UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften

Lueger, Otto

Stuttgart [u.a.], [1905]

D

urn:nbn:de:hbz:466:1-83151

Visual Library

D

als Abkürzungszeichen bedeutet auf deutſchen Reichsmünzen: München; auf öſterreichiſchen: Graz; auf älteren preußiſchen Münzen: Aurich; auf neueren (bis 1848): Düſſeldorf; als römiſches Zahlzeichen = 500; in der internationalen Telegraphie: Dringendes Telegramm. — S. a. AAAA und Kammgarnſpinnerei.

Daboll-Horn, das um 1850 von dem Amerikaner Daboll erfundene und von Holmes verbeſſerte Schallrohrinſtrument zur Abgabe von Nebelſignalen. Es beſteht aus einem 2—3 m langen geraden Metallrohr, das in ein klarinettartiges Zungenmundſtück ausläuft und durch dieſes mit komprimierter Luft von 1—2 Atmoſphären Druck angeblaſen wird. Das Daboll-Horn ſteht mit ſeinem Mundſtück ſenkrecht auf dem Luftreſervoir und iſt am oberen Ende wagerecht umgebogen. Die Lagerung des ſenkrechten Hornteiles geſtattet leichtes Drehen der Schallrohröffnung in den Wind. Inzwiſchen überholt durch die Sirenen. *von Nieſſen.*

Dach, der oberſte, flache oder ſteil anſteigende Abſchluß eines Gebäudes. Es hat den Zweck, das letztere vor ſchädlichen Einflüſſen zu ſchützen; es ſoll den Regen ableiten, den Schnee nicht durchlaſſen, Hitze und Kälte abhalten und wenn tunlich feuerſicher ſein.

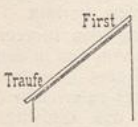


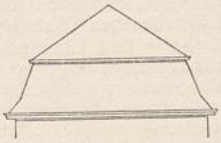
Fig. 1.

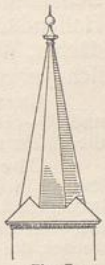


Fig. 4.

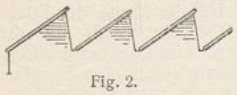

Fig. 5.


Fig. 6.


Fig. 8.


Fig. 7.

Das Dach zerfällt in zwei getrennte Teile: a) die Eindeckung, die eine undurchlaſſende Oberfläche zu bilden hat, nebſt deren Unterlage (ſ. Dachdeckung); b) die tragende Konſtruktion, den Dachſtuhl (ſ. d.). Die äußere Geſtaltung des Daches hängt ab 1. von den Eigenſchaften des Deckmaterials, 2. dem Klima, 3. der inneren Benutzung des Raumes, 4. von äſthetiſchen und 5. ſtiliſtiſchen Geſichtspunkten. Das Deckmaterial beſtimmt zunächſt die Dachneigung (ſ. d.) und die Dachform. Hinſichtlich letzterer unterſcheiden wir: 1. Das einhängige oder Pultdach mit einſeitiger Erhebung, d. i. mit einem Waſſerablauf, der Traufe (ſ. d.), und einer Firſt (ſ. Fig. 1). Es kommt in einfacher Anwendung vor bei Seitenbauten, an denen dem Nachbar kein Waſſer zugeführt werden darf, oder mehrfach nebeneinander bei Fabrikbauten als ſogenanntes Shed- oder Sägedach (ſ. Fig. 2). 2. Das zweiſeitige, Sattel- oder Giebeldach, die allgemeinſte Form mit zwei Traufen und einer Firſt. Die ſenkrechte Begrenzung der Dachflächen iſt der Giebel (ſ. Fig. 3). 3. Werden an Stelle der Giebel Dachflächen geſetzt, ſo entſteht das Walmdach oder holländiſche Dach mit vier auf gleicher Höhe liegenden Traufen, vier anſteigenden Gräten (ſ. d.) und einer Firſt (ſ. Fig. 4). 4. Liegen die Traufen der Walmflächen höher als die der Langſeiten, ſo entſteht das Halbwalmdach (auch Krüppelwalm, ſ. Fig. 5), eine Form, die für ländliche Gebäude eine charakteriſtiſche, auch provinziell, z. B. im Schwarzwald (ſ. Fig. 6) und der Nordſchweiz, die herrſchende iſt. 5. Bei dem Zeltdach vereinigen ſich vier Dachflächen in gemeinſamer Spitze. Das ſteile Zeltdach nennt man Turm- oder Helmdach (ſ. Fig. 7). Dieſes kommt auch vielſeitig vor. Ueber einem runden Grundriß entſteht 6. das Kegeldach. 7. Das gebrochene oder Manſarddach (ſ. Fig. 8), nach dem


Fig. 2.

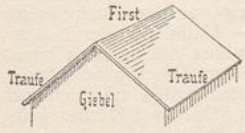


Fig. 3.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Architekten F. Manfard (gest. 1666 in Paris) benannt, hat vier Dachflächen, zwei flache und zwei steile; der Querschnitt ist gleich einem halben Achteck. 8. Das Bogendach, ein Satteldach mit gebogener Dachfläche und segmentartigem Querschnitt. 9. Das Kuppeldach (Haubendach, Dachhaube) mit Dachflächen in gebogener Linie, meist über kreisrundem oder viereckigem Grundriß (s. Fig. 9). 10. Das Kaiserdach mit geschweifter, unten meist ausgebogener Fläche, auch Dachhaube (s. Fig. 10).



Fig. 10.

Je flacher das Dach ist, eine desto geringere Fläche setzt es den Stürmen entgegen; um so dichter muß dagegen dessen Eindeckung sein, weil ein rascher Abfluß des Wassers verhindert wird und so ein Eindringen der Nässe leichter stattfinden kann. Dabei sind die Belastung durch Schnee und der Seitenschub in den tragenden Hölzern größer, daher sind diese stärker zu halten als bei steilen Dächern. Als ästhetisches Moment ist zu beachten, daß flache Dächer für das Auge leicht und gefällig erscheinen, hohe und steile Dächer aber schwer. Doch kommt noch das stilistische Moment hinzu, das die Form und Neigung des Daches mitbestimmt. Im allgemeinen sind die flachen Dachformen den südlichen regenlosen Ländern und den aus ihnen hervorgegangenen Stilen, der Antike und der Renaissance, eigen; die steilen Dächer entsprechen den mittelalterlichen Stilen der nördlichen Völker. Hierbei bildet das Dach einen integrierenden Teil des Gebäudes, seine Form muß sich daher in charakteristischer Weise den Hauptteilen anschließen.



Fig. 9.

Es gelten folgende Benennungen: 1. Mittelalterliches, gotisches Dach, wenn die Höhe größer als die Dachweite; 2. Altdeutsches Dach, wenn die Dachhöhe = Weite; 3. Altfranzösisches Dach, wenn Dachseite = Weite; 4. Winkeldach, wenn Höhe = halbe Weite; in diesem Fall ist der Firstwinkel = 90°; 5. Dritteldach, Vierteldach, wenn die Höhe = $^1/_3$, $^1/_4$ der Weite; 6. Italienisches Dach, dessen Höhe = $^1/_5$—$^1/_6$ der Weite; 7. Altandach, Plattform, mit einer Höhe = $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ der Weite. *Weinbrenner.*

Dach aus Eisenkonstruktion. Die Dächer in Eisen lassen sich nach der Art der überdeckten Räume einteilen, womit natürlich nicht gesagt sein will, daß nicht verschiedene Dachstuhlformen (s. Dachstuhl) dem nämlichen Zweck dienen können. Immerhin haben sich für gewisse Zwecke gewisse Dachformen als besonders geeignet erwiesen, und diesem Umstand entsprechend erfolgt die Behandlung derselben in der Reihenfolge: Glasdächer (Oberlichtkonstruktionen), Hallendächer, Kirchendächer, Kuppeldächer, Sägedächer, Tonnendächer, Turmdächer, Wellblechdächer und Zeltdächer. Angaben über die Berechnung schließen sich jeweils an.

Glasdächer werden in der Regel aus 4—8 mm starken Glastafeln von 50—100 cm Länge und 30—50 cm Breite, mindestens mit 1 : 3 in der Dachfläche geneigt, hergestellt, indem man die Tafeln auf Sprosseneisen (Walzeisen, Zinkblech), die parallel der Sparren laufen, verlegt.

Oberlichter sind Glaseindeckungen, die zum Zweck der Beleuchtung des inneren Raumes in die Dachflächen eingefügt werden und sich also durch ihre schiefe Lage von den in den lotrechten Umfangsmauern gelegenen Seitenlichtern unterscheiden. Um ein sicheres Abgleiten des Schnees und rasches Abfließen des äußeren Regen- und inneren Schwitzwassers zu erreichen, werden die Oberlichter möglichst steil gelegt (mindestens 1 : 1,4), was bedingt, daß dieselben bei flachen Dächern als besondere, meist sattel- oder sägedachförmige Konstruktionen aus den übrigen Dachflächen heraustreten, wobei sie bald parallel zur Traufe, bald senkrecht zu derselben angeordnet werden. Die äußeren Oberlichter haben in statischer Hinsicht den Festigkeitsbedingungen der übrigen Dachflächen von gleicher Neigung zu genügen, da die Belastungen die nämlichen sind; in konstruktiver Hinsicht ist namentlich für gute Dichtung gegenüber eindringendem Regenwasser und für die Verhinderung des Abtropfens des inneren Schwitzwassers zu sorgen. Namentlich letztere Bedingung bildet oft die größten Schwierigkeiten, zu deren Ueberwindung die verschiedenartigsten Konstruktionen ausgedacht worden sind, von denen sich aber nur die einfacheren zur Ausführung empfehlen. Die zu verwendenden Glastafeln werden auf hier Sprossen genannte Sparren verlegt, die in einer Entfernung gleich der Breite der Tafeln mehr dem nötigen Spielraum über die Pfetten hinunterlaufen; das Oberlicht erhält also die Anordnung eines Sparrendaches. Von den vielen versuchten Befestigungs- und Dichtungsmitteln für die Glastafeln auf den sehr verschiedenartig, am einfachsten ⊥-förmig gebildeten Sprossen hat sich immer noch Glaserkitt am besten bewährt, wenn derselbe durch alle zwei Jahre wiederholten guten Oelfarbanstrich vor Hart- und Sprödewerden geschützt wird. — Unterhalb der äußeren Oberlichter werden in gewissen Fällen noch innere angebracht, die dann nur den Zweck haben, Staub, Schmutz und Tropfwasser fernzuhalten, eventuell auch die Heizung zu erleichtern. Da diese Dächer keine weitere Belastung zu tragen haben, so wird zu denselben gewöhnliches, in Kitt verlegtes Fensterglas verwendet. — Für die rationelle Beleuchtung des inneren Raumes ist die Art der Anordnung der lichtdurchlassenden Flächen in der Gesamtdachfläche von großer Bedeutung. Man unterscheidet in der Hauptsache nachfolgende Typen:

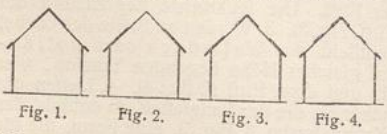


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

1. Seitliches Oberlicht (Fig. 1), das sich den seitlichen Umfangsmauern anschließt, beleuchtet vorzüglich die Seiten- und Wandflächen, bei Bahnhofshallen z. B. die Seitenperrons und

anstoßende Räumlichkeiten. Aesthetisch wirkt es dagegen nicht günstig, weil der Dachfläche im First der natürliche Anschluß an die Umfangsmauern geraubt scheint.

2. Oberlicht aus der Dachmitte (Fig. 2) beleuchtet vorzüglich die Mittelpartien, weniger Seiten- und Wandflächen und allfallfig anstoßende Räume. Die ästhetische Wirkung ist die günstigste unter allen Oberlichtarten.

Fig. 5b.

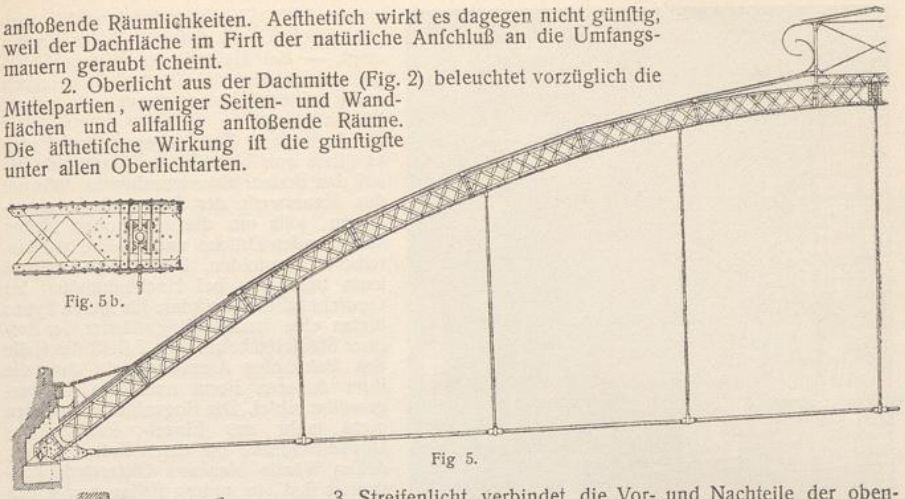


Fig. 5.

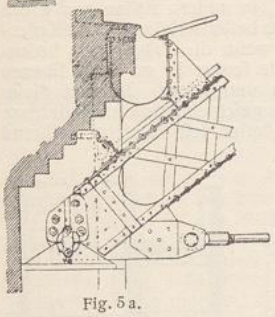


Fig. 5a.

3. Streifenlicht verbindet die Vor- und Nachteile der obengenannten Belichtungsarten; von den Anordnungen Fig. 3 und 4 wirkt namentlich die letzte befremdend und wird besser vermieden.

Im allgemeinen fordert Oberlicht gegenüber Seitenlicht erhöhte Dachaufsicht und erhebliche Unterhaltskosten, gewährt dagegen die Möglichkeit unbeschränkter Lichtzufuhr für Räume von beliebiger Größe. Seitenlicht gegenteils bedingt die kleinsten Unterhaltskosten und bildet die vorteilhafteste, gleichartigste Beleuchtung

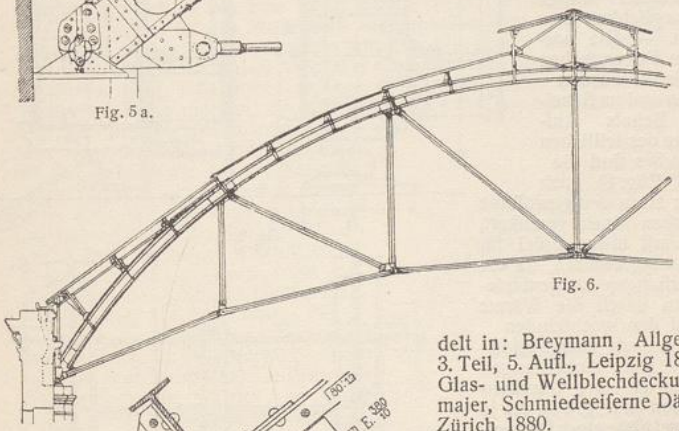


Fig. 6.

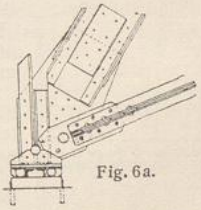


Fig. 6a.

innerer Räume, ist aber quantitativ beschränkt, z. B. schon durch Nebengebäude. — Ausführlich ist die konstruktive Seite der Oberlichter behandelt in: Breymann, Allgem. Baukonstruktionslehre, 3. Teil, 5. Aufl., Leipzig 1890; Landsberg, Th., Die Glas- und Wellblechdeckung, Darmstadt 1887; Tetmajer, Schmiedeeiserne Dächer, als Manuskript aut., Zürich 1880.

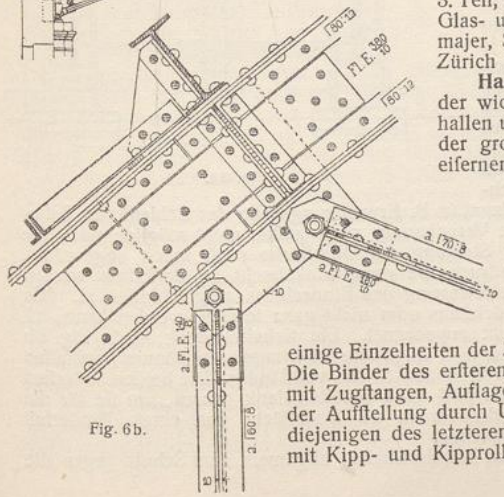


Fig. 6b.

Hallendächer. Die Hallendächer bilden eine der wichtigsten Formen des Eisenbaues; die Markthallen und Bahnhofshallen großer Städte, die Hallen der großen Ausstellungen u. s. w. stellen sich den eisernen Brückenbauten der neuen Zeit würdig an die Seite. Soweit es sich um mäßige Spannweiten handelt, geben die Hallenkonstruktionen zu keinen besonderen Bemerkungen Anlaß und kann bezüglich deren Anordnung auf das im Art. Dachstuhl Gesagte verwiesen werden.

Als Beispiele geben wir in den Fig. 5, 5a, 5b und 6, 6a, 6b die Binder sowie einige Einzelheiten der Zentralbahnhöfe in Magdeburg und München. Die Binder des ersteren — Spannweite 27,5 m — sind Bogenträger mit Zugstangen, Auflager- und Scheitelgelenk, welch letzteres nach der Aufstellung durch Ueberlaschung unbeweglich gemacht wurde; diejenigen des letzteren — Spannweite 34,6 m — sind Sichelträger mit Kipp- und Kipprollenauflager. Dieses ist in Fig. 6a dargestellt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

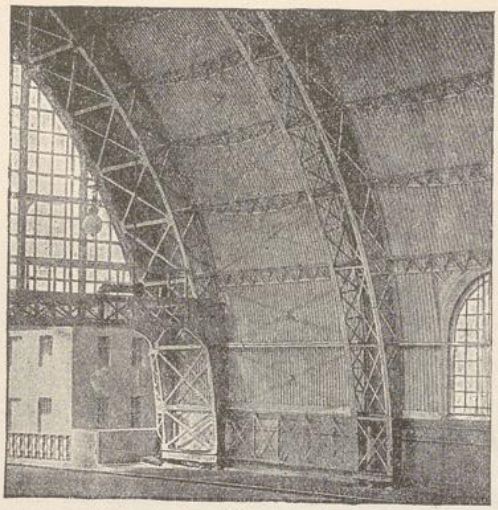


Fig. 7.

während Fig. 6b einen der ſorgfältig ausgebildeten Gerberſchen Gelenkknoten zeigt. — Bei Hallen von ſolchen Stützweiten werden die Binderfüße vielfach noch auf das Umfangsgemäuer oder auf Säulen gelegt.

In neuerer Zeit dagegen findet man es öfters von Vorteil, die Binderfüße bis auf den Boden hinunterzuführen, teils um das Mauerwerk der Seitenwände zu erſparen, teils um die bei großen Hallen bedeutenden Drücke und Schübe auf dasſelbe zu vermeiden. Der letztere Umſtand kann beſonders bei Hochbahnhöfen ins Gewicht fallen. Beiſpiele für dieſen Typus bieten eine Anzahl Hallendächer der Berliner Stadteiſenbahn. Fig. 7 ſtellt die Halle des Bahnhofes Alexanderplatz dar, die ihrer äußeren Form nach ein Tonnengewölbe bildet. Die Bogenbinder beſtehen nicht mehr aus Einzel-, ſondern aus Doppelbindern, die einen Kaſten bilden, deſſen Wände hier aus Gitterwerk konſtruiert ſind, in andern Fällen aus vollen Blechwänden beſtehen können. Die Kaſtenform wird, wenn die Träger eine bedeutende Länge erhalten bei ſo geringer Höhe, daß keine Verbände ſenkrecht zu ihren Ebenen möglich ſind, nötig, um ein ſeitliches Ausknicken derſelben zu verhindern. Je zwei dieſer Doppelbinder ſind aber wieder, ganz wie es bei einfachen Bindern geſchieht, durch Windkreuze unter der Dachhaut zu einem Paar verbunden, mit dem man die Pfetten feſt vernietet, während ſie zwiſchen je zwei Paaren die für das Wärmeſpiel nötige Beweglichkeit beſitzen. — Die normalen Bogen haben Gelenke an den Füßen und im Scheitel. Behufs Aufnahme des ſeitlichen Schubes ſind die Füße (Fig. 8) nach innen zu in den gewölbten Unterbau hinein verankert, aber mit etwas Spiel für die Auflagerwalzen, da die Ankerſtangen Längenänderungen durch die Wärme und den wechſelnden Seitenſchub unterworfen ſind. Die Ankerſtangen greifen an einer Querkonſtruktion an (Fig. 8a), die je die zwei Füße eines Doppelbinders verbindet. Da, wo es vorkommen kann, daß der Seitenſchub des Bogenfußes infolge des Winddruckes von außen her die Richtung nach einwärts annimmt (z. B. Erweiterungshalle des Schleſiſchen Bahnhofes [2]), iſt, weil eine Verankerung nach außen nicht möglich war, die Auflagerplatte mit einer Steigung der Oberfläche nach innen angeordnet, derart, daß der Auflagerdruck nie ganz winkelrecht zu derſelben werden kann, alſo eine Einwärtsbewegung des Binderfußes ausgeſchloſſen iſt. Wo aber der Stützendruck höchſtens oder nicht ganz lotrecht werden kann, iſt jene Oberfläche wagerecht angeordnet. Ein Scheitelgelenk iſt in Fig. 8b dargeſtellt; um auch eventuell Zugkräfte übertragen zu können, umfaſſen die Gelenke den Bolzen von beiden Seiten vollſtändig. Die beiden äußerſten Binder jederſeits der Halle ſind ohne Scheitelgelenk gebaut, um ſie für die ununterbrochene Durchführung des Windverbandes in der Dachfläche von einem Binderfuß zum andern geeigneter und damit ſteifer zu machen.

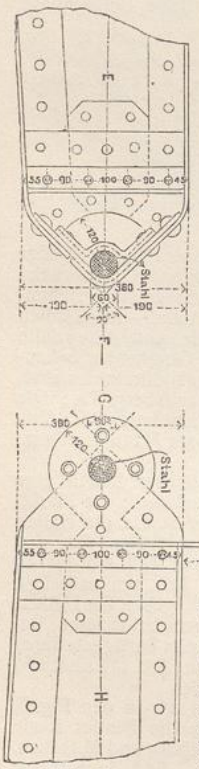


Fig. 8b.

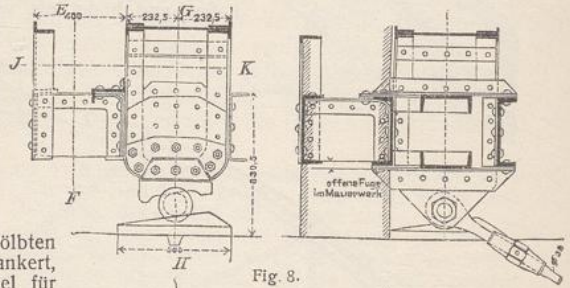


Fig. 8.

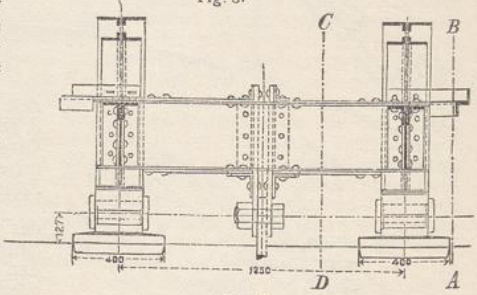


Fig. 8a.

Vorn und eventuell auch hinten werden Bahnhofshallen allgemein zum Schutz gegen die

Witterungsunbilden durch eine sogenannte Abschlußschürze geschlossen, die so weit, als die Höhe der Fahrzeuge es gestattet, hinunterreichen kann — etwa bis 5 m vom Boden. Sie besteht immer aus verglastem, eisernem Rahmenwerk. In größeren Abständen gehen stärkere Träger hinunter, die den Winddruck der Schürze teils auf den Binder, teils auf den sogenannten Schürzenabschlußträger verteilen. Zwischen diesen stärkeren Hängesäulen ist das leichtere Rahmenwerk eingelegt, in das die Glasscheiben eingefügt sind. Durch passende Einteilung der ganzen Schürzenfläche in feste Partien mit Beweglichkeit gegeneinander ist, wenn nötig, den Temperaturwirkungen Rechnung zu tragen. Der letzte Binder, der die Schürze zu tragen hat, muß natürlich stärker gebaut werden als die übrigen, eventuell ist auch das letzte Binderpaar

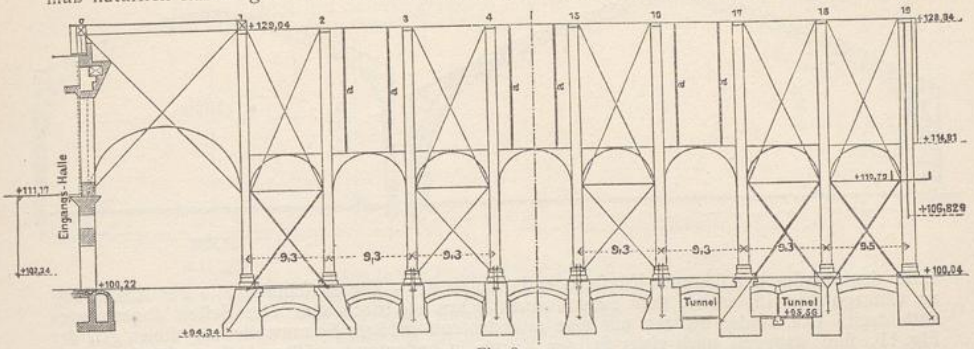


Fig. 9.

in größeren Abstand zu setzen, weil es das Umsturzmoment des Winddruckes auf die Schürze aufzunehmen hat. Der Schürzenabschlußträger — meist horizontal am unteren Rand der Schürze, in andern Fällen auch in größerer Höhe und selbst ausnahmsweise bogenförmig angeordnet [3], S. 32 ff. — hat den auf den unteren Teil der Schürze entfallenden Winddruck nach den Seiten zu übertragen, wo er seine Auflager findet. Entweder sind seine Enden einfach mit dem letzten Binder vernietet — das eine Ende könnte auch Gleitauflager besitzen — oder aber dieselben sind unmittelbar an das Mauerwerk angeschlossen und teils fest, teils gleitend zwischen Aussparungen in demselben gelagert, um den Winddruck der Abschlußflächen direkt an das zu diesem Behuf oft besonders verstärkte Gemäuer zu übertragen [3]. Meist wird sich aber auch in diesem Fall, selbst trotz größerer Breite des letzten Binderpaares, eine Verankerung der Binderfüße nötig machen, um das bedeutende Umsturzmoment des Winddruckes auf den oberen Teil der Schürze aufzunehmen. Auf die normalen Zwischenbinderpaare ist der Winddruck in der Längenachse geringer — hier sind es neben dem Wellblech die quer zur Achse laufenden Oberlichter, die dem Winddruck eine erhebliche Angriffsfläche bieten können —, doch selbst für diese wird bei größeren Hallen eine Verankerung der Füße nötig. Fig. 9 zeigt die Art dieser Verankerungen für die Hallen im Frankfurter Zentralbahnhof in schematischer Darstellung. Die Ankerstangen werden, um Stoßwirkungen zu vermeiden, zweckmäßig mit Anfangsspannung versehen. — Die Abdeckung der Bahnhofshallen geschieht vorzugsweise in Wellblech und Glas; unter den verglasten Teilen wird wohl zum Schutz gegen herabfallende Teile zerbrochener Tafeln ein feines, für das Auge unsichtbares Drahtnetz gespannt [3], S. 29. Die Oberlichter sind bald als Satteldächer normal zur Hallenachse, bald als ebensolche parallel derselben im First (Laternen), bald auch in der Dachhaut oder mehr oder weniger aus der Fläche derselben heraustretend seitlich dem First (Streifenlicht) angeordnet; immer aber müssen in dem First, eventuell auch noch seitwärts, Oeffnungen für den Abzug der Gase und Dämpfe angebracht werden, wie auch, wo nötig, durch besondere Vorrichtungen für die Ableitung des Schwitzwassers Sorge getragen werden muß [1], [4].

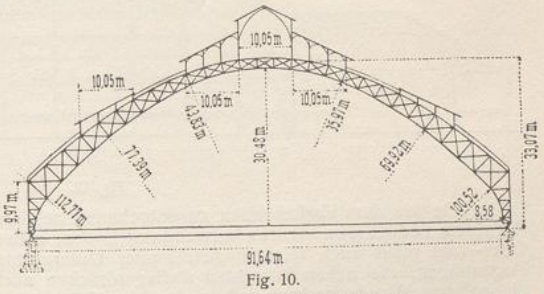


Fig. 10.

Eine möglichst günstige ästhetische Innenwirkung der Hallen wird meist durch die Wahl von Bogenträgern zu erreichen gesucht, die bei geringer Konstruktionshöhe wenig in den überbauten Raum hineinragen und bei Wahl kastenförmigen Querschnittes genügende Seitensteifigkeit besitzen, um Querverbindungen in Parallelebenen zur Hallenachse entbehrlich zu machen. Die unvermeidlichen Verbände in der Ebene der Dachfläche stören, namentlich wenn aus Rundeisenstangen gebildet, nicht. Eine Bestätigung dafür, daß auf diese Weise wirklich ruhige, befriedigende Innenansichten erreichbar sind, bildet der Bahnhof Alexanderplatz in Berlin [2]. Schwerer wird die Erreichung dieses Zieles, wenn mehrere solcher Tonnengewölbe nebeneinander gelegt werden müssen, wie z. B. beim Zentralbahnhof in Frankfurt [3]. Einen Binder der unsers Wissens gegenwärtig größten Bahnhofshalle, derjenigen der Broadstreet-Station

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Pennſylvania-Bahn in Philadelphia, zeigt Fig. 10. Derſelbe beſitzt ebenfalls drei Gelenke, von denen die beiden Fußgelenke durch eine Zugſtange unter dem Boden miteinander verbunden ſind. Die Abdeckung geſchah mit Kupferplatten auf Holzlattung [5].

Größere Spannweiten der Hallendächer wurden bei Ausſtellungshallen erreicht. Fig. 11 ſtellt die Binderanordnung der Maſchinenhalle der Pariſer Weltausſtellung 1889 dar, von der namentlich die äſthetiſch günſtige Innenwirkung gerühmt wird, zu der die Parallelführung der Gurtungen beigetragen haben mag [6]. Vergleichshalber iſt noch in Fig. 11a die kleinere

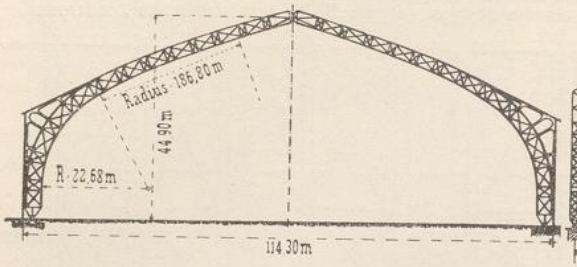


Fig. 11.

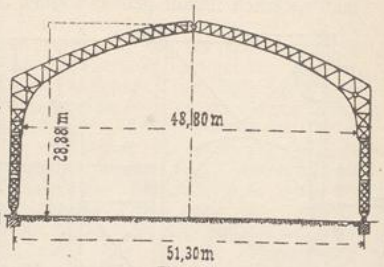


Fig. 11a.

Halle des Palaſtes der ſchönen Künſte ebenda gegeben. — Die Maſchinenhalle der Ausſtellung zu Chicago (Fig. 12) erhielt ſtatt eines Tonnendaches ein nach den vier Seiten abgewalmtes Satteldach. Die Binder beſitzen nur eine unbedeutend größere Spannweite als diejenigen der Fig. 11, ſind dagegen nach einer ſtetigen Kurve in bedeutend größere Höhe geführt worden, mit nach oben hin abnehmender Trägerhöhe. Zum Vergleich iſt die Pariſer Halle punktiert in die Fig. 12 eingetragen worden. Die Binder beider Hallen ſind dreigelenkig; während aber in Paris die Fundamentſockel die Bogenſchübe aufzunehmen hatten, wurden in Chicago die auf Pfahlbündeln ſtehenden Füße durch eine Zugſtange verbunden. Näheres [7]. — Die Dächer von Markt- und andern Hallen, von denen namentlich die Zentralhallen in Paris [4] bemerkenswert ſind (begonnen 1854), weil beim Bau derſelben der Vorzug des Eiſens für ſolche Bauten klar zutage trat und mit denſelben ſeine Verwendung für große Hallenbauten inauguriert wurde, ſind in [1] und [8] erläutert.

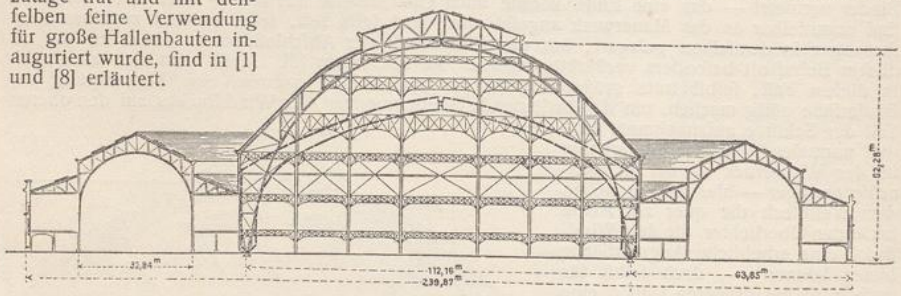


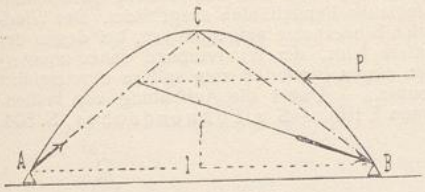
Fig. 12.

Wie aus dem Vorſtehenden zu entnehmen, gehören die Fachwerkformen, die hauptſächlich für Hallenbinder Verwendung finden, entweder den Balkenträgern mit gekrümmter Ober- und meiſt auch leichter gekrümmter Untergurtung an — Sichelträger — oder es ſind Bogenträger, die neben lotrechten Auflagerdrücken auch wagerechte Schübe ausüben. Ueber die erſteren iſt zu bemerken, daß bei den hier üblichen größeren Spannweiten die Teilbelaſtungen durch partiell aufliegenden Schnee bei Beſtimmung der Kräfte in den Füllungsgliedern berückſichtigt werden müſſen; ferner daß der Winddruck bei gekrümmten Dachflächen vom Fuß nach dem Firſt mit der Abnahme des Auffallwinkels ebenfalls abnimmt, alſo eine nach unten wachſende Belaſtung erzeugt. Eine einfache graphiſche Konſtruktion für dieſelbe findet ſich in [9], S. 98, Tafel 4.

Vor den Fachwerksträgern mit ihrem ſich von unten meiſt ungünſtig darſtellenden Gewirre ſich kreuzender Fachwerksſtäbe haben die Bogenträger, wie erwähnt, den Vorteil äſthetiſch günſtigerer Wirkung, daneben denjenigen geringeren Materialbedarfs gegenüber dem Balkenträger, wenn deſſen Füße ebenſo tief hinunterreichen müßten; ſie finden daher von allen Trägerformen die häufigſte Verwendung für die Eindeckung großer Hallen. Von den verſchiedenen Formen des Bogens kommt derjenige ohne Gelenke kaum zur Verwendung, am häufigſten derjenige mit drei Gelenken mit und ohne Zugſtange. Dieſer Bogen hat den Vorteil der ſtatiſchen Beſtimmtheit, alſo der einfachen Berechnung, dagegen den Nachteil einer Unterbrechung der Konſtruktion im Scheitel, verbunden mit größerer Beweglichkeit und Drehung der Enden daſelbſt, wodurch die ununterbrochene Ueberführung des Windverbandes daſelbſt erſchwert wird. Die Drehung der Scheitelenden, die eine Veränderlichkeit in der Größe der Firſtfuge zur Folge hat, kann durch die Elaſtizität des Abdeckmaterials oder auf andre Weiſe unſchädlich gemacht werden; die ununterbrochene Durchführung des Windverbandes in der Ebene der Obergurtung macht eine Anordnung im Scheitel nötig, die auch die Uebertragung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von Zugkräften durch dieſelbe ſichert. Der Dreigelenkbogen hat ferner dem Zweigelenkbogen gegenüber bei feſtgelagerten Binderfüßen den Vorzug, daß Wärmedehnungen und zufällige Verrückungen und Senkungen der Auflager keine Zuſatzſpannungen in demſelben erzeugen. Dieſer Vorzug fällt aber teilweiſe dahin, wenn der Zweigelenkbogen mit Zugband zwiſchen den Füßen gebaut wird, ſofern dasſelbe nahezu den nämlichen Wärmeſchwankungen unterworfen iſt wie der Bogen ſelbſt. Die Fixierung des Scheitelgelenkes in ſolchen Fällen, nachdem es zur Erleichterung einer genauen Aufſtellung gedient und nachdem allfällige Bewegungen im Fundament zur Ruhe gekommen, iſt daher ganz am Platz, wie denn überhaupt der Zweigelenkbogen mit Zugſtange im Dachbau entſchieden mehr Beachtung verdient, da bei ihm die immerhin unangenehme Komplikation des Scheitelgelenkes mit der erſchwerten Durchführung des Windverbandes entfällt. Es ſind denn auch, wie ſchon erwähnt, der größeren Steifigkeit wegen die



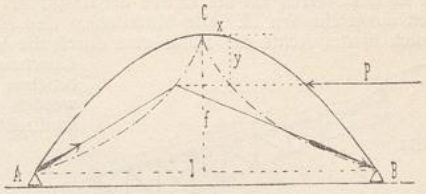
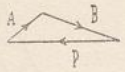
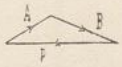


Fig. 13.  äußerſten Hallenbinder mehrfach ohne Scheitelgelenk gebaut worden, ſelbſt wenn die normalen Binder ein ſolches beſaßen.

 Fig. 14.

Die Berechnung der Bogen mit zwei und drei Gelenken für lotrechte Kräfte findet ſich in allen Lehrbüchern der Statik (vgl. Bogen und Bogenfachwerke). Beim Zweigelenkbogen mit gerader Zugſtange ändert ſich die Formel für den Horizontalſchub nur dadurch, daß im Nenner noch ein konſtantes Glied mit den Dimenſionen derſelben eintritt. Den Fall der geſprengten Zugſtange behandelt ausführlich [10] und [11]. Der Zweigelenkbogen mit Zugſtange, die nicht an den Binderfüßen angreift, iſt zweifach ſtatiſch unbeſtimmt. Dies gilt alſo z. B. für die äußeren Binder, wenn die Enden der Schürzenabſchlußträger mit denſelben feſt vernietet ſind. Zur Vermeidung der doppelten ſtatiſchen Unbeſtimmtheit kann der Schürzenabſchlußträger an einem ſeiner Enden verſchieblich gelagert werden oder aber einer der Binderfüße kann ſeitliche Beweglichkeit erhalten. Es wird immer ratſam ſein, eine dieſer Anordnungen zu treffen, um übergroße Spannungen reſp. Querſchnitte in den unteren Bogenteilen zu vermeiden; dabei iſt namentlich nicht zu überſehen, daß der Schürzenabſchlußträger auch Druck überträgt, wenn er an beiden Enden mit dem Binder feſt vernietet iſt. Bei der Halle Alexanderplatz-Berlin ſind die Füße der Schürzenbinder auf einer Seite verſchiebbar gelagert. — Alle dieſe Syſteme müſſen aber auch für ſchief reſp. horizontal einwirkende Kräfte berechnet werden, indem der Winddruck in lotrechte und wagerechte Teilkräfte zerlegt wird. Die Literatur über die Behandlung des Bogens unter dem Einfluß ſolcher Kräfte iſt weniger reichlich. Für den Bogen mit drei Gelenken iſt die Löſung ſehr einfach. Die Kräfteſchnittlinien werden durch die inneren Abſchnitte AC und BC der beiden Geraden gebildet (Fig. 13), welche die Gelenke verbinden. Die Zerlegung einer beliebigen wagerechten Knotenlaſt in ihre Stützdrücke iſt daher ſofort möglich, und die Verzeichnung der Drucklinie, die immer durch die drei Gelenke gehen muß, iſt auf bekanntem Wege leicht ausführbar. Wenn der Bogen in der Mitte kein Gelenk hat, ſo treten an Stelle der geraden Kräfteſchnittlinien Kurven AC und BC (Fig. 14), die nach [12], [13] konſtruiert oder berechnet werden können, wonach die Zerlegung der wagerechten Knotenlaſten und die Ermittlung der Drucklinie vor ſich geht, wie beim Dreigelenkbogen. Für Bogen mit paraboliſcher Schwerachſe und mit konſtantem $J \cdot \frac{dx}{ds}$, d. h. mit vom Scheitel nach den Füßen im Verhältnis der Sekante des Neigungswinkels der Bogenachſe wachſendem Trägheitsmoment iſt in [12] die Form der Kräfteſchnittlinie berechnet und kann für Bogen, die der gemachten Annahme entſprechen, genau, für kreisförmige oder angenähert kreis- oder parabelförmige Bogenachſen als erſte Annäherung in ziemlich weiten Grenzen benutzt werden. Die Gleichung derſelben lautet mit den Zeichen in Fig. 14:

$$x = \pm \frac{l}{8 + 15\left(\frac{i}{f}\right)^2}\left(5\left(\frac{y}{f}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{y}{f}\right)^{\frac{5}{2}} + \frac{15}{2}\left(\frac{i}{f}\right)^2\left(\frac{y}{f}\right)^{\frac{1}{2}}\right).$$

Hierin bedeutet i den mittleren Trägheitshalbmeſſer, beim vollwandigen Bogen $= \sqrt{\frac{I}{F}}$, beim Fachwerkbogen angenähert die halbe theoretiſche Höhe $= \frac{h}{2}$. Sollen hier die Füllungsglieder berückſichtigt werden, ſo iſt i nach [9], S. 122 u. ff. und 163 u. ff. zu berechnen. Darf der Einfluß der ſcherenden und preſſenden Kräfte auf die Formänderung des Bogens vernachläſſigt werden, ſo lautet mit $i = 0$ die Gleichung einfacher: $\left(\frac{x}{e}\right)^2 = \frac{1}{64}\left(\frac{y}{f}\right)^3\left(5 - \frac{y}{f}\right)^2$. Formeln für kreisförmige Bogenbinder ſ. [17]. Ein Beiſpiel für die Berechnung eines unſtetig gekrümmten Fachwerkbogenbinders mit zwei Gelenken auf graphiſchem Wege findet ſich in [13], S. 436 und Tafel 28, nach dem Arbeitsprinzip [14]. Die Behandlung des Zweigelenkbogens mit Zugſtange

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

für schiefe resp. wagerechte Kräfte s. in [10] und [11] und den Art. Dachstuhl (Abschnitt Stützendrücke, S. 523). Hat man den normal auf das Element wirkenden Winddruck zerlegt in wagerechte und lotrechte Teilkräfte, so sind zum Schluß die Wirkungen der letzteren zu denjenigen der ersteren zuzufügen.

Der Wunsch nach einfacher Berechnungsart, der zur so häufigen Verwendung des statisch bestimmten Dreigelenkbogens führt, wurde auch mit die Veranlassung zur Einführung der Kragträger in den Hallenbau. — Beispiele zu dreischiffigen Hallendächern dieser Art waren das Dach des Gebäudes für Berg- und Hüttenwesen in der Ausstellung in Chicago [15] und das Dach der Maschinenhalle der Ausstellung in Genf 1896 (Fig. 15). Der seitliche Winddruck wird hier ganz von der gegliederten und am Boden verankerten Seitenwand aufgenommen. Alle übrigen Auflager sind gelenkförmig; die Laterne in der Mitte aus bombiertem Wellblech ist mittels Stelzen auf die Enden der Kragträger gelagert, so daß also jede statische Unbestimmtheit ausgeschlossen ist. Die Mittelsäulen sind als schlanke Pendelsäulen ausgebildet. Der Winddruck in der Achse der Halle wird durch die letzten Binderpaare aufgenommen, bei denen der Laternenaufsatz fehlt, der Windverband daher ununterbrochen von einem Binderfuß zum andern durchgeführt werden konnte. — Ueber die Aufstellung von Hallenkonstruktionen s. [16]. — S. a. Tonnendächer, S. 504.

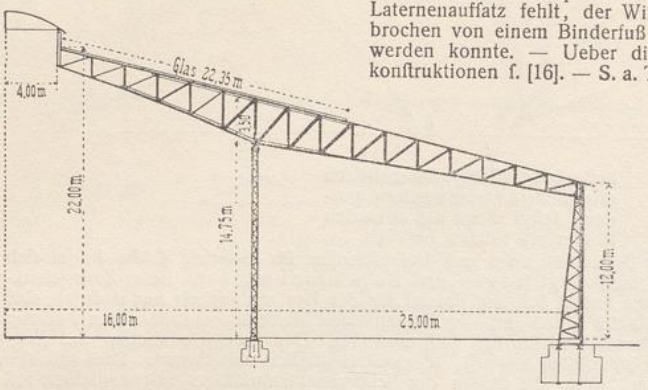


Fig. 15.

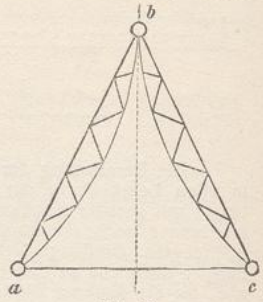


Fig. 16.

Kirchendächer in Eisen werden in neuerer Zeit immer häufiger ausgeführt. Sie bilden aber nicht eine besondere Dachform, sondern zeigen in der Hauptsache die bekannten Formen des Satteldaches, des Tonnendaches, des Zeltdaches und des Kuppeldaches entweder einzeln oder in Verbindung miteinander verwendet. Es ist daher an diesem Ort nur auf den besonderen Umstand aufmerksam zu machen, daß oft die große Höhe des Daches, weil nicht mehr in einem konstruktiv günstigen Verhältnis zur Spannweite, vermehrten Materialaufwand und konstruktive Schwierigkeiten verursacht. Wenn möglich hebt man die Fußpunkte der Binder künstlich, um die Höhe dieser zu vermindern, wie es z. B. beim eisernen Dach der Marienkirche in Hannover ([1], S. 228 und 240) geschehen ist. Ist das unmöglich, so empfiehlt sich in erster Linie für Satteldächer der französische Dachstuhl resp. eine Anordnung nach dem Schema der Fig. 16, wobei die Spannstange *a c* auch in irgend einer passenden Zwischenhöhe, z. B. der halben, angebracht werden kann. Bei großen Spannweiten ist die Anwendung von Schargelenken in den Punkten *a*, *b* und *c* nicht unzweckmäßig.

Kuppeldach, ein Dach in gebogener Form über rundem oder rechteckigem Grunde errichtet. Kuppeldächer in Eisen bilden ihrer äußeren Form nach meist Rotationsflächen mit lotrechten Drehachsen und krummlinigen Erzeugenden, überdecken also polygonal oder kreisförmig, unter Umständen auch elliptisch oder unregelmäßig geformte Grundrisse. Die kleinste Zahl der Seiten ist vier; sind die Meridian- oder Leitlinien gerade statt gekrümmt, so geht das Kuppeldach in das Zelt-, Kegel- oder Pyramidendach über. Nach der inneren Anordnung des Gerüstes sind die drei nachstehend beschriebenen verschiedenen Arten von Kuppeln zu unterscheiden, doch kommen daneben auch noch Uebergangsformen vor.

a) Die ältere Art des Kuppeldaches entsteht auf die Weise, daß Balkenbinder mit gekrümmter Obergurtung derart auf die Umfangsmauern gelegt werden, daß sich ihre Gurten in einem Zentrum treffen, in dem sie durchschnitten werden müssen (s. die schematische Fig. 17).

Bei kleinen Dächern können alle zusammenstoßenden Binderhälften an gemeinsamer Knotenplatte im Zentrum miteinander verbunden werden; bei größeren stoßen dieselben an einen zentralen Ring, der gewöhnlich noch eine Laterne trägt. Dieser Ring besteht im allgemeinen aus einem oberen Druckring und einem unteren Zugring, die beide durch ein Fachwerk zu einem steifen Träger zu vereinigen sind. Zug- und Druckring sind so stark zu machen, daß sie die nach den Ringseiten zerlegten Kräfte der Bindergurtungen aufnehmen und die bei ungleichmäßig verteilten Belastungen auftretenden Scherkräfte übertragen können. Die Binderfüße sind auf der einen Hälfte des Umfanges verschiebbar gelagert. Die Pfetten liegen frei auf den radialen Obergurten (Sparren) und senkrecht zu der Mittellinie zwischen zweien; sie nehmen nur Biegungsspannungen auf. Der Windverband vereinigt am besten je zwei benachbarte Binder zu einem Paar. Diese Konstruktionsart eignet sich nur für den Fall, daß der Raum unter der Dachfläche nicht offen bleiben soll (Kernkuppeln), vielleicht gegenteils die untere Gurtung zur Aufbringung einer Decke benutzt werden kann. Ferner kann sie von Vorteil werden bei der Ueberdeckung rechteckiger Räume (s. Fig. 17 a), in denen für diesen Fall *d d* die Hauptbinder,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a c Gratbinder sind. Die Möglichkeit der Benutzung vorhandener großer Konstruktionshöhen kann sie sogar ökonomisch vorteilhafter machen als die Ueberdeckung nach System b). Besondere Aufmerksamkeit erfordern die Durchdringungsstellen der Hauptbinder *d d*. Von den Druckgurtungen durchschneidet man gewöhnlich je eine ganz und stößt sie mittels Winkellaschen stumpf gegen die andre; die Untergurtungen vereinigt man an einem gemeinsamen Knotenblech, s. [1], S. 262.

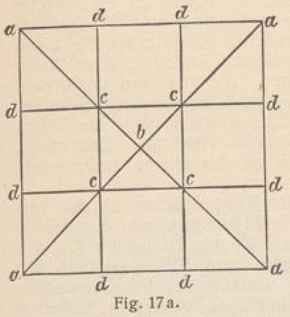
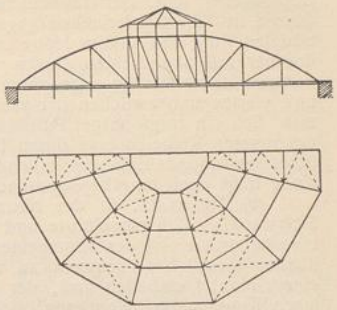


Fig. 17a.

b) Wird noch ein Fußring auf dem Umfangsmauerwerk angeordnet, der alle gegen ihn sich stützenden Binderfüße miteinander verbindet und der imstande ist, den in diesem Fall vorhandenen Horizontalschub der bogenförmigen Binder aufzunehmen, oder kann das Mauerwerk diesen bei festgelagerten Binderfüßen selbst übernehmen, oder endlich sind diese unmittelbar und unverschieblich auf den Erdboden gelagert, während im Zentrum die Binderhälften sich wieder gegeneinander oder gegen einen steifen Druckring stützen, so brauchen die Binder nicht tiefer in den überdeckten Raum hineinzuragen, als es die verhältnismäßig meist geringe Trägerhöhe erfordert. Die untere Gurtung ist in diesem Fall selbstverständlich ebenfalls gekrümmt


Fig. 17.

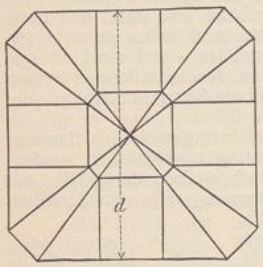


Fig. 19.

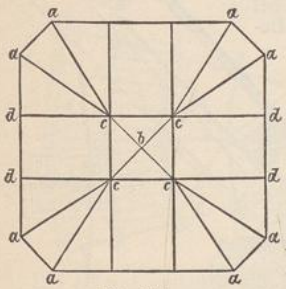


Fig. 19a.

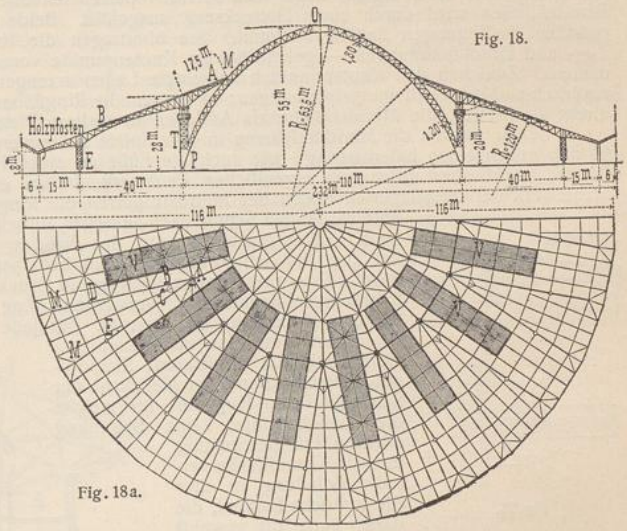


Fig. 18.

Fig. 18a.

und läuft meist mit der oberen parallel, doch ist das nicht durchaus erforderlich. Die Pfetten liegen wieder frei auf den Sparren und arbeiten nur auf Biegen. Die bogenförmigen Träger oder ihre Obergurten werden am besten wieder je zu zweien mittels eines Kreuzverbandes zu einem Paar vereinigt, das in diesem Fall auch das seitliche Ausknicken derselben zu verhindern hat, wenn dies nicht durch die gewählte Querschnittsform oder durch die Verschalung überflüssig gemacht wird; eventuell kann auch ein Kreuzverband ringförmig herumgelegt werden, wie z. B. in Fig. 18a. — Diese Bauart eignet sich besonders auch für Eindeckungen aus Glas, weil nicht in allen Teilen der Dachhaut störende Windkreuze vorhanden sein müssen; ferner zur Ueberdeckung quadratischer Räume (Fig. 17a), wo die Bogenbinder als Gratsparren *a a* angeordnet werden. Mit Hilfe von Schiftsparren *c d* kann man auf diese Weise, eine größte Pfettenlänge von 10 m vorausgesetzt, Räume bis zu 30 m Seitenlänge, bei gebrochenen Ecken (Fig. 19 und 19a) bis zu 44 m Seitenlänge überdecken. Die Schiftsparren sind als in *c* und *d* frei aufliegende Balken anzuordnen, eventuell mit Rollenauflagern in *d*; sollen sie in den Punkten *c* keine lotrechten Biegungskräfte auf die Gratsparren übertragen, so muß ein Ring *c c* eingezogen werden, wodurch allerdings die Arbeitsweise des Systems geändert wird. Oft wird der mittlere Teil über dem Ring *c c* als Laterne mit fachwerkförmigen Seitenwänden über die übrige Dachfläche herausgehoben. Dann bildet der obere, parallel über *c c* liegende Ring den gezogenen Fußring des Laternendaches und gleichzeitig den gedrückten des Ringfachwerkes, wie es schon unter a) beschrieben; der untere Ring *c c* dagegen ist die Zuggurtung des letzteren und gleichzeitig der Druckring für die Sparren *a c* der Hauptbinder; in beiden Ringen wirken sich also die

Spannungen in günstiger Weise entgegen. Ein Beispiel für Kuppeldächer von der hier besprochenen Bauart mit in der Dachfläche liegenden Bogenbindern über kreisförmigem Grundriß und wohl eine der größten erstellten Kuppeln bildete der innere Teil des Ausstellungsgebäudes der Lyoner Ausstellung des Jahres 1894, von dem in Fig. 18 und 18a Schnitt und Grundriß nach [25] gegeben sind. Der Durchmesser der Kuppel ist 110 m, ihre Höhe beträgt 55 m. Im Zentrum stützen sich die Binderhälften gegen einen steifen, kastenförmig aus Blechen und Winkeln gebildeten Ring von 1,84 m Höhe und 0,5 m Breite bei 6 m Durchmesser. Die Binderfüße sitzen drehbar auf abgedrehten Zapfen der direkt auf dem Boden fundierten Auflager. Der Windverband ist ringförmig angeordnet und besteht in zwei Dreieckzügen, die zwischen der dritten und vierten und zwischen der vierten und fünften Pfettenreihe liegen. Um die Kuppel herum zieht sich ein ringförmiges Pultdach, das auf zwei konzentrischen Säulenreihen ruht; die Säulen der inneren Reihe sind an ihrem Fuß mit den Enden der Kuppelbinder vereinigt. Das obere, frei überkragende Ende des Pultdaches legt sich an das Kuppeldach an, das untere, freitragende Ende trägt noch ein Gegenpultdach.

c) Die dritte, in der Neuzeit sehr häufig gebaute Art der Kuppeldächer ist die von Schwedler [20] eingeführte und nach ihm benannte Form der Flechtwerkkuppeln. Sie bilden eine besondere Art des allgemeinen Flechtwerkes, unter dem nach Föppls Definition [21] ein stabiles räumliches Fachwerk zu verstehen ist, dessen Knotenpunkte und Stäbe sämtlich auf einem Mantel enthalten sind, der einen inneren Raum vollständig umschließt. Die Schwedlerschen Kuppeln im besonderen bilden Flechtwerke über meist regelmäßigen Vielecken, bestehen aus Meridian- oder Sparrenstäben, aus Parallelkreis- oder Ringstäben und aus doppelten schlaffen Diagonalen in den vierseitigen Feldern. Die Anzahl der Meridiane ist gewöhnlich eine große. Die Föpplschen Netzwerkkuppeln unterscheiden sich von den geschilderten Schwedlerschen dadurch, daß bei diesen letzteren je zwei Dreiecke der Mantelfläche in eine Ebene fallen und ein durch schlaffe Diagonalen ausgesteiftes viereckiges Fach bilden, während bei jenen nur je ein Dreieck in einer Ebene liegt. Die Meridiansparren entfallen, der Raum zwischen zwei Parallelkreisen wird durch einen Dreieckszug ausgefüllt. Beide Systeme sind stabil und unter gewissen Bedingungen statisch bestimmt. Sie übertragen die Knotenpunktlasten durch bloße Zug- und Drucksspannungen — gelenkförmige Knotenpunkte vorausgesetzt — auf die Umfangsmauern. Zwischen den Knotenpunkten aufgelegte Lasten erzeugen in den betreffenden Stäben natürlich zusätzliche Biegungsspannungen; so dienen die Ringstäbe oft als Sparrenunterzüge oder direkt als Pfetten, die Meridianstäbe als Auflager für weitere Pfetten.

Selten werden die Meridiansparren in eine Spitze zusammengeführt; gewöhnlich stemmen sie sich gegen einen Laternenring, wie auch die Füße an einen Fußring angeschlossen werden. Dieser gehört aber nicht zum eigentlichen Fachwerk, indem er wegbleiben darf, falls das Mauerwerk bei festgelagerten Füßen der Meridiansparren die Ringspannung resp. den derselben entsprechenden Schub nach auswärts aufnehmen kann. Im allgemeinen wird der Fußring stets auf Zug, der Schlußring auf Druck beansprucht, die Zwischenringe haben vorwiegend Druck bei schwächerer Krümmung, vorwiegend Zug bei stärkerer Krümmung der Sparren. Für jede Belastungsart gibt das mit beliebigem Horizontalschub konstruierte Seilpolygon diejenige Form der Meridiane der Schwedlerschen Kuppeln, für welche die Zwischenringe keine Spannung erhalten. Für gleichmäßig über die Grundfläche verteilte Belastung ist dies die kubische Parabel, die daher auch oft gewählt wurde, namentlich für flache Dächer. Kuppeln mit dieser Meridianform erfordern theoretisch den geringsten Materialaufwand. In Wirklichkeit ist dies freilich nicht immer zutreffend, und können andre Gesichtspunkte für die Wahl derselben maßgebend sein. So z. B. der Wunsch oder die Notwendigkeit, daß die unteren, oft sehr langen Ringstäbe nur Zugbeanspruchungen erhalten, andernfalls dieselben wie die Meridianstäbe gegen seitliches Ausknicken besonders gesichert werden müßten. Die doppelten Kreuzstäbe werden bloß auf Zug beansprucht; da sie als Flachbänder oder Rundstangen auszuführen sind, soll das Dach nicht vielfach statisch unbestimmt werden.

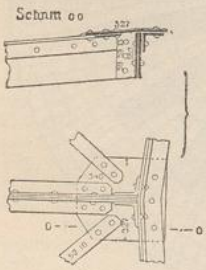
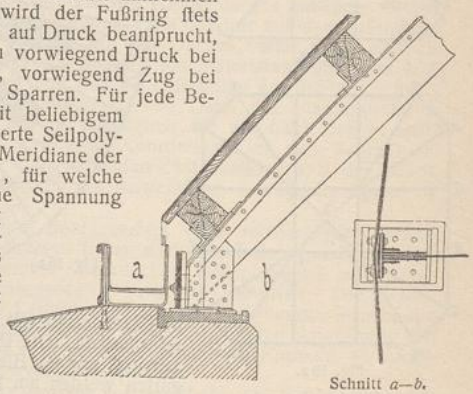


Fig. 21.



Schnitt *a—b*.

Fig. 20.

In konstruktiver Hinsicht ist folgendes zu bemerken: Die Auflager sollen feste sein mit nur so viel Spiel in radialer Richtung, als die Verlängerung und Verkürzung des Fußringes infolge Temperaturänderungen und Spannungsänderungen erfordert, falls überhaupt ein solcher vorhanden. Ohne dieses Spiel bleibt das Mauerwerk trotz des Fußrings nicht ohne Spannung. Der Fußring besteht meist aus einem stehenden Band, das bei größerer Länge der Polygonseiten mit Winkeln gesäumt wird. Fig. 20 zeigt einen bandförmigen Fußring mit Auflager; die gußeiserne Unterlagsplatte desselben würde zweckmäßig etwas gewölbt. Bei steilen Dächern sind die Auflager wegen des Kippmomentes des Windes zu verankern. Der Scheitelring wird ebenfalls meist aus Blechen und Winkeln zusammengesetzt; wird er möglichst steif konstruiert, so werden die Kräfte in den anstoßenden Sparren und Diagonalen kleiner (s. [1], S. 251), als wenn er sehr biegsam ist. Stabil ist aber das Dach auch bei gelenkförmigen Ringknotenpunkten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 21 zeigt den Anschluß eines Gratsparrens an einen aus zwei Stehblechen und einem Winkel bestehenden Laternenring eines Schwedlerschen Daches über einem Gasbehälter in Berlin, von dem Fig. 22 und 22a Ansicht und Grundriß darstellen.

Die Grate werden wegen der leichter vorzunehmenden Biegung der Oberkante nach der Meridiankrümmung am besten aus Winkeln mit Stehblech, das an den Knotenpunkten zu stoßen ist, wie z. B. in Fig. 23, oder mit Gitterwerk zwischen Kopf und Fußgurtung ausgeführt. Daneben richtet sich Querschnittsgröße und Form wesentlich nach dem Umstand, ob die Sparren neben den Hauptspannungen noch Biegungsspannungen durch zwischen den Knoten aufgelegte Pfetten aufzunehmen haben. — Auch für die Wahl der Querschnitte der Zwischenringe ist dieser Umstand natürlich von Einfluß; dienen diese nicht gleichzeitig als Pfetten, so genügt meist ein Winkeleisen. — Die Windkreuze werden bis zu 3—4 m Länge aus Flacheisen, bei größerer Länge besser aus Rundeisen mit Spannschlössern gebildet. Dabei ist darauf zu achten, daß sie nach dem Schnitt der Ringe und Sparren zentriert werden (Fig. 23 und 23a), und daß so viel wie möglich die Schwerebenen der Ringe, Sparren und Windkreuze in eine einzige zusammenfallen, um Zusatzbiegungsspannungen zu vermeiden, wie es z. B. in Fig. 24 streng geschehen ist. Hier bestehen die Meridiansparren aus konform zur Dachoberfläche abgebogenen I-Eisen, die unmittelbar die hölzernen Pfetten tragen. Die Knotenbleche, an denen die Ring- und Schrägstäbe angeschlossen sind, liegen in halber Höhe der Sparren, während sie bei der in Fig. 22 und 22a dargestellten Kuppel auf deren Kopf aufgenietet werden mußten.

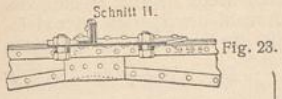


Fig. 23.

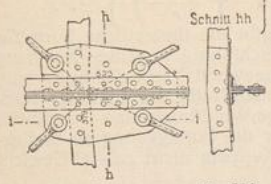
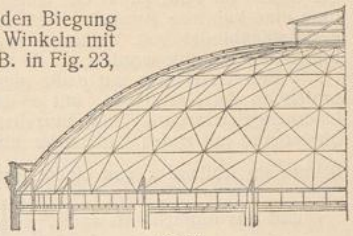
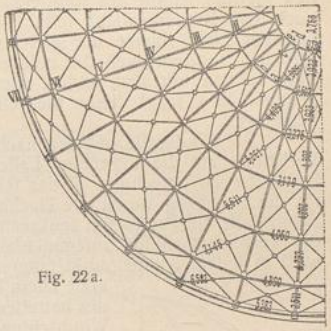
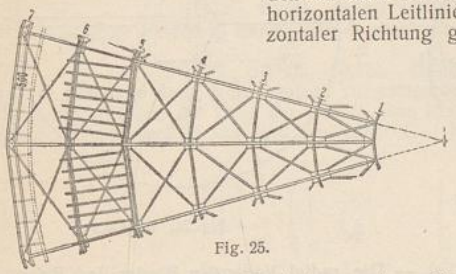


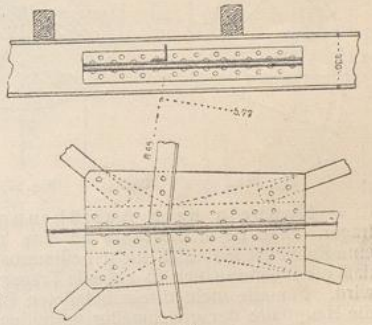
Fig. 23a. Fig. 23b.


Fig. 22.


Fig. 22a.

Eindeckung der Kuppeldächer. Es sind die zwei Fälle zu unterscheiden, daß entweder das Polygon des Eisengerippes auch äußerlich zum Ausdruck gelangen darf, d. h. sichtbare Grate vorhanden sein dürfen oder nicht. Im ersteren Fall werden die Dachflächen in den Zwickeln zwischen den Graten Zylinderflächen mit geraden horizontalen Leitlinien, im letzteren Fall werden sie auch in horizontaler Richtung gekrümmt und bilden meist Rotationsflächen.


Fig. 25.


Fig. 24.

Die ersteren gestatten alle Eindeckungsarten, die letzteren schließen Wellblechdeckung auf Lattung aus. Die Verwendung von Wellblech wird man freilich wegen der Schwierigkeit der Eindeckung der Grate auch selbst bei Kuppeln mit polygonalem Umriß auf solche mit geringer Anzahl Seitenflächen beschränken. — Deckungen mit Holzschalung auf Holzpfetten sind in allen Fällen möglich. Je nachdem die Pfetten als gerade Balken verwendet oder an ihrer Oberfläche nach der stetigen Wölbung des Daches gekrümmt werden, erhält man eine polygonale Dachhaut mit oder aber eine stetig gekrümmte Dachhaut ohne Grate. Ist die Entfernung der Gratspannung für die Tragfähigkeit der Holzpfetten zu groß, so werden Zwischensparren auf die Ringe aufgelegt oder an die Hauptsparren angeschiftet. Soll die Verschalung auf Sparren verlegt werden, so werden diese auf die als Pfetten auszubildenden Ringstäbe gelagert, die auch die Sproffeneisen für Glaseindeckungen direkt aufzunehmen haben (Fig. 25). Bei Eindeckungen mit glatten Blechen werden die Leisten zweckmäßig auf die Grate gelegt, wobei am wenigsten Verschnitt entsteht, wie man aus dem gleichen Grund die Schalhölzer am besten senkrecht zur Traufe stellt.

Berechnung der Kuppeln. — Allgemeines. Bezüglich der Belastung der Kuppeln ist in erster Linie auf den besonderen Umstand aufmerksam zu machen, daß die Belastungsfläche der Sparren und damit die Belastung selbst, abgesehen vom Bindergewicht, vom Fuß nach dem

Scheitel zu abnimmt, da die Binder fächerförmig auseinander laufen. Bei Kuppeln über regelmäßigen Grundrissen ist die Belastungsfläche ein Kreissektor oder angenähert ein Dreieck mit der Spitze im Mittelpunkt der Kuppel; für die gleichförmig verteilte Last ist daher die Stützlinie eine kubische Parabel. Diese Kurve ist mit Vorliebe sowohl für die Form der Obergurten der Balkenbinder von Kernkuppeln, wie auch der Meridiansparren von Kuppeln mit freiem Innenraum gewählt worden, da sie theoretisch den geringsten Materialaufwand gewährleistet.

Bezeichnet man mit p die gleichmäßige Belastung auf den Quadratmeter der Horizontalprojektion der Dachfläche, mit p' das Bindergewicht pro laufenden Meter, mit $2P$ eine das Laternengewicht darstellende Einzellast im Mittelpunkt, mit n die Anzahl der Sparren oder Halbbinder und mit r den Radius der überdeckten Grundfläche, so ist die Querkraft Q_x für einen Schnitt im Abstand x von einem Auflager für jede Rippe $Q_x = \frac{p\pi}{n}(r-x)^2 + p'(r-x) + P$

und das Moment $M_x = \frac{p\pi r^3}{3n}\left[1-\left(\frac{r-x}{r}\right)^3\right] + \frac{p' r^2}{2}\left[1-\left(\frac{r-x}{r}\right)^2\right] + Px.$

Diese Momentenkurve tritt an Stelle der kubischen Parabel und gibt die theoretische Form für den Meridianschnitt des Kuppeldaches, wenn man neben der gleichförmig verteilten Belastung noch das Bindergewicht selbst und ein konzentrisches Laternengewicht berücksichtigen will. Da aber nicht immer die gleichmäßigen Belastungen die tragenden Teile am stärksten beanspruchen, sondern auch der halbseitige Schnee- und der halbseitige Winddruck eine wesentliche Rolle spielen, oft auch andre, namentlich konstruktive Gründe für die Formgebung zu berücksichtigen sind, so ist diesen theoretischen Begrenzungsformen der Kuppeln nicht zu viel Gewicht beizulegen.

Die Windkräfte nehmen nach dem Scheitel hin ebenfalls ab, und zwar in noch größerem Verhältnis als die lotrechten Lasten. Man hat für jeden Knotenpunkt die ihm zukommende Lastfläche zu berechnen (s. das schraffierte Viereck in Fig. 26 und 26a). Diese ist maßgebend für die Belastung durch die Dachhaut und ihre Unterlagen, die Horizontalprojektion für die Schneelast, die Projektion senkrecht auf die Windrichtung — die in den meisten Fällen als mit der Vertikalprojektion zusammenfallend angenommen werden dürfte — für die Windlast. Diese wird in jedem Knotenpunkt tangential und normal zu der Dachfläche zerlegt; die letztere Teilkraft allein bildet die Windlast des betreffenden Knotens. Die Windrichtung ist bei Kuppeln über kreisförmigem Grundriß beliebig, bei solchen über länglichem Grundriß käme hauptsächlich der Winddruck auf die Breitseite in Frage.

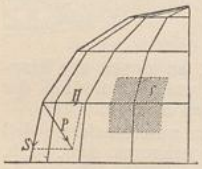


Fig. 26.

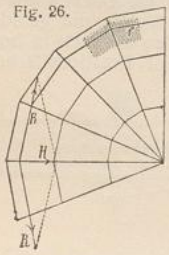


Fig. 26a.

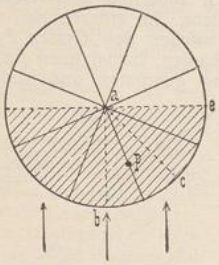


Fig. 27.

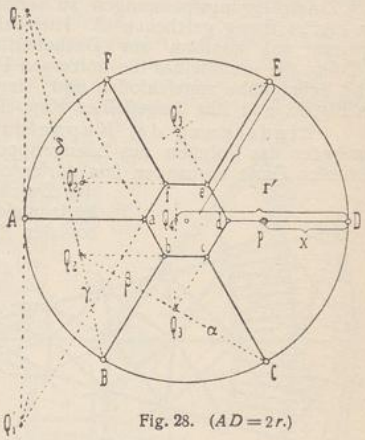


Fig. 28. ($AD = 2r$.)

Kuppeln nach Ausführungsart a). — Die radial liegenden Binder sind Balkenträger. Sind sie in der Mitte an eine zentrale Achse befestigt, so sind die Auflagerdrücke für eine Einzellast P statisch nicht bestimmbar, sondern müssen aus der Bedingung gefunden werden, daß die Belastung sich so auf alle Träger verteilt, daß ihre Einsenkung in der Mitte die nämliche wird. Für alle nicht direkt belasteten Binder würden also die Auflagerdrücke gleich groß. Für die Hauptfälle der gleichmäßig verteilten lotrechten Belastung aber, totale und halbe Dachfläche, erhalten alle Binder die nämliche Last und senken sich bei derselben Bauart und Länge in der Mitte um gleich viel, können also als unabhängige Balkenträger berechnet werden. — Der Wind belastet die ihm zugekehrten Binder ungleich, um so geringer, je näher sie der Belastungsscheide $a\,e$ (Fig. 27) liegen. Angenähert und etwas zu ungünstig rechnet man, wenn man alle Träger gleichstark wie die der Windrichtung am nächsten gelegenen belastet annimmt. Ist der überdeckte Grundriß nicht kreisförmig, haben also die Binder ungleiche Länge, so sind die Auflagerdrücke auch für halbe und ganze Dachbelastung statisch nicht bestimmbar. Sind die radialen Binder in der Mitte an einen Ring angebunden, wie in Fig. 17, so ist das Gebilde dagegen statisch bestimmt, vorausgesetzt natürlich, daß die Träger wie der Ring nicht an und für sich überzählige Stäbe besitzen.

Um für eine auf dem Träger $A\,D$ Fig. 28 liegende lotrechte Einzellast P die Auflagerdrücke $A\,B\,C\,D\,E$ und F sowie die Kräfte für das Ringfachwerk zu bestimmen, kann man wie folgt verfahren: Man zerlegt den Auflagerdruck A in zwei Kräfte Q_1 und Q'_1 in den Ebenen $a\,b$ und $a\,f$, mit denen derselbe am Knoten a im Gleichgewicht sein muß. Drei parallele

Kräfte können aber nur im Gleichgewicht sein, wenn sie in einer Ebene liegen; also müssen Q_1 und Q'_1 mit A in einer Ebene liegen, diese muß der Symmetrieverhältnisse wegen normal zum Träger $A\,a$ stehen, woraus $Q_1 = Q'_1 = 0{,}5 \cdot A$ folgt. Die Kraft Q_1 hinwieder als außerhalb wirkende Kraft für die Ringebene $a\,b$ setzt sich im Punkt b mit Kräften B und Q_2 in den Ebenen $b\,c$ und $b\,B$ ins Gleichgewicht; alle müssen in der Ebene $Q_1\,B$ liegen, wodurch die Lage von Q_2 gegeben ist; die Größe B und Q_2 folgt aus Q_1 und den Hebelarmen γ und δ. Endlich wird noch am dritten Ringeck c Gleichgewicht zwischen den Kräften Q_2, Q_3 und C hergestellt, woraus Q_3 und C folgt. Da ferner die Kräfte bei d, d. h. Q_3 und Q'_3 einerseits, P und D anderseits, ebenfalls wieder in einer Ebene liegen müssen, die durch $Q_3\,Q'_3$ bereits gegeben, so ist in Q_4 die Lage der Kraft für die Ebene $d\,D$ gegeben, ihre Größe folgt aus P und den Hebeln x und $r' = Q_4\,D$; Q_3 und Q'_3 sind je die Hälfte von Q_4. Indem man jetzt, vom letzten Träger $D\,d$ ausgehend, rückwärts rechnet, erhält man alle Auflagerkräfte sowie diejenigen für die Ringflächen. Es wird

$$D = P\frac{r'-x}{r'}; \quad C = P\frac{x}{2r'}\cdot\frac{\beta}{\alpha+\beta}; \quad B = P\frac{x}{2r'}\cdot\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\frac{\delta}{\gamma+\delta}; \quad A = P\frac{x}{r'}\cdot\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\frac{\gamma}{\gamma+\delta};$$

$$Q_4 = P\frac{x}{r'}; \quad Q_3 = P\frac{x}{2r'}; \quad Q_2 = P\frac{x}{2r'}\cdot\frac{\alpha}{\alpha+\beta}; \quad Q_1 = P\frac{x}{2r'}\cdot\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\frac{\gamma}{\gamma+\delta}.$$

Im vorliegenden Beispiel mit $r = 1$; $r' = 1{,}065$; $\alpha = 0{,}65$; $\beta = 0{,}67$; $\gamma = 0{,}67$; $\delta = 1{,}56$ wird

D	C	B	A	Q_4	Q_3	Q_2
$P\left(1-\frac{x}{r'}\right)$	$0{,}254\frac{x}{r'}P$	$0{,}172\frac{x}{r'}P$	$0{,}148\frac{x}{r'}P$	$0{,}5\frac{x}{r'}P$	$0{,}246\frac{x}{r'}P$	$0{,}074\frac{x}{r'}P$.

Aus den Auflagerdrücken erhält man durch Cremonasche Kräftepläne die Stabkräfte in den radialen Fachwerkträgern, aus Lage und Richtung der Q die Stabkräfte in den entsprechenden Ringebenen. Legt man die Kraft P auf die verschiedenen Knotenpunkte von $D\,d$ und macht jedesmal die Zerlegungen, so kann man Einflußlinien für alle Stabkräfte ermitteln Legt man weitere Laften P noch auf andre Träger auf, so hat man nur das Kräftebild in entsprechender Weise gedreht auf das frühere zu legen und die zusammenfallenden Stabkräfte sinnentsprechend zu addieren, um die Wirkung der Gesamtbelastung zu erhalten. Selbstverständlich gilt, was hier für die Kuppel mit sechs Strahlen gezeigt worden, für jede beliebige Anzahl von Armen, und es kann das Verfahren auch auf eine ungerade Anzahl solcher ausgedehnt werden.

Für die Hauptbelastungsfälle, Belastung des ganzen Daches mit dem Eigengewicht und mit Schnee, und Belastung des halben Daches mit Schnee und Wind, kommt man rascher zu den Stabkräften durch Zerlegung der Gesamtauflagerdrücke und der Gesamtquerkräfte Q nach den Fachwerkgliedern. Nennt man die volle Belastung eines Trägers, im vorliegenden Fall der Fläche $\pi r^2 : 6$ entsprechend, G, so wirkt diese Last im Schwerpunkt eines Kreissextanten im Abstand $x = 0{,}3634\,r$ vom Auflager D, und $\frac{x}{r'}$ wird $= \frac{0{,}363\,r}{1{,}056 \cdot r} = 0{,}341$, und damit erhält

	D	C	B	A	Q_4	Q_3	Q_2
man für	0,660	0,086	0,059	0,050	0,170	0,084	$0{,}025 \cdot G$.

Für halbseitige Belastung durch Schnee erhält man durch entsprechende Addition

D	C	B	A	Q_4	Q_3	Q_2
0,832	0,805	0,195	0,168	0,084	0,279	$0{,}084 \cdot G$.

Die Q darf man aber nicht einfach zusammenzählen; man muß den Sinn und wenigstens für die Ringgurtungen die Lage der drei in eine Ringebene zu liegen kommenden Querkräfte berücksichtigen. In Fig. 28a sind die Kräfte Q_1, Q_2 und Q_3 für die Ringebene $b\,c$ eingetragen;

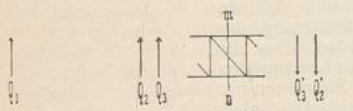


Fig. 28a.

in Fig. 28b diejenigen für die Ringebene $c\,d$, wobei Q_3', weil auf der andern Seite des Schnittes $m'\,n'$ wirkend, mit umgekehrten Zeichen zu nehmen ist. Geht man zur Totalbelastung

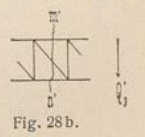


Fig. 28b.

über, so werden alle Auflagerdrücke gleich G, und zu den drei Querkräften Q_2, Q_3, Q_4 einer Ringebene treten die gleichen entgegengesetzten Q_2' Q_3' Q_4', so daß sich also die Kräfte auf ein Paar reduzieren, das ausschließlich die Ringgurtungen beansprucht.

Die Windkräfte gestatten keine genaue Behandlung auf einfachem Weg, weil für deren Aufnahme der Scheitelring in horizontaler Richtung steif gemacht werden muß, was zur Folge hat, daß die einzelnen Binder sich gegenseitig beeinflussen. Angenähert kann man einen solchen, $A\,D$ z. B. als von A bis D reichenden Balkenträger behandeln, der am stärksten beansprucht ist, wenn er in der Richtung des Windes liegt. Die auf die einzelnen Knoten wirkenden Windkräfte sind in die lotrechten und wagerechten Seitenkräfte zu zerlegen, von denen die ersteren nach der obenbeschriebenen Weise behandelt werden. Für die letzteren muß die Richtung der Auflagerkräfte gesucht werden, wobei die Art der Auflagerung in Frage kommt. Entweder werden die einen Enden fest, die gegenüberliegenden gleitförmig gelagert sein, in welchem Fall die Richtungen der Auflagerdrücke nur angenähert, oder aber es sind feste und diesen gegenüber Rollenauflager vorhanden, in welchem Fall die Auflagerdrücke genau bestimmt sind (s. Dachstuhl, Stützendrücke). Aus diesen Auflagerdrücken werden die Stabspannungen ermittelt, sowohl für die Hälfte mit dem festen als für die mit dem beweglichen Auflager, und diejenigen Anteile gewählt, die mit den von der Eigenlast und dem Schnee herrührenden zusammen die größten Gesamtspannungen bilden. Der an die oberen Gurtungen anstoßende Ring ist gedrückt, der an die unteren Gurtungen anstoßende gezogen. Aus den Spannungen der anstoßenden

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gurtstäbe können die Ringspannungen auf die im folgenden Abschnitt angegebene Weise angenähert berechnet werden. — In ähnlicher Weise wie für die horizontalen Kräfte können natürlich auch diejenigen für die lotrechten annähernd gefunden werden, wenn der strenge Weg nicht eingeschlagen werden soll.

Kuppeln nach Ausführungsart b). — Bogenförmige Tragrippen sind in der Mitte an einem gemeinsamen Knotenblech befestigt oder stemmen sich gegen einen Mittelring. Eine genaue Berechnung für ungleich verteilte Lasten würde äußerst umständlich. Bei der Verbindung der Rippen durch ein gemeinsames Knotenblech im Scheitel kann man für ganze und halbseitige gleichmäßige Belastung Gelenke an den Füßen und im Scheitel voraussetzen, da das Knotenblech einer kleinen Verdrehung der oberen Bogenenden keinen wesentlichen Widerstand entgegensetzen wird und alle Bogen auch ohne Verbindung die gleiche Höhenlage im Scheitel einnehmen würden. Dies ist nicht mehr richtig für die ungleichmäßige Belastung durch den Wind, und erhält man für diese nur angenäherte, aber immerhin genügend richtige, weil etwas zu große Ergebnisse. Beim Anschluß an einen Zentralring bilden die halben Träger Bogen mit einem drehbaren Ende am Fuß und einem elastisch drehbaren Ende am Ring, welches Ende überdies für unregelmäßige Belastungsarten elastisch in annähernd lotrechter Richtung verschiebbar ist. Für Totalbelastung kommt der letztere Umstand nicht in Frage, und man darf mit ausreichender Genauigkeit das Einspannungsmoment am Ringende des Bogens vernachlässigen, denselben also als angelehnten Balken mit drehbarem Auflager am Fuß und mit einem lotrechten Gleitauflager am Ring versehen behandeln (s. Dachstuhl, Stützendrücke). Für gleichmäßige halbseitige Belastung senken sich die Ringenden auf der belasteten Seite mehr als auf der unbelasteten; es treten also, abgesehen vom Einspannmoment durch den Verdrehungswiderstand des Ringes, an den Ringenden der belasteten Seite aufwärts gerichtete, an der unbelasteten Seite abwärts gerichtete Kraftkomponenten auf. Der Bogenschub ist am Ringende nicht mehr genau horizontal gerichtet wie bei Totalbelastung, sondern auf der belasteten Seite etwas nach aufwärts, wodurch die Beanspruchungen erhöht werden können. Sie sind zwischen zwei Grenzen enthalten, von denen man die untere durch die Totalbelastung erhält, die Binderhälften, wie erwähnt, als angelehnte Balken betrachtend, die obere dadurch, daß man sie für die belastete Dachhälfte als Zweigelenkbogen mit Gelenken am Fuß- und Ringende behandelt. — Für den Wind, der die Rippen ungleich belastet, nämlich abnehmend nach der Lastscheide zu, erhält man die bessere Annäherung nach der Theorie des angelehnten Balkens. — Der Scheitelring ist in mannigfacher Weise beansprucht; hauptsächlich nur auf Druck für Eigengewicht und Totalbelastung, indem sich die für alle Rippen gleichen Bogenschübe nach den Ringseiten zerlegen. Der Fußring ist nur gegen Zug widerstandsfähig zu machen, da die beschränkte, nur für das Temperaturspiel berechnete Beweglichkeit der Binderfüße in radialer Richtung eine weitergehende Formänderung unmöglich macht. Die größte Zugspannung erhält man durch Zerlegen eines Binderschubes für die verschiedenen Lastarten nach den Richtungen der anschließenden Polygonseiten des Fußringes. — Bei ungleichmäßiger, bezw. auch bei halbseitiger Belastung treten im Scheitelring noch Torsions-, Biegungs- und Scherkräfte auf. Die Torsions- und Scherkräfte rühren daher, daß der Ring die unabhängigen Hebungen und Senkungen der oberen Sparrenenden hindert. Die hieraus resultierenden Beanspruchungen sind nicht leicht genau zu berechnen, und man wird sich in den meisten Fällen mit Annäherungen begnügen müssen. Uebrigens sind diese Kräftewirkungen untergeordneterer Natur und können durch reichliche Dimensionierung des Ringes berücksichtigt werden. Nur die Biegungsspannungen in der horizontalen Ebene sind bedeutender. Sie rühren her vom Ueberschuß des Horizontalschubes der belasteten Sparren gegenüber demjenigen unbelasteter, und dieser Ueberschuß muß durch die Steifigkeit des Ringes aufgenommen werden können. Man rechnet die verbiegenden Momente im Ring zu ungünstig, geht also sicher, wenn man sich nach Schwedlers Vorgang zwei gegenüberliegende Viertel des Daches belastet denkt. Für den elliptisch verbogenen Ring erhält man dann als größte Biegungsmomente in den Punkten *a* (Fig. 29) $M_a = {}^1/_b\, p\, \varrho^2$, wo p die gleichmäßig verteilt gedachte Belastung pro Längeneinheit des Ringquadranten durch die Sparrendrücke bedeutet.

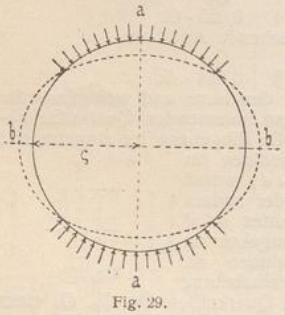


Fig. 29.

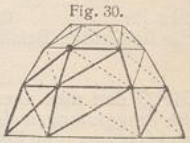

Fig. 30.


Fig. 30a.

Kuppeln nach Ausführungsart c). — Die Schwedlerschen und Föpplschen Flechtwerkkuppeln, regelrechte räumliche Fachwerke, sind stabil und unter gewissen Bedingungen statisch bestimmt. Die Bedingung für die statische Bestimmtheit des räumlichen Fachwerkes lautet bekanntlich $s = 3k - a$, in welcher Gleichung s die Anzahl der vorhandenen Stäbe, k diejenige der Knotenpunkte und a diejenige der Auflagerbedingungen bedeutet. Ist ein Scheitelring vorhanden und werden jedem Auflager drei Bahnen zugeschrieben und dieselben als fest betrachtet, so zeigt ein Blick auf Fig. 30 und 30a, daß diese Bedingung erfüllt ist. (Der Fußring ist nur zur Entlastung des Mauerwerkes vorhanden und zählt nicht mit zu den Teilen der Kuppel.) Eine Kuppel mit Spitze dagegen über n-seitigem Grundriß besitzt $n-3$ überzählige Stäbe, ist also statisch unbestimmt; sie kann statisch bestimmt gemacht werden durch Weglassen der Diagonalen des untersten Stockwerkes bis auf drei.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Berechnung der Schwedlerſchen Kuppeln ohne Spitze iſt äußerſt einfach, ſolange es ſich um regelmäßig verteilte volle Belaſtung handelt. In dieſem Fall haben die Stäbe eines Ringes und ebenſo die Sparrenſtäbe jedes Stockwerkes gleiche Spannung. Die Diagonalſtäbe ſind ohne Spannung. An jedem Knotenpunkt ſetzen ſich die Ringſpannungen R zu einer in der Meridianebene liegenden Horizontalkraft H zuſammen (Fig. 31), die mit den Spannungen der beiden anſtoßenden Meridianſtäbe und mit der auf den Knoten wirkenden äußeren Laſt im Gleichgewicht ſein muß. Stellt a, b (Fig. 32) einen Meridianſparren dar, ſo hat man nur die erſte Laſt P_1 (Fig. 32 a) in die Ringſpannung R_1 und die Sparrenkraft S_{12} zu zerlegen, um nun fortſchreitend auch an jedem folgenden Knoten Gleichgewicht herſtellen zu können. Die Sparren ſind immer gedrückt, die Ringe gezogen oder gedrückt, je nach der Form der Sparren. Der Sinn der Beanſpruchung findet ſich aus dem Krafteck. Für die hohe Kuppel mit der Leitlinie



Fig. 31.

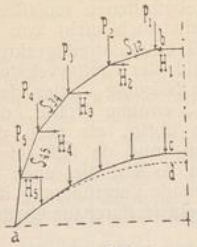


Fig. 32.

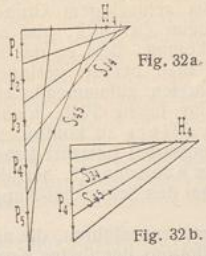


Fig. 32a.

Fig. 32b.

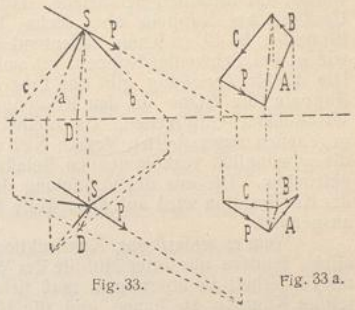


Fig. 33.

Fig. 33a.

a, b iſt H nach innen gerichtet, die Ringſtäbe haben Zug; für die flache Kuppel mit der Leitlinie a, c iſt H nach außen gerichtet, die Ringſtäbe haben Druck. Im erſten Fall ſind die Kraftzüge, die an einem Knotenpunkt (z. B. Fig. 32 a) Gleichgewicht herſtellen, überſchlagen, im zweiten Fall (Fig. 32 b) nicht. Es iſt auch leicht, für gegebene Laſtenreihen P Kuppeln mit beſtimmten Eigenſchaften zu finden. In Fig. 33 a z. B. ſind mit Ausnahme des erſten die H gleich gemacht worden, das zugehörige Seileck $a\,c$ gibt demnach die Form der Leitlinie einer Kuppel, für die alle Ringe bei Totalbelaſtung gleichſtark geſpannt ſind. Für die kubiſche Parabel $a\,d$ werden die H und damit die Ringſpannungen gleich Null. — Auch für ſchiefe Belaſtung der ganzen Kuppel durch Wind iſt die Kräftebeſtimmung genau auf dem gleichen Weg möglich, und wenn auch dieſer Belaſtungsfall nicht möglich iſt, ſo kann er doch vorausgeſetzt werden, um etwas zu groß ausfallende Annäherungswerte zu berechnen.

Für ſolche gleichmäßige Belaſtungsarten erhalten die Sparren ihre größte Beanſpruchung bei völlig belaſteter Kuppel, ein Ring ſeine größte Zugſpannung, wenn die höher liegenden Ringe voll belaſtet, ſeine größte Druckſpannung, wenn er allein voll belaſtet iſt. Die Diagonalen erhalten ihre größte Spannung bei Belaſtung der halben Kuppel, und zwar in den Feldern der Belaſtungsſcheide. Der Spannungsunterſchied der Sparren beidſeitig der Belaſtungsſcheide muß durch die Diagonalen übertragen werden. Nach dieſen angenäherten Regeln ſind bis jetzt die meiſten der Schwedler-Kuppeln berechnet worden und haben ſich auch als vollkommen ſtandſicher erwieſen, zum Teil allerdings infolge günſtig wirkender Nebenumſtände.

Die genaue Berechnung für ungleich verteilte oder Einzellaſten iſt weſentlich umſtändlicher. Sie gründet ſich auf die Möglichkeit, eine Kraft in drei nach einem Knoten zuſammenſtoßende, nicht in einer Ebene liegende Stäbe zu zerlegen. Es geſchieht dies mit Hilfe eines räumlichen Kräftevieleckes, das in zwei Projektionen gezeichnet werden muß. Man legt nach Fig. 33 durch zwei der Stäbe, z. B. a und b, eine Ebene und ſchneidet dieſe durch die Ebene $P\,c$. In der Schnittlinie $S\,D$ müſſen ſich, wenn Gleichgewicht am Knoten beſtehen ſoll, die Mittelkräfte $A + B$ und $C + P$ aufheben, aus welcher Bedingung die Zerlegung von P nach C, B und A im Aufriß und Grundriß erfolgen kann (Fig. 33 a). Um die wirklichen Kräfte zu erhalten, müſſen die wahren Längen von deren Projektionen aufgeſucht werden. Durch wiederholte Anwendung dieſes Verfahrens, indem man, von Knotenpunkt zu Knotenpunkt vorſchreitend, Gleichgewicht zwiſchen Stabſpannungen und Belaſtung herſtellt, die erhaltenen Spannungen eines Stockwerkes für das unterhalb folgende als äußere Laſten einführend, gelangt man zu den Kräften in allen Stäben. Am beſten trennt man die verſchiedenen Laſten und behandelt Eigenlaſt, Schneelaſt und Winddruck geſondert. Man kann dabei noch zwei verſchiedene Wege einſchlagen inſofern, als man entweder den Einfluß einer einzigen Knotenlaſt auf das geſamte Dach ermittelt und für die einzelnen Stäbe Einflußlinien zeichnet, oder aber indem man gleich allen Knotenpunkten ihre Laſten zuweiſt. Der letztere Weg iſt einfacher, gewährt aber nicht einen ebenſo vollſtändigen Einblick in die Wirkung jeder beſonderen Laſt. Das Verzeichnen der Einflußlinien wird übrigens durch folgenden Umſtand erleichtert. Die Wirkung einer Einzellaſt erſtreckt ſich nicht über die ganze Kuppel, es bleiben vielmehr die meiſten der von dem belaſteten Knotenpunkte aus nach der andern Seite hin gelegenen Stäbe ohne Spannung, weil nämlich von vier Stäben, von denen drei in einer Ebene liegen, der vierte ſpannungslos iſt, falls am Knotenpunkt keine äußere Kraft oder nur eine ſolche angreift, die in der Ebene der drei Stäbe wirkt. In den Fig. 30 und 30 a iſt der ſtark bezeichnete Knotenpunkt belaſtet gedacht, die Stäbe, die Spannung erhalten, ſind ſtark ausgezogen, die ſpannungsloſen leicht; das Bild der Kräfteverteilung gilt für alle Knotenpunkte desſelben Ringes. Von dem belaſteten Knotenpunkte gehen nur drei Streben aus, die Spannung erhalten; die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kräftezerlegung, von diesem Punkte ausgehend, kann also leicht erfolgen. — Wichtig ist in allen Fällen die Beachtung der Rolle, welche die Schrägstäbe in den rechteckigen Feldern spielen. Damit die Kuppel statisch bestimmt sei, müssen dieselben bei doppelter Ausführung als Bänder ausgebildet werden; sobald man daher bei der Kräftezerlegung auf einen stößt, der Druck erhalten würde, muß er ausgeschaltet, durch den andern im nämlichen Feld ersetzt und die Zerlegung entsprechend geändert werden. Die wirkliche Durchführung von Zerlegungen über die ganze Kuppel hin für die verschiedenen Belastungsfälle kann in [21], [22], [23] nachgesehen werden. Eine halb zeichnerische, halb rechnerische Behandlung nach Müller-Breslau s. [27]. Ausführlich behandelt angenäherte Rechnungsarten Breymann [1].

Die Richtigkeit der auf vorstehend geschildertem Weg erhaltenen Stabspannungen wird beeinträchtigt durch die feste Vernietung an den Knotenpunkten, indem diese sowohl Zusatzbiegungsspannungen hervorruft, als auch solche Stäbe, die andernfalls spannungslos geblieben wären, zur Mitarbeit heranzieht, dadurch die in erster Linie betroffenen entlastend. Ist dieser Umstand bei Kuppeln über sechs- bis achteckigem Grundriß noch nicht von wesentlichem Einflusse, so ist er schon bedeutend beim Zwölfeck, und bei einem dreißigeckigen Grundriß, wie er bei Schwedler-Kuppeln oft vorkommt, stört er das Bild der Kräfteverteilung durchaus. Die direkte Zerlegung gibt für Einzellasten bei der geringen Neigung, unter der bei solchen Kuppeln die Stäbe in den Knotenpunkten zusammenstoßen, enorme Kräfte, die nicht der Wirklichkeit entsprechen. Es bleibt für solche Fälle nichts übrig, als nach den eingangs gegebenen angenäherten Regeln Schwedlers zu konstruieren, und da sich seine Dächer für die gewöhnlich vorkommenden Belastungsarten bewährt haben, so darf dies auch unbedenklich geschehen. Die aus der Vernietung der Knotenpunkte herrührende Vergrößerung der Steifigkeit der Konstruktion wird auf diese Weise bei den Schwedler-Kuppeln in durchaus erwünschter Weise ausgenutzt.

Wem es widerstrebt, Konstruktionen auszuführen, die nicht mit Hilfe der Grundspannungen allein, sondern nur unter Mithilfe der Wirkung der steifen Knotenpunkte imstande sind, die Lasten mit Sicherheit zu übertragen, muß sich an den Vorschlag Föppls halten, nur sechs- oder achtseitige Kuppeln zu bauen und die Nachteile der zu großen Maschenweiten bezw. zu großer Stablängen durch Konstruktionsänderungen zu vermeiden. In erster Linie empfiehlt Föppl Ausfüllung der viereckigen Felder durch einen Dreieckzug steifer Schrägstäbe statt durch bloß zwei flache Diagonalen. Die Berechnung solcher Kuppeln ist leicht auf diejenige normaler Schwedler-Kuppeln zurückzuführen (s. [22], S. 55 u. f.). Unangenehm bleibt freilich gegenüber Kuppeln mit engen Maschen die größere Abweichung der Maschenflächen von der Fläche der Dachhaut, wenn diese stetig gekrümmt verlaufen soll. Die Föpplschen Netzwerkkuppeln lassen sich ähnlich wie die Schwedlerschen durch von Stockwerk zu Stockwerk fortschreitende Zerlegung der Kräfte berechnen (s. [22], S. 89). Aber auch für sie beschränkt sich, der festen Knotenverbindungen wegen, die Richtigkeit der Ergebnisse auf Kuppeln mit geringer Seitenzahl. Föppl empfiehlt ein Fünf- oder Siebeneck als Grundriß, wobei zu bemerken, daß diese Kuppeln nur für Grundrisse mit ungeraden Seitenzahlen stabil sind, für solche mit geraden Seitenzahlen dagegen labil. Infolge der Steifigkeit der Knotenverbindungen verliert sich dieser Unterschied aber bei größerer Seitenzahl des Grundrisses. In neuester Zeit haben die Berechnungsmethoden für Raumfachwerke, insbesondere auch für Fachwerkskuppeln über beliebigem Grundriß, wesentliche Förderung erfahren durch die an die Zimmermannsche Kuppel des Reichstagsgebäudes sich anschließenden Erörterungen (von Zimmermann selbst, Müller-Breslau, Landsberg u.a.) in den Jahrgängen 1901 ff. des Zentralblattes der Bauverwaltung. — Die dort entwickelten verschiedenen Verfahren gestatten die genaue Berechnung für beliebig gerichtete Kräfte, sind aber in ihrer Anwendung zu weitläufig, um hier vorgeführt zu werden. — Neben genannter Quelle möge hierbei Zimmermanns vorzügliches kleines Werk nachgelesen werden [28].

Sägedächer (Sheddächer), Satteldächer mit ungleich geneigten Dachflächen. Sie werden gewöhnlich serienweise hintereinander angeordnet zur Ueberdeckung ebenerdiger Räume. Die vordere steilere Seite wird ganz oder teilweise verglast und gewährt die Möglichkeit einer bedeutenden Lichtzufuhr aus der als vorteilhaftest erachteten Himmelsrichtung. Ihrer Steilheit wegen bleibt der Schnee auf den Dachflächen nicht liegen, er sammelt sich in den durch diese gebildeten Rinnen. — Für die Aufnahme des Winddruckes, der oft die Umfangsmauern unangenehm belastet, macht Landsberg einen Vorschlag in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. 31. — Diese Dächer werden mit großer Vorliebe zur Eindeckung ausgedehnterer, niedriger Fabrikgebäude verwendet. Ihre Konstruktion ist sehr einfach und bietet keine wesentlichen Eigentümlichkeiten. Literaturnachweise s. Dachstuhl.

Tonnendächer, Föpplsche, fachwerkartige Eisenkonstruktionen in der Form der Tonnengewölbe; vgl. [22] und Dachstuhl.

Turmdächer, die in neuerer Zeit oft aus Eisen hergestellt werden, sind steile Zeltdächer über meist vier- oder sechseckigem Grundriß. Eisenkonstruktionen kommen wenig höher zu stehen als Ausführungen in Holz, gewähren erwünschte Feuersicherheit (namentlich im Hinblick auf Blitzschläge) bei größerer Festigkeit und sind leichter, d. h. mit geringerem Aufwand an Rüstungen aufzustellen. Im allgemeinen berechnen sie sich natürlich wie Zeltdächer bezw. Kuppeln; ihre Sonderverhältnisse finden sich ausführlich behandelt in [29]. Von den äußeren Kräften kommt namentlich der Wind in Betracht, der wegen der Höhe der Objekte nicht nur die Hauptspannungen in denselben erzeugt, sondern auch eine sorgfältige Untersuchung der Standsicherheit und meist Verankerung aufs Turmgemäuer verlangt. Da dieses selbst schon gewöhnlich hoch und daher gegen Horizontalschübe empfindlich ist, so wird man wenigstens keine Sprengwirkung der Konstruktion dulden, deren Schub sich noch zu den ohnehin unvermeidlichen des Windes hinzufügen würde. Man wird gegenteils die Binderfüße immer durch einen Fußring miteinander verbinden und nur den für den Temperaturwechsel nötigen Spielraum lassen, der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bei der Steilheit der Binder ohnehin nur für Dächer mit größerer Grundfläche wesentlich wird. Der Schnee ist von keinem Einfluß auf die Spannung, da er nicht liegen bleibt; das Eigengewicht hat geringen Einfluß. Ausführungen findet man beschrieben in [1], [29], [30] und ähnlichen Werken.

Wellblechdächer im engeren Sinne kann man solche nennen, bei welchen das Wellblech nicht nur die von einer Tragkonstruktion unterstützte Dachhaut bildet, sondern zugleich auch Tragkonstruktion selbst ist. Von der Tragfähigkeit des Wellbleches macht man zwar immer Gebrauch, indem man die Pfetten in entsprechend große Entfernung verlegt; kleinere, ganze und halbe Satteldächer kann man aber mit Hilfe starker Wellblechtafeln ohne Zwischenpfetten, also nur mit Auflagerung derselben auf First und Fuß, abdecken. Namentlich aber kann man die Wellblechtafeln biegen und aus derartigen (bombierten) Tafeln Tonnendächer zusammensetzen, bei welchen das Wellblech ebenfalls Abdeckung und Tragkonstruktion zugleich bildet. Die einzelnen Tafeln greifen in der Längsrichtung 15—18 cm übereinander und werden hier durch 2—5 Nietreihen miteinander verbunden; sie bilden dann zusammen einen nach einem Kreise geformten Bogen, dessen Berechnung nach den gewöhnlichen Regeln zu geschehen hat. Meist werden die Enden durch Zugstangen zusammengehalten, die ihrerseits durch einige Hängestangen am Durchbiegen verhindert werden (Bogen mit Zugstange). In der Achsrichtung des Gewölbes überdecken sich die Tafeln um eine halbe Wellenlänge und werden in Entfernungen von 30—40 cm vernietet. Dadurch ist auch die Steifigkeit nach dieser Richtung hin gesichert und Windverbände in der Dachfläche entfallen. Auf diese Weise können Wellblechbogendächer aus den stärkeren Profilen über ziemlich bedeutende Spannweiten hin (20 m) erstellt werden, die sehr billig zu stehen kommen, aber trotzdem natürlich auf das Anwendungsgebiet des Wellbleches überhaupt beschränkt bleiben, also namentlich Schuppen, Lagerhallen, Bahnhofshallen u. dergl. Vgl. a. Dachstuhl.

Zeltdächer, auch Pyramiden- und Kegeldächer genannt, je nach ihrer äußeren Form, gehen aus den Kuppeldächern hervor, sobald die Bindersparren geradlinig sind. Das unter Kuppeldächer Gesagte gilt daher größtenteils auch hier. Sehr steile Zeltdächer sind die Turmdächer. Von den unter Kuppeldach erwähnten Bauarten kommen für Zeltdächer namentlich die unter a) und c) beschriebenen in Betracht, Kernkonstruktionen und Netzwerkkonstruktionen. Denkt man sich in Fig. 17, S. 497, die obere Bindergurtung geradlinig, so stellt sie die ältere Konstruktionsweise eines Zeltdaches dar, während die Grundrisse Fig. 22 a und 25 auf S. 499 ebensogut einem Netzwerkzeltdach wie einer Netzwerkkuppel angehören können. Die Berechnung ist ganz die gleiche mit denjenigen Vereinfachungen, die der Ersatz der gebogenen Sparrenform durch die gerade bedingt. Die Ausführungen auf S. 500 und 501 bleiben für die älteren Formen gültig, diejenigen auf S. 503 für die neueren. Als bemerkenswert für diese letzteren ist hervorzuheben, daß, wie leicht aus den Kräfteplänen der Fig. 32 und 32 a hervorgeht, mit Ausnahme des Fußringes alle andern, Zwischenringe so gut wie Scheitelring, gedrückt sind, während bei Kuppeln die Zwischenringe bekanntlich, je nach der Wölbung der Sparren, gezogen oder gedrückt sein können. — Konstruktion und Abdeckung der Zeltdächer vereinfacht sich natürlich ebenfalls etwas gegenüber den Kuppeldächern, namentlich die Abdeckung. Bleiben die wagerechten Querschnitte des Daches polygonal, so setzt sich die Dachfläche aus ebenen Trapezen zusammen. Vgl. a. [31].

Literatur: [1] Breymann, Allgem. Baukonstruktionslehre, 3. Teil, 5. Aufl., Leipzig 1890. — [2] Die Bauwerke der Berliner Stadteisenbahn, Sonderabdruck aus der Zeitschr. für Bauwesen, Berlin 1886. — [3] Die Hauptbahnhofsanlagen in Frankfurt a. M. von H. Wegele u. H. Eggert, Sonderabdruck aus der Zeitschr. für Bauwesen, Berlin 1892. — [4] Balbard, V., Monographie des Halles centrales de Paris (Auszug in E. Brandt, Lehrbuch der Eisenkonstruktionen, Berlin). — [5] Railroad Gazette, Juni 1893. — [6] Schweizerische Bauzeitung vom 13. April und 14. September 1889 (gibt Einzelheiten der Konstruktion und Aufstellung). — [7] Zentralbl. d. Bauverwalt. 1893, Nr. 18 u. 19. — [8] Gottgetreu, R., Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen, 3. Teil, Berlin 1885. — [9] Ritter, Anwendungen der graphischen Statik, 2. Teil. — [10] Brick, Zeitschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1882. — [11] Müller-Breslau, Graphische Statik der Baukonstruktionen, 2. Teil, Leipzig 1892. — [12] Mantel, G., Schweizerische Bauzeitung 1888, Nr. 16, 17, 25, 26. — [13] Köchlin, Applications de statique graphique, Paris. — [14] Schweizerische Bauzeitung 1895, Bd. 26, S. 1—3. — [15] Zentralblatt der Bauverwaltung 1893, Nr. 51. — [16] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. 4, 2. Abt., Leipzig. — [17] Keck, W., Vorträge über Elastizitätslehre, Hannover 1893. — [18] Förster, M., Die Eisenkonstruktionen der Ingenieurhochbauten, 2. Aufl., Leipzig 1903. — [19] Scharowsky, Musterbuch für Eisenkonstruktionen, 1. Teil, Leipzig und Berlin 1888. — [20] Schwedler, Konstruktion der Kuppeldächer, 2. Aufl., Berlin 1877. — [21] Hacker, Zeitschr. für Bauwesen 1888; Zeitschr. des hannov. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1888. — [22] Föppl, Das Fachwerk im Raume, Leipzig 1892. — [23] Ritter, W., Anwendungen der graph. Statik, 2. Teil, Zürich 1890. — [24] Handbuch der Architektur, 3. Abt., 2. Abschn., E.: Dachstuhlkonstruktionen, Darmstadt. — [25] Zentralblatt der Bauverwaltung 1893. — [26] Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen, 1. Teil, 1885. — [27] Zentralblatt der Bauverwaltung 1891 und 1892. Aus [25]—[27], erschienen im Verlage für Architektur von W. Ernst & Sohn, Berlin, sind die Fig. 18 und 21—25 in verkleinertem Maßstab entnommen. — [28] Zimmermann, Ueber Raumfachwerke, Berlin 1901. Vgl. a. die Literatur bei Dachstuhl. — [29] Handbuch der Architektur, Darmstadt, 3. Abt., 2. Abschnitt, E.: Dachstuhlkonstruktionen, 28. Kap. — [30] Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen, 3. Teil, Berlin 1889. — [31] Handbuch der Architektur, 1. Teil, Bd. 1, 2. Heft, Stuttgart 1898. Vgl. a. die Literatur bei Dachstuhl.

G. Mantel.

Dach, in der Geologie, s. Erzlagerstätten.

Dach, im Tunnelbau, s. First.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

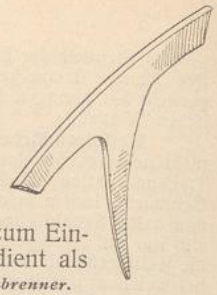
Dachabfall, f. v. w. Dachneigung (f. d.).

Dachausmittlung, f. Dachzerlegung.

Dachbalkenlage, f. Balkenlage.

Dachbinder, f. Dachſtuhl.

Dachboden, f. Dachgeſchoß und Dachöhre.



Dachbrücke, im Bauweſen, Werkzeug des Schieferdeckers, oben mit quergeſtellter, gekrümmter und geſtählter Klinge, ca. 25 cm lang, mit einer oder zwei Spitzen als Fuß zum Einſchlagen in das Holzwerk des Daches (ſ. die Figur). Es dient als Amboß beim Zurichten der Schiefer. *Weinbrenner.*

Dachbund (Dachbinder), ſ. Dachſtuhl.

Dachdeckerhammer, auch Dachhammer, ein Hammer, deſſen eine Seite zugeſpitzt mit ſcharfer Schneide zum Behauen des Schiefers, deſſen andre mit glatter Bahn zum Einſchlagen der Nägel dient (ſ. die Figur). Der Schindeldecker bedient ſich eines ähnlichen Hammers, bei dem die Spitze geteilt iſt, zum Ausziehen ſchiefgeſchlagener Nägel. *Weinbrenner.*



Dachdeckung, der oberſte Abſchluß eines jeden Gebäudes, das hierdurch vor ſchädlichen Einflüſſen bewahrt werden ſoll. Die Deckung ſoll 1. undurchläſſig für Regen und Schnee, Wind und Sturm, 2. froſtbeſtändig ſein, 3. Kälte und Hitze abhalten, 4. nicht zu ſchwer im Gewicht, 5. leicht auszubeſſern, ſodann 6., wenn tunlich, feuerſicher ſein. Zur Erfüllung dieſer Bedingungen dienen die verſchiedenſten Bauſtoffe, die je nach den Geldmitteln und den Anforderungen an Schönheit und Dauerhaftigkeit zu wählen ſind.

Der Bedingung von Feuerſicherheit, die für alle monumentalen Bauten von höchſter Wichtigkeit iſt, entſprechen:

I. Die harten Dachdeckungen. Hierunter verſteht man alle Dachungen aus natürlichen und künſtlichen Steinen ſowie aus Metallen. In konſtruktiver Hinſicht zerfällt dieſe Gruppe in zwei Hauptklaſſen:

A. Schuppenförmige Deckung, aus kleinen, flachen, ſich überdeckenden Stücken von geringem Gewichte beſtehend, mit ſteiler bis flacher Dachneigung. Hierzu rechnen: 1. die Ziegeldächer von verſchiedener Ausbildung und Anordnung. Allen gemeinſam iſt deren Eindeckung in wagerechten Reihen oder Scharen (ſ. d.) auf Lattung (ſ. d.) ſowie eine Abdeckung der Firſten und Grate (Firſteindeckung) mit Hohlziegeln (ſ. d.). Je nach den landesüblichen Formen der Dachziegel (ſ. d.) iſt zu unterſcheiden: a) das Dachplatten- oder Biberſchwanzdach (ſ. Biberſchwänze), b) das Pfannendach (ſ. d.), c) das Hohlziegeldach (ſ. d.), d) das italieniſche Dach (ſ. d.), e) das Falzziegeldach (ſ. d.). — 2. Zementdächer in Nachbildung von 1. (ſ. d.). — 3. Schieferdächer, gebildet aus den dünnen, glatten und leichten Schieferplatten von verſchiedener Form und Größe ſowie Dachneigung. Je nach den Arten der Schiefer unterſcheiden wir: a) das rheiniſche oder deutſche Dach mit ſchräg anſteigenden Bahnen auf Schalung, b) das engliſche Dach, und c) das franzöſiſche Dach mit wagerechter Eindeckung auf Lattung (ſ. Schieferdach, vgl. Dachſchiefer).

B. Plattenförmige Deckung mit wenigen Fugen und Stößen in flacher Neigung. Hierzu rechnen: 1. das Steindach aus Platten, von natürlichen Steinen gebildet, die monumentalſte, aber auch ſchwerſte Deckung (ſ. Steindach); 2. Metalldächer, meiſt aus großen Blechtafeln auf Holzſchalung in mannigfacher Weiſe ausgeführt. Nach den zur Verwendung kommenden Metallen unterſcheiden wir: a) das Zinkdach (ſ. d.), b) Eiſen- bezw. Wellblechdach (ſ. d.), c) Kupferdach (ſ. d.), d) Bleidach (ſ. d.).

II. Eſtrichdächer mit kontinuierlicher Fläche von ganz flacher Neigung, gut begehbar. Sie beſtehen aus einer undurchläſſigen Schicht, gebildet aus einer harzigen oder bituminöſen Maſſe, aufgebracht auf einer Unterlage von Stein oder Holz und vor den Einflüſſen der Sonne, Hitze und Kälte und vor Feuersgefahr durch eine Schutzlage bewahrt. Das Dachgerüſt iſt, der Belaſtung entſprechend, ſehr kräftig zu halten, und um das Erſticken des Holzwerks unter der Eſtrichlage zu verhüten, für Luftzutritt zu ſorgen. Hierzu rechnen: 1. das Dornſche Lehmdach, 2. das Holzzementdach (ſ. d.), 3. das Aſphaltdach, und 4. das Raſendach (ſ. d.).

Für nichtmonumentale Gebäude, ſolche von vorübergehendem Beſtande, beſonders für einfache und ländliche Bauten, dienen:

III. Weiche Dachdeckungen, aus Stoffen, deren geringe Dauer und Feuergefährlichkeit ſie von der Anwendung bedeutender Gebäude ausſchließen, deren ſonſtige Vorzüge aber, wie größte Wohlfeilheit der Beſchaffung ſowie Herſtellung, Schutz gegen Froſt und Hitze ſie für obengenannte Zwecke beſonders geeignet machen. Hierzu ſind zu rechnen: 1. das Teerpappdach (ſ. d.), 2. das Holz- oder Bretterdach (ſ. d.), 3. das Schindeldach (ſ. d. und Dachſchindeln), 4. das Stroh- und Rohrdach mit dem Lehmſchindeldach (ſ. Strohdach).

Literatur: Handbuch der Architektur, 3. Teil, 2. Bd., 5. Heft, wo auf S. 2 andre Werke verzeichnet ſind. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dachfahne, f. Wetterfahne.

Dachfenſter (Bodenfenſter), ſüddeutſch Dachgaube, eine Oeffnung in der Dachfläche zur Erhellung und Lüftung des Dachraumes. Je nach den Zwecken und der Bauart des Gebäudes, nach dem Deckmaterial und der Dachneigung iſt deren äußere Geſtaltung eine ſehr verſchiedene.

Die reichſte Ausbildung zeigen die ſogenannten Lucarnen [1] der altfranzöſiſchen Manſardendächer, deren Lichtöffnungen teils viereckig, teils rund oder oval ſind, das ſogenannte Oeil de boeuf, mit reichgegliederter Stirnumrahmung. Gute Vorbilder, ſogenannte **Dacherker,** zeigen die alten Bauten Nürnbergs, ebenſo die ſchiefergedeckