. 1500) gebaut, in denen ein einziges, etwas geneigtes Sieb *S* über sämtliche Setzabteilungen hinweggeht. Hierdurch konnte eine erhebliche Steigerung der Leistung erreicht werden. Die stufenlosen Setzmaschinen eignen sich für die Verarbeitung einfacher und zusammengesetzter Erze als Durchsetzmaschinen für Feinkorn und als Austragsmaschinen für gröberes Korn bis 45 mm.

Die Stauchsetzmaschinen zeichnen sich vor den eben beschriebenen Maschinen mit Kolben und mit festem Sieb durch geringen Wasserverbrauch aus und werden daher be-

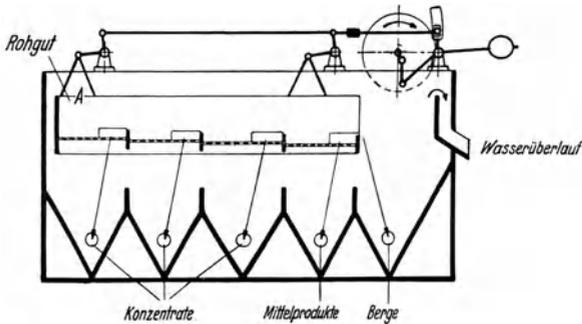


Abb. 1501.

Schema einer Stauchsetzmaschine (Krupp-Gruson).

sonders in wasserarmen Gegenden vorteilhaft verwendet; sie dürften sich aber im allgemeinen besser für Verarbeitung eines einfacheren Haufwerkes eignen, aus dem nur ein Erzbestandteil herausgesetzt werden soll, oder als Vortrennung in reiches und armes Zwischenprodukt und Berge. Abb. 1501 zeigt schematisch eine Ausführung

der Krupp-Grusonwerk A.-G., Magdeburg. In dem aus Holz oder Blech bestehenden Setztrog bewegt sich ein Siebkasten. Länge und Unterteilung des Siebkastens sowie des Siebtroges richten sich nach der Anzahl der gewünschten Produkte, dem Mengenanteil, den diese Produkte im Aufgabegut haben, usw. Das Heben und Senken des Siebkastens erfolgt durch eine einfache Kniehebelvorrichtung, durch die der Kasten schneller nach unten als nach oben bewegt wird. Außerdem erhält er bei jedem Hub eine (einstellbare) Vor- oder Rückwärtsbewegung. Das Setzgut tritt bei *A* ein, die einzelnen Produkte sammeln sich in den Trichtern (Spitzkästen) und werden in der üblichen Weise ausgetragen. — Ähnlich arbeitet die Hochleistungs-Stauchsetzmaschine von Humboldt-Deutz (Abb. 1502).

Die Herde dienen zur Sortierung von feinkörnigen Erzen und Erzschlammern. Wegen ihrer einfachen Bauart, Wirkungsweise und Wartung können sie im Gegensatz zu den Setzmaschinen auch von ungeschulten Arbeitern bedient werden, was mit ein Grund dafür ist, daß man neuerdings bei Erzen einfacher Art auch schon bei 3 mm Korn die Herdarbeit anwendet, während früher allgemein 0,5—0,75 mm als oberste Korngrenzen angesehen wurden.

Vollerde werden wegen der nötigen Betriebsunterbrechungen heute nur noch vereinzelt verwendet, während die Leerherde weite Verbreitung ge-

funden haben, besonders auch deshalb, weil sie sich bei entsprechender Bauart zur Verarbeitung sowohl von körnigen und sandigen Erzen als auch von Schlämmen eignen. Die gebräuchlichsten Ausführungen sind Rund-, Planenstoß-, Schnellstoß- und Wurfherde. Für die drei erstgenannten liegt die obere

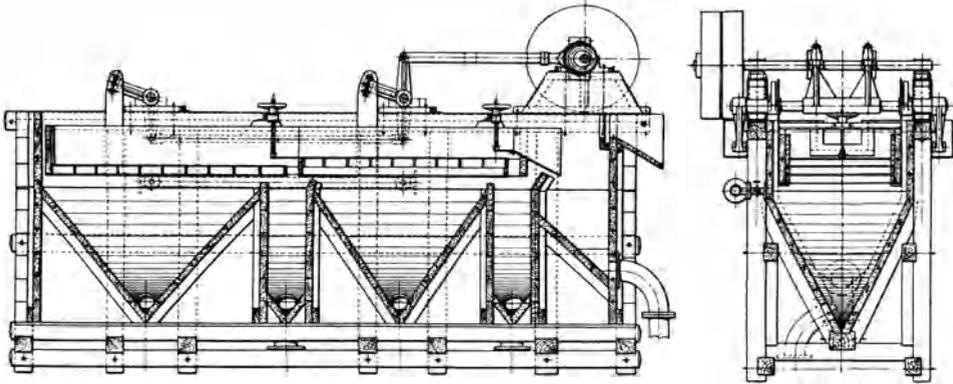


Abb. 1502. Langsiebige Hochleistungs-Stauchsetzmaschine (Humboldt-Deutz).

Grenze der Korngröße bei 200 Maschen/cm², für Wurfherde bei etwa 80 Maschen/cm². Wenn auch im allgemeinen, besonders wenn es sich um Aufbereitung von komplexen und stark verwachsenen Erzen handelt, soweit möglich, das Schwimmverfahren angewendet wird, so bedient man sich doch vielfach auch

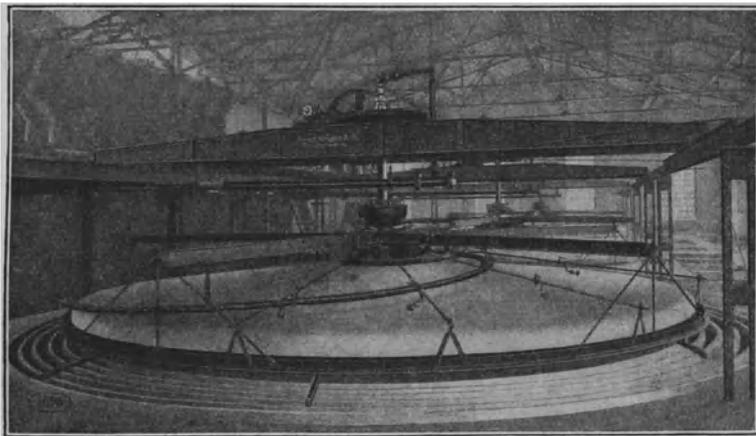


Abb. 1503. Rundherd mit feststehendem Herd (Krupp-Gruson).

noch der Herdarbeit, und zwar in solchen Fällen, in denen sich bei der Schwimmaufbereitung Schwierigkeiten technischer oder wirtschaftlicher Art ergeben.

Die Rundherde sind infolge ihrer großen, flachkegelförmigen, Arbeitsfläche zum Anreichern von feinsten und besonders von lettigen Erzschlämmen geeignet. Sie werden in zwei Ausführungen gebaut: in kleineren Abmessungen bis etwa 6 m Durchmesser mit umlaufender Herdtafel und feststehenden

Brausen, in größeren Abmessungen mit feststehender Herdtafel und umlaufenden Brausen (Abb. 1503). Der Durchmesser der Herdtafel und ihre Neigung, sowie die Drehgeschwindigkeit der Tafel oder der Brausen werden der Feinheit und sonstigen Beschaffenheit der zu verwaschenden Schlämme entsprechend gewählt. Die Neigung der Herdtafel gegen die Waagerechte beträgt etwa 1 : 12 bis 1 : 15. Die Trübe wird durch eine Verteilungsrinne oder durch eine Verteilungsplatte zugeführt, breitet sich auf der Arbeitsfläche gleichmäßig aus und wird dort mit dem den Läuterbrausen entströmenden Spülwasser überwaschen. Hierbei werden die unhaltigen Schlämme auf dem kürzesten Wege von der Herdtafel abgespült, während sich die schweren, haltigen Schlämme nach ihrer Dichte sondern und durch besondere Brausen in die Sammelrinne und in entsprechende Sümpfe abgespült werden.

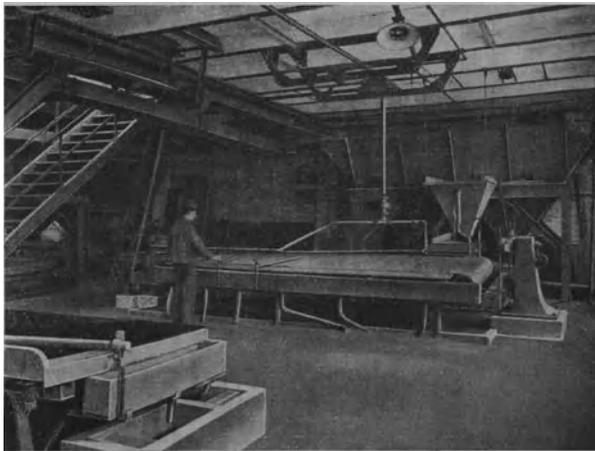


Abb. 1504. Planenstoßherd (Humboldt-Deutz).

Beim Planenstoßherd (Abb. 1504) ist der Herdrahmen an zwei gußeisernen Ständern aufgehängt. Auf dem Herdrahmen liegen zwei durch Spannvorrichtungen verschiebbare Holzwalzen, über die eine endlose Gummiplane mit veränderlicher Geschwindigkeit läuft. Das obere Planetrum ist über einen wasserbespülten Holztisch geführt, während das untere zur Vermeidung von Durchhang über Leitrollen gleitet. Ein auf der Antriebswelle angebrachter Hebedaumen führt gegen eine am Herdrahmen befestigte Stoßstange schnell aufeinanderfolgende Stöße aus, die sich auf den elastisch aufgehängten Herdrahmen übertragen. Die Trennung der Schlämme findet auf der umlaufenden Gummiplane statt, die eine von der Aufgabestelle nach dem Ende des Herdes zu ansteigende und nach der Produktrinne hin abfallende Herdfläche bildet. Über der Plane liegen schräglauende Brauserohrleitungen, die das zum Abspülen der Trübeteilchen erforderliche Klarwasser liefern. Die gute Trennung der Erzteilechen beruht dabei auf dem Zusammenwirken der durch den Herdrahmen auf die Gummiplane übertragenen schnellen Stöße mit der gleichförmigen Bewegung der Gummiplane. Durch Änderung von Stoßkraft, Hub, Planengeschwindigkeit und Längs- und Querneigung der Herdfläche kann der Tren-

nungsvorgang, je nach Zusammensetzung und Feinheit der Schlämme, beliebig beschleunigt oder verzögert werden. Gegenüber einem Rundherd hat der Planenstoßherd den Vorteil geringeren Raumbedarfes, niedrigerer Anlagekosten und geringeren Wasserverbrauches.

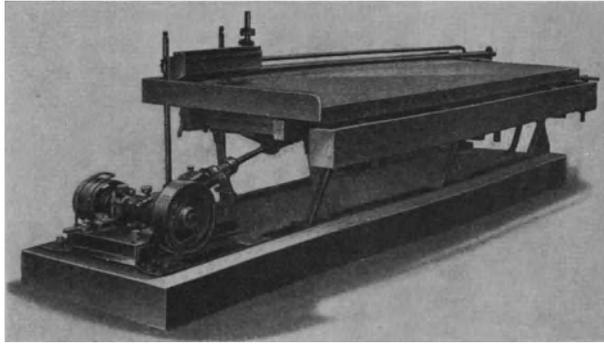


Abb. 1505. Schnellstoßherd (Humboldt-Deutz).

Die Wirkung der Schnellstoßherde (Abb. 1505 und 1506) beruht darauf, daß die in Quer- und Längsrichtung leicht geneigte Herdtafel durch schnell aufeinanderfolgende, kräftige Stöße in der Längsrichtung in eine schnelle, schwingende Bewegung versetzt wird, die eine Verschiebung der Erzmehle in der Stoßrichtung herbeiführt. Je feiner die zu verarbeitende Trübesorte, desto kleiner muß die Herdneigung in der Quer- richtung und desto größer die Stoßzahl in der Minute sein. Die mit Linoleum bespannte Herdtafel liegt dabei in der Stoßrichtung (Längsrichtung) schwach ansteigend, so daß sich die Erzschliche nach dem höher liegenden Ende bewegen müssen. Bei dieser einseitigen Verschiebung der Erzteilchen eilen die spez. schwereren schneller vor, so daß auch die Trennung der Erze unter sich erfolgt. Die Aufgabe der Trübe erfolgt aus einem Aufgabekasten, von dem aus sie sich quer über die mit Rillen versehene Herdtafel bewegen muß. Die Rillen sind in das Linoleum eingehobelt und an ihrer tiefsten Stelle mit einer Rundung versehen. Während die erzfreie Trübe und die Berge quer über die Rillen abgeschwemmt werden, wandern die Erzteilchen infolge der einseitig wirkenden Stöße in der Längsrichtung der schräg verlaufenden Rillen. Sie sammeln sich vor denselben zu einer breiten Erzschlichezone an und werden nach ihren spez. Gew. durch einen Klarwasserstrom getrennt, der sich über die ganze ebene Herdfläche ergießt. Die Bewegung der Herdtafel

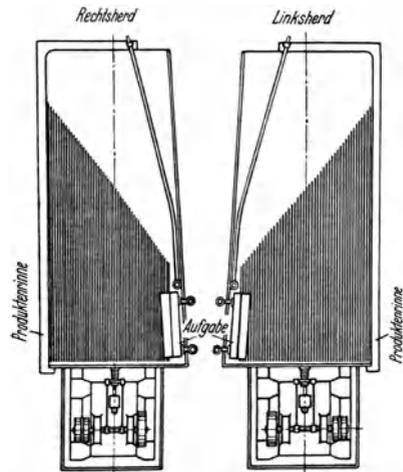


Abb. 1506. Aufstellung der Schnellstoßherde (Humboldt-Deutz).

erfolgt durch Exzenter in der Weise, daß der Vorschub langsam, das Zurückziehen rasch vor sich geht.

Beim Wurfherd (Abb. 1507) wird der Herdplatte durch Exzenterantrieb in der Längsrichtung eine hin- und hergehende und eine leicht auf- und ab-

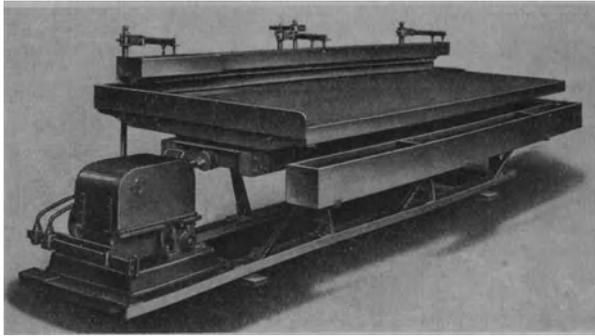


Abb. 1507. Wurfherd (Humboldt-Deutz).

schwingende Bewegung erteilt, wobei durch einen Winkelhebel die Geschwindigkeit der Herdplatte beim Hingang gleichmäßig beschleunigt und beim Rückgang nach plötzlicher Umkehr gleichmäßig verzögert wird. Diese eigenartige Bewegung der Herdplatte ergibt eine Wurfwirkung, die infolge der Auflockerung der Schlämme eine Verbesserung der Trennung und eine Erhöhung der Leistung zur Folge hat. Die Herdtafel ist aus Kiefernholz und mit einer Linoleumdecke bespannt, in die parallellaufende Rillen eingehobelt oder auf die (bei Großherden, die für die Verarbeitung größerer Körnung geeignet sein sollen) eigenartig geschweifte Holzleisten aufgenagelt werden. An der höherliegenden Längsseite der Herdtafel ist eine zweiteilige Rinne angeordnet, deren kürzerer Teil als Trübeaufgabe dient, während der längere Teil das Spülwasser für den Herd aufnimmt. Auf der gegenüberliegenden Seite der Herdtafel ist die Produktaufangrinne angebracht.

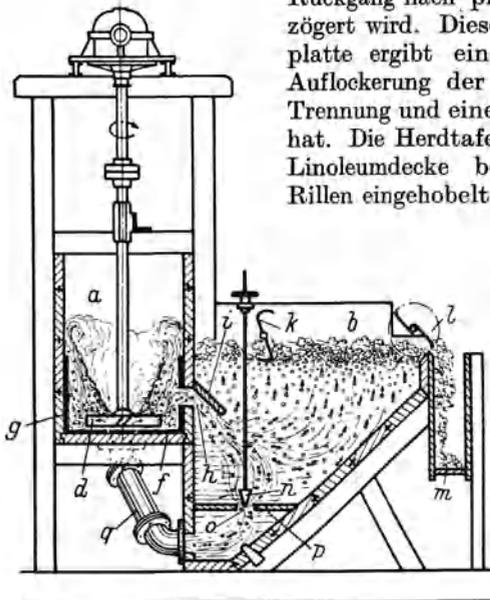


Abb. 1508. Standard-Apparat (Minerals Separation Ltd.). (Nach Mayer-Schranz, Flotation.)

fähigen Mineralien (Konzentraten) gegenüber den Bergen hoch ist, verwendet man häufig den Standard-Apparat der Minerals Separation Ltd., London (Abb. 1508), da er sich auch besonders für die Verarbeitung

Zum Schwimmen von Mineralien, wie Kohle und Graphit, bei denen der Anteil an schwimm-

groben Kornes eignet. Er gehört zu den reinen Rührwerksapparaten und ist aus mehreren Einzelzellen zusammengesetzt, deren Anzahl von der geforderten Leistung und den Schwimmeigenschaften des zu verarbeitenden Gutes abhängt. Eine solche Zelle besteht aus der zur Belüftung der Trübe dienenden Rührzelle *a* mit quadratischem Grundriß und einem vorgebauten, jedoch niedriger als die Rührzelle sitzenden Spitzkasten (Schaumabscheideraum) *b*, in dem sich der Schaum bildet und reinigt. In der Rührzelle bewegt sich ein Flügelrührer *d* aus verschleißfestem Guß mit einer Umfangsgeschwindigkeit von etwa 6—7 m/sek. Die Rührerflügel sind so geformt, daß sie die

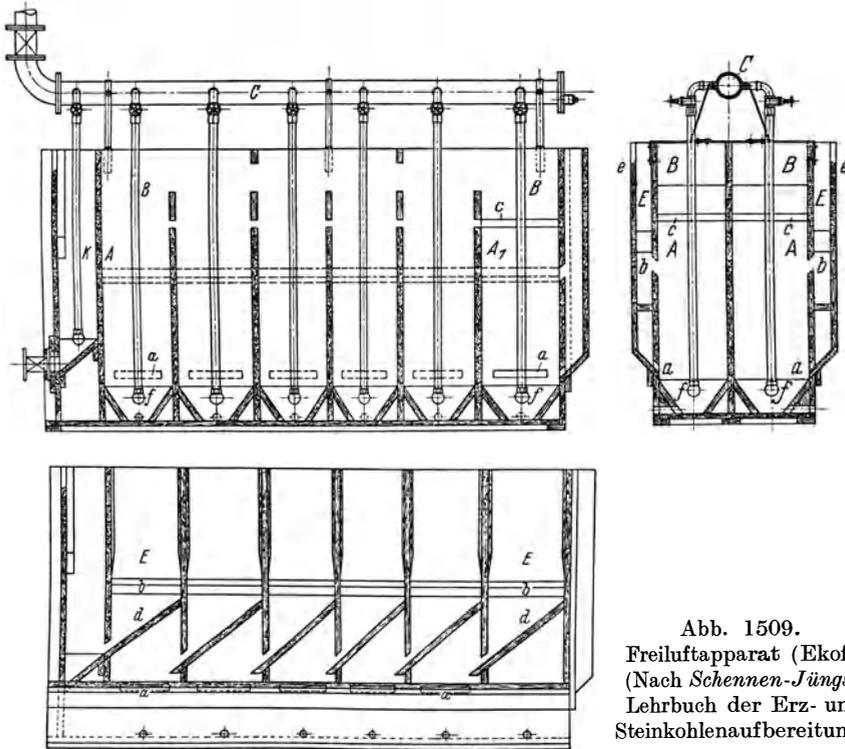


Abb. 1509.
Freiluftapparat (Ekof).
(Nach Schennen-Jüngst,
Lehrbuch der Erz- und
Steinkohlenaufbereitung.)

noch nicht erschöpfte Trübe der vorhergehenden Zelle ansaugen und eine genügende Durchmischung und Durchlüftung der Trübe bewirken. Boden *f* und Seitenwände *g* des meist aus Kiefernholz bestehenden Apparates sind mit auswechselbaren Verschleißbrettern oder -eisen ausgekleidet. Rührzelle *a* und Spitzkasten *b* sind durch einen Schlitz *h* miteinander verbunden, wobei eine über diesem liegende Kappe *i* die beim Trübeübertritt sich ergebenden Wirbelungen verhindert, da diese die Schaumdeckenbildung stören würden. Der gebildete und an der Oberfläche gesammelte Schaum wird durch s-förmige, sich drehende Bleche *k* und den Abstreicher *l* in die Schaumfangrinne *m* gedrückt. Der Spitzkasten ist mit der nächsten selbstansaugenden Rührzelle durch die mittels eines Striegels *n* verstellbare Öffnung *o* eines falschen Bodens *p* und durch das Rohr *q* verbunden. Die Höhe des Trübespiegels wird vor allem durch

den Striegel n eingestellt. Der Antrieb der einzelnen Rührerwellen ist als Gruppen- oder als Einzelantrieb ausgebildet.

Ein Beispiel für die sog. Freiluft- (Air-lift-) Apparate, bei denen die Schaum-erzeugung durch frei einströmende Druckluft erfolgt, ist der Ekof-Apparat (Erz-Kohle-Flotation G. m. b. H., Bochum) (Abb. 1509). Er besteht ebenfalls aus mehreren, oft bis zu 20 Zellen (Abb. 1510). Wie aus der Abbildung ersichtlich, sind den Rührzellen A Schaumkammern E in Gestalt schmaler Kästen vorgebaut. Durch ein Gerinne wird die Trübe in eine Vorkammer eingelassen und gelangt von hier durch die Schlitze a in die erste Rührzelle A_1 . Von der über dem Apparat verlegten Preßluftleitung C zweigen Rohre B ab, die in jede Zelle bis dicht über den Boden hinabreichen und am unteren Ende eine Düse f tragen, durch die die Luft in kleinen Bläschen austritt. Der sich

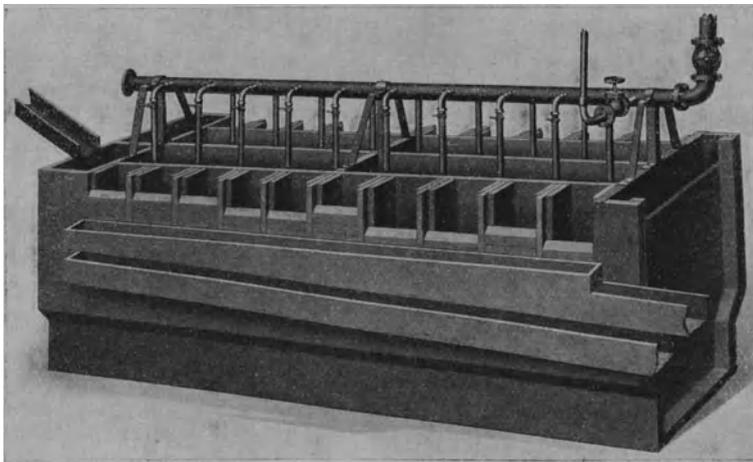


Abb. 1510. Freiluftapparat (20 Zellen; Ekof). (Nach Schennen-Jüngst.)

bildende Schaum gelangt durch die oberen Schlitze b in die Schaumkammern E , wobei die Höhe der Schaumsäule durch Einsatzleisten e für jede Zelle gesondert eingestellt werden kann. Der über die Oberkante in lange Rinnen abfließende Schaum wird, gesondert nach ärmeren und reicheren Produkten, abgeführt, während das in der Schaumkammer E ausfallende Gut mit der Trübe über die schrägen Einsatzbretter d in den unteren Teil der nächsten Schaumkammer und durch die Schlitze a in die nächste Rührzelle gelangt usw. Aus der letzten Schaumkammer treten die Abgänge (Berge) durch die Auslaufkammer K aus. Durch die oberen Schlitze c in den Querwänden stehen alle Kammern miteinander in Verbindung. — Die Apparate dieser Ausführung zeichnen sich durch Billigkeit der Anschaffung und durch Einfachheit der Bedienung und Überwachung aus. Der Kraftverbrauch ist natürlicherweise niedriger als bei den Rührwerksapparaten, da hier keine mechanisch bewegten Teile vorhanden sind. Die Freiluftapparate eignen sich besonders zum Schwimmen reicher Erze, und zwar vorwiegend, wenn es sich um feine Schlämme handelt; sie können aber auch bei verhältnismäßig geringen Abänderungen für Verarbeitung ärmerer Erze verwendet werden.

Für bestimmte Erze von feinerer Körnung ist die konstruktiv sehr einfache *Callow-McIntosh-Zelle* (Abb. 1511, 1512, 1513) geeignet. Hier tritt die zur Schaumerzeugung erforderliche Druckluft (0,1—0,25 at) durch einen mit Filtertuch oder neuerdings auch mit perforiertem Gummi bespannten Rotor sehr

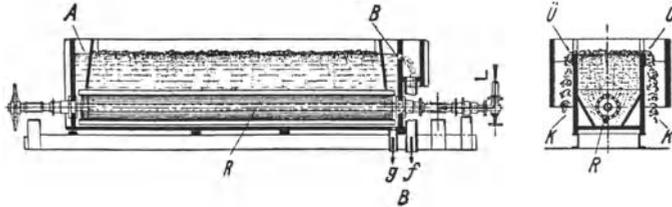


Abb. 1511. *Callow-McIntosh*-Schwimmapparat (Krupp-Gruson).

A Aufgabe	f feine Berge
R Rotor	Ü Konzentratüberlauf
B Bergeüberlauf	K Konzentrat
g grobe Berge	

fein verteilt in die Trübe ein. Zur Auflockerung der sich absetzenden Schlämme (die früher bei anderen Apparaten mit festem, porösem Boden große Schwierigkeiten bereiteten) ist der Rotor mit schaberähnlichen Formeisen versehen. Er bewegt sich mit etwa 15—20 U/min in einem Troge, dessen untere Seitenwände beiderseitig abgeschrägt sind. Jede Zelle besitzt am Austragsende einen durch Holzleisten zu regelnden Bergeablauf. Infolge der gleichmäßigen Belüftung der Trübe erhält man einen sehr tragfähigen Schaum, in dem auch verhältnismäßig schwere Erzteilchen haften bleiben.

Die kombinierten Rührwerk-Druckluftapparate, z. B. die von der Krupp-Grusonwerk A.-G. nach dem Vorbilde der Minerals Separation Ltd. gebaute Ausführung (Abb. 1514), werden mit gutem Erfolge für kollektive und selektive Schwimmaufbereitung sowohl von Erzen als auch (mit verhältnismäßig geringen Abänderungen) für Kohle verwandt, wobei das aufzugebene Gut gröber oder auch außergewöhnlich fein sein kann. Die Abbildung zeigt eine einzelne Zelle. In dem meist hölzernen Zellenkasten ist zur Verbesserung der Haltbarkeit eine Wanne aus verschleißfestem Guß eingebaut, die u. a. den Anschlußstutzen für die Trübezufußleitung enthält. In dem Kasten bewegt sich ein motorgetriebener (Einzelantrieb), mit Pumpenflügeln versehener Rührer. Um die durch die Rührerbewegung entstehenden Flüssigkeitswirbel zu brechen, und damit die aufsteigende Trübe zur Ruhe kommt und der Schaum ungehindert aufsteigen kann, ist über dem Rührer ein einfacher oder doppelter Beruhigungsrost vorgesehen. Die Luftzuführung er-

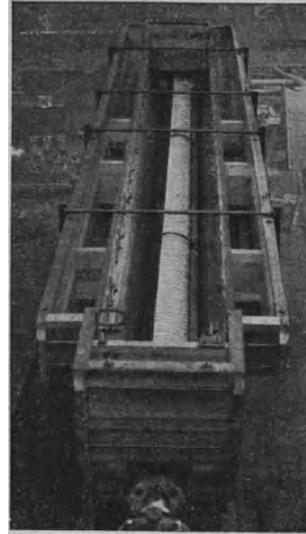


Abb. 1512. *Callow-McIntosh*-Schwimmapparat (Innenansicht einer Zelle; Krupp-Gruson).

folgt von oben durch die hohle Rührerwelle als Ansaugluft oder von unten als Druckluft. — Die Zellen arbeiten, je nachdem, welche Art von Erzen geschwommen werden soll, in Gruppen (Batterien) von 10, 18 und mehr zusammen. Die

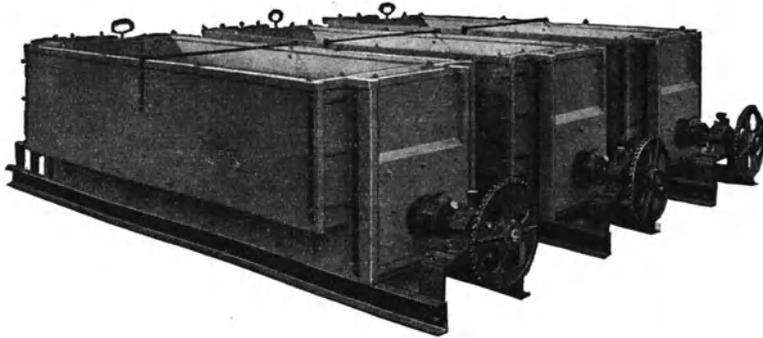


Abb. 1513. *Callow-McIntosh*-Schwimmapparat (Außenansicht; Krupp-Gruson).

mit den entsprechenden Schwimm-Mitteln bzw. Zusätzen versetzte Trübe wird durch die Pumpenflügel angesaugt, mit Luft durchmischt und seitlich durch den Beruhigungsrost hindurch in den oberen Teil der Zelle geschleudert.

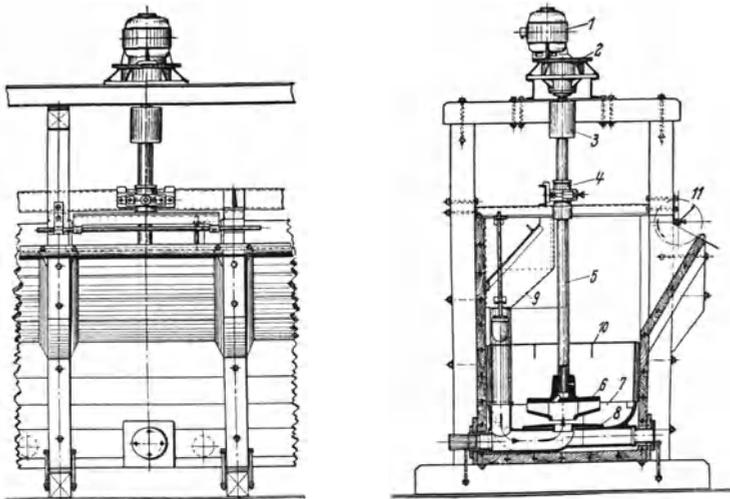


Abb. 1514. Kombiniertes Rührwerks-Druckluftapparat (Krupp-Gruson).

- | | | |
|-------------------|--------------------|-----------------------|
| 1 Motor | 5 Rührerwelle | 9 Überlaufkasten mit |
| 2 Getriebe | 6 Rührflügel | Umführung |
| 3 Schalenkupplung | 7 Wannenteil | 10 Stahlblechrost |
| 4 Halslager | 8 Verschleißplatte | 11 Schaum-Abstreicher |

Von hier steigen die mit Erz beladenen Luftbläschen an die Oberfläche und sammeln sich in Form eines Schaumes, der mechanisch abgestrichen und in einer Sammelrinne abgeleitet wird. Die noch erzhaltige Trübe tritt über einen Überlauf bzw. über ein einstellbares Wehr in die nächste Zelle, wird von dem Rührer angesaugt und nochmals dem Schwimmvorgang unterworfen usw.

Eine andere Ausführung der Rührwerk-Druckluftapparate, den Vibrator-Schwimmapparat (auch Vibrator-Schwimmmaschine genannt), baut Humboldt-Deutz (Abb. 1515). Er besteht normalerweise aus sechs hintereinandergeschalteten, viereckigen, durch verstellbare Schlitze miteinander in Verbindung stehenden Kammern, die einen gemeinsamen, nach dem Bergeaustrag zu schräg abfallenden Boden besitzen. In der Mitte jeder Kammer befinden sich gelochte bzw. ungelochte Prallplatten, die eine vibrierende Auf- und Abwärtsbewegung erhalten. Von unten wird durch ein Rohr die für den Schwimmvorgang benötigte Druckluft gegen die Prallplatten geleitet; diese bewirken eine äußerst feine Zerstäubung der Luft und dadurch eine besonders innige Vermischung mit der in der Rührzelle vorhandenen Trübe. Der Trübespiegel wird durch ein verstellbares, am Ende des Apparates angebrachtes Überlaufwehr für Feinberge geregelt; gröbere Berge treten ebenfalls am

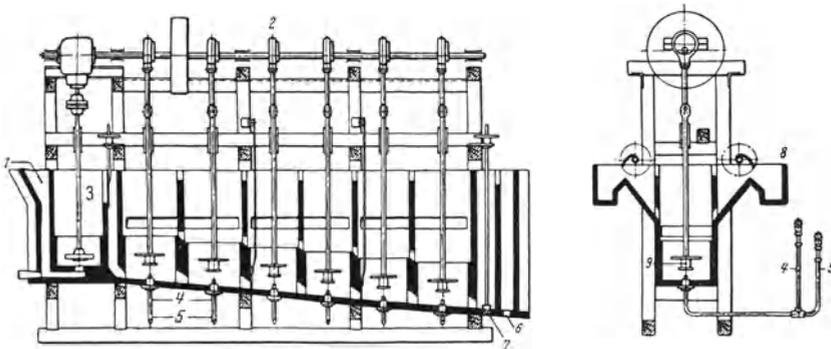


Abb. 1515. Vibrator-Schwimmapparat (Humboldt-Deutz).

- | | | |
|---------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1 Aufgabe | 4 u. 5 Gebläse- u. Wasserleitung | 8 Schaumabstreicher |
| 2 Antrieb | 6 Schlammauszug | 9 Oszillierende Prallplatten |
| 3 Misch-Zelle | 7 Sandaustrag — Berge | |

Ende des Apparates durch ein Bodenventil aus. Der Rührer ist so ausgebildet, daß die beim Schwimmvorgang anfallenden Zwischenprodukte u. dgl. durch Ansaugen unmittelbar in den Arbeitsgang zurückgeführt werden. Der an der Oberfläche gesammelte Schaum wird durch rotierende Abstreicher in die Konzentratrinne abgestrichen. — Der Vibratorschwimmapparat eignet sich für die Verarbeitung gröberer und feinsten Schlämme, besonders wenn es sich um nicht sulfidische Erze, wie Flußspat, Schwerapat, Kryolith, Siderit, Apatit usw. oder um Kohle bzw. Graphit (letztere in Körnern bis zu 3 mm), handelt.

Läuterapparate. Eine sehr einfache Läutervorrichtung, die jedoch nur für Mineralien mit geringen Verunreinigungen in Frage kommt, ist die vierstufige Spülwäsche der Humboldt-Deutz Motoren A.-G. (Abb. 1516). Sie besteht aus einem Trog, der durch Zwischenwände in verschiedene Abteilungen (Spülkammern) unterteilt ist. In diesem Trog laufen auf einer Welle vier (je nach Bedarf auch Heberäder (Schöpfräder), die das Gut gegen die Stromrichtung des Wassers von einer Spülkammer in die andere befördern. Auf diese Weise kommt das Läutergut jeweils in das nächst reinere Wasserbad, so daß es gut abgspült wird.

Eine Vereinigung dieser Spülwäsche mit einer Klassiervorrichtung zeigt Abb. 1517. Klassierung und Spülung sind auf einer gemeinsamen Welle ange-

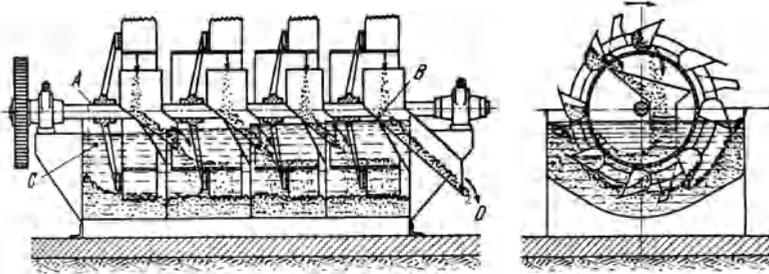


Abb. 1516. Spülwäsche mit vier Spülstufen (Humboldt-Deutz).
 A Materialaufgabe C Schmutzwasser
 B Frischwasser D geläutertes Material

ordnet, wobei die Schöpfräder sowohl die Spülung als auch die Beförderung des Gutes in das folgende Trogabteil bzw. in die Siebtrommel vornehmen.

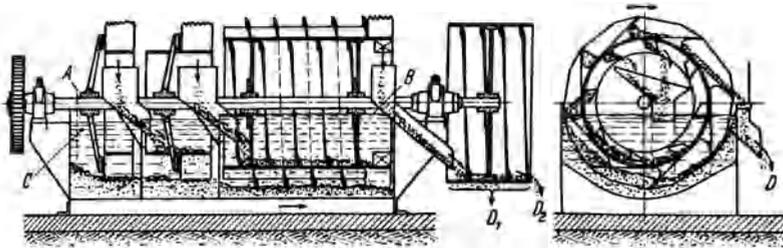


Abb. 1517. Zweistufige Spülwäsche mit Klassiertrommel und aufgesetztem Siebkopf (Humboldt-Deutz).
 A Materialaufgabe D Feinkorn
 B Frischwasser D₁ Mittelkorn
 C Schmutzwasser D₂ Grobkorn

Die letzte als Siebteil ausgebildete Spülstufe läuft im Frischwasser, da auch hier Material und Wasser im Gegenstrom laufen. Da die Absiebung

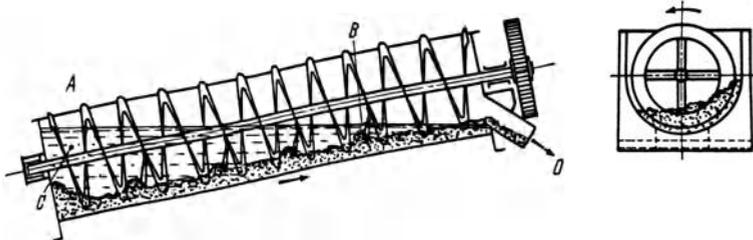


Abb. 1518. Läuterschnecke (Humboldt-Deutz).
 A Materialaufgabe C Schmutzwasser
 B Frischwasser D Geläutertes Material

unter Wasser erfolgt und daher die Reibung entsprechend dem Auftrieb vermindert ist, eignet sich der Apparat besonders zur Läuterung und Klassierung an und für sich weicher Mineralien.

Für ein Gut, das mit durch Wasser schwer löslichen Verunreinigungen durchsetzt ist, verwendet man z. B. eine Läuterschnecke (Abb. 1518). Die Schnecke läuft in einem steigend gelagerten Stahltrug, ist selbst rechtsgängig, weist aber bei jedem zweiten Gang einen halben Linksgang auf. Hierdurch wird eine gewisse Rückstauung bei der Vorwärtsbewegung und eine Scheuerbewegung des Gutes in sich selbst erreicht. Läuterwasser und Läutergut laufen im Gegenstrom. Zulauf des Frischwassers und Austrag des geläuterten Gutes erfolgen am oberen Schneckenende.

Für Verarbeitung eines grobstückigen, stark lettigen oder tonigen Gutes dient die Ausführung nach Abb. 1519. Die aus Stahlblech bestehende, auf Rollen laufende Trommel ist an der Eintragsseite mit Kopfsieben versehen,

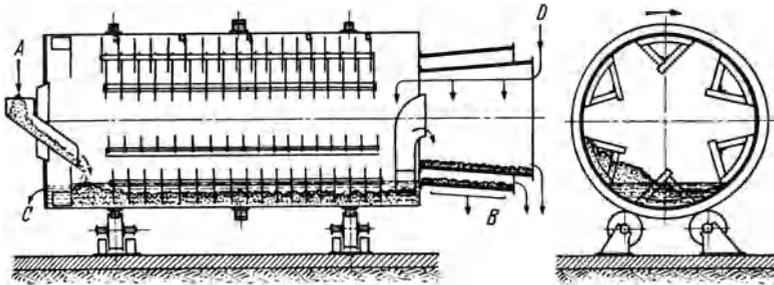


Abb. 1519. Großleistungs-Läutertrommel mit doppeltem Siebkopf und Messereinbau (Humboldt-Deutz).

A Materialaufgabe	C Schmutzwasser
B Geläutertes Material	D Frischwasser

durch die das Schlammwasser austritt. An der Trommelinnenwand sind, reihenweise hintereinander in einer Schraubenlinie angeordnet, hochstehende Messer angebracht, die das umwälzende Material zerteilen, durcharbeiten und langsam zum Austragsende befördern. Der Austrag erfolgt meist in einen an die Trommel-Kopfwand angeschraubten Siebkopf, wo das Gut mit Frischwasser bebraust und klassiert wird.

Lit.: *F. Peters*, Die Vorbereitung der Erze zur Verhüttung (in *O. Dammer*, Chem. Technologie der Neuzeit, Bd. II/1, Stuttgart 1932, Enke). — *H. Schranz*, Aufbereitung der Erze (in *F. Ullmann*, Enzyklopädie d. techn. Chemie, Berlin 1928, Urban & Schwarzenberg). — *E. Treptow*, Grundzüge der Bergbaukunde einschl. Aufbereitung und Brikettieren, Bd. II (6. Aufl., Berlin 1925, Julius Springer). — *Schennen-Jüngst*, Lehrbuch der Erz- und Steinkohlenaufbereitung (2. Aufl., Stuttgart 1930, Enke). — *F. Taggart*, Handbook of Ore Dressing (New York, London 1927, Wiley). — *H. Madel*, Aufbereitung (in Taschenbuch für Berg- und Hüttenleute, 2. Aufl., Berlin 1929, Ernst & Sohn). — *C. Bruchhold*, Der Flotationsprozeß (Berlin 1927, Julius Springer). — *J. Finkey*, Die wissenschaftlichen Grundlagen der nassen Erzaufbereitung (Berlin 1924, Julius Springer). — *E. W. Mayer* u. *H. Schranz*, Flotation (Leipzig 1931, Hirzel). — *W. Petersen*, Schwimmaufbereitung (Leipzig 1936, Steinkopff). — *E. W. Mayer*, Flotation (in *R. E. Liesegang*, Kolloidchem. Technologie, Leipzig 1932, Steinkopff). — *G. Gerth*, Die Aufbereitung, insbesondere von Nichterzen, durch Flotation (Chem.-Ztg. 1934, S. 757). — *G. Gerth* u. *A. Baumgarten*, Die Verwendung von Filtersteinen in Flotationsapparaten (Chem.-Ztg. 1937, S. 98). — *L. Hazen*, Schwimmaufbereitung von Alabama-Graphit (Rep. Invest. V. S. Bu. Mines 1934, Nr. 3225). — *H. Pearse*, Schwimmaufbereitung von Kupfer-Zink-Eisenerzen in Britannia, Canada

(Canad. min. metallurg. Bull. 1934, Nr. 267, 341). — *R. Glatzel*, Die Aufbereitung des Meggener Schwefelkieses und Schwerspates (Met. u. Erz 1930, S. 642; 1931, S. 7; Engng. Min. Wld. 1931, S. 479). — *S. Kusin*, Die Gewinnung von Borax und Borsäure aus Salzgemischen durch Schwimmaufbereitung (Metallbörse 1935, S. 897). — *E. W. Mayer* u. *R. Schön*, Flotation von Rohmagnesit in Radentheim, Kärnten (Met. u. Erz 1925, S. 222). — *W. Luyken* u. *E. Bierbrauer*, Gewinnung von Apatit aus Schlichabfällen durch Schwimmaufbereitung (Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld. 1928, S. 317; Arch. Eisenhüttenwes. 1928, S. 355; Met. u. Erz 1929, S. 202). — *G. Gerth* u. *H. Ziergiebel*, Glimmer und Feldspat-trennung durch Schwimmaufbereitung (Z. VDI 1934, S. 1064; Ber. dtSCH. keram. Ges. 1934, S. 517). — *H. Kirchberg*, Über die Aufbereitung keramischer Rohstoffe durch Flotation (Keramos 1930, S. 439). — *O. Sommer*, Die Flotation von Kaolin (Ber. dtSCH. keram. Ges. 1934, S. 317). — *L. Usoni*, Beitrag zur mechanischen Anreicherung Beryll enthaltender Gesteine (G. Chim. ind. appl. 1933, S. 13). — *L. Hazen*, Gewinnung von Schwefel aus einer Lagerstätte in Nevada (Engng. Min. J. 1929, S. 830). — *R. Schön*, Aus der Praxis der Flotation von Graphit (Met. u. Erz 1932, S. 181). — *B. Mory*, Die Entfernung der Aschenbestandteile durch Schwimmaufbereitung (Szénkiserleti Közlemények 1927, S. 126). — *H. Pieters*, Die Flotation von Kohleschlämmen (Brennstoff-Chem. 1931, S. 325). — *A. Götte*, Die Grundlagen der Steinkohlenflotation (Glückauf 1934, S. 293). — *M. Morgans*, Schwimmaufbereitung von schwarzem Ocker bei Bideford (Inst. Min. Met., London 1930, Bull. Nr. 314). — *R. Wüster*, Neuzeitliche Steinkohlenaufbereitung (Z. VDI 1937, S. 1105).

Hirschbrich u. Schaufelle.

Naßmahlanlagen (s. auch *Kugelmühlen, Mühlen, Schlammapparate-Zerkleinerungsmaschinen*) dienen z. B. in der Erzaufbereitung, Portlandzementfabrikation, Tonwarenindustrie u. dgl. zur Herstellung brei- oder schlammförmiger Zwischenstufen der Rohstoffe und ermöglichen eine leichter erreichbare Feinmahlung, günstigere Sichtung und Mischbarkeit verschiedener Einzelstoffe. Man vermahlt nach der einen Art die künstlich getrockneten oder an sich schon genügend trockenen Stoffe zu einem feinen Pulver und setzt dann dem Mehl das Wasser in Pfannen, Rührwerken oder ähnlichen Einrichtungen zu; nach einer anderen Art erfolgt der Wasserzusatz bereits, wenn das Gut bis zu einem gewissen Grade oder auch noch gar nicht vorzerkleinert ist. So werden z. B. weiche Stoffe, wie Lehm, Ton, Kaolin, Kreide, ohne vorhergehende Zerkleinerung in Schlammmaschinen sozusagen aufgelöst. Der Wasserzusatz ist gering, wenn nur eine Zerkleinerung vorgenommen werden soll; man erhält hierbei einen dicken, noch bewegungsfähigen Schlamm. Siebfähigen Dünnschlamm (Trübe) erzeugt man mit reichlicher Wasserzugabe, um das Mahlgut von fremden Beimengungen, wie Sand, Kies, Feuerstein, Wurzelknollen, zu befreien.

NCT-Stähle, s. Chrom-Nickel-Stähle.

Neophan, s. Acetylcellulose.

Neusilber, s. Kupfer-Nickel-Legierungen.

Neutraleisen, s. Ferrosilicium.

Nichrome, s. Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen.

Nichrotherm, s. Chrom-Nickel-Stähle.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Berl, Chemische Ingenieur-Technik. Unter Mitwirkung von zahlreichen Fachgelehrten herausgegeben von Ing.-Chem. Prof. Dr. phil. Ernst Berl. In 3 Bänden.

Erster Band. Mit 700 Textabbildungen und einer Tafel. XXIV, 874 Seiten. 1935.

Gebunden RM 120.—

Zweiter Band. Mit 699 Textabbildungen und einer Tafel. XVI, 795 Seiten. 1935.

Gebunden RM 110.—

Dritter Band. Mit 463 Textabbildungen. XVI, 580 Seiten. 1935. Gebunden RM 80.—

(Das Werk ist nur vollständig käuflich)

Berl-Lunge, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachleute herausgegeben von Ing.-Chem. Professor Dr. phil. Ernst Berl. Achte, vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage. In 5 Bänden.

Erster Band. Mit 583 in den Text gedruckten Abbildungen und 2 Tafeln. L, 1260 Seiten. 1931. Gebunden RM 88.20

Zweiter Band.

1. Teil. Mit 215 in den Text gedruckten Abbildungen und 3 Tafeln. LX, 878 Seiten. 1932. Gebunden RM 69.—

2. Teil. Mit 86 in den Text gedruckten Abbildungen. IV, 917 Seiten. 1932.

(Beide Teile werden nur zusammen abgegeben)

Gebunden RM 69.—

Dritter Band. Mit 184 in den Text gedruckten Abbildungen. XLVIII, 1380 Seiten. 1932. Gebunden RM 98.—

Vierter Band. Mit 263 in den Text gedruckten Abbildungen. XXXIV, 1123 Seiten. 1933. Gebunden RM 84.—

Fünfter Band. Mit 242 in den Text gedruckten Abbildungen. XLVII, 1640 Seiten. 1934. Gebunden RM 136.—

(Jeder Band ist einzeln käuflich)

Berl-Lunge, Taschenbuch für die anorganisch-chemische Großindustrie. Herausgegeben von Ing.-Chem. Prof. Dr. phil. Ernst Berl. Siebente, umgearbeitete Auflage. 1930.

Erster Teil: Text. Mit 19 Textabbildungen. XIX, 402 Seiten. Gebunden.

Zweiter Teil: Nomogramme. Mit einem Lineal. 4 Seiten Text und 31 Tafeln. In Mappe. Text und Nomogramme zusammen RM 33.75

Der nomographische Teil erschien auch einzeln unter dem Titel:

Nomographische Tafeln für die chemische Industrie.

Von Ing.-Chem. Professor Dr. phil. E. Berl, Dr.-Ing. W. Herbert und Dr.-Ing. W. Wahlig. Mit einem Lineal. 4 Seiten Text und 31 Tafeln. 1930. In Mappe RM 10.80

Elemente der Chemie-Ingenieur-Technik. Wissenschaftliche Grundlagen und Arbeitsvorgänge der chemisch-technologischen Apparaturen. Von Prof. Walter L. Badger und Warren L. McCabe, University of Michigan. Berechtigte deutsche Übersetzung von Dipl.-Ing. K. Kutzner. Mit 304 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. XVI, 489 Seiten. 1932. Gebunden RM 27.50

Waeser-Dierbach, Der Betriebs-Chemiker. Ein Hilfsbuch für die Praxis des chemischen Fabrikbetriebes. Von Chemiker Dr.-Ing. Bruno Waeser. Vierte, ergänzte Auflage. Mit 119 Textabbildungen und zahlreichen Tabellen. XI, 340 Seiten. 1929. Gebunden RM 17.55

Chemisches Fachwörterbuch. Für Wissenschaft, Technik, Industrie und Handel. Herausgegeben von A. W. Mayer.

Band I: Deutsch—Englisch—Französisch. XV, 826 Seiten. 1929.

RM 63.—; gebunden RM 67.50

Band II: Englisch—Deutsch—Französisch. XIII, 943 Seiten. 1931.

RM 70.—; gebunden RM 75.—

Z u b e z i e h e n d u r c h j e d e B u c h h a n d l u n g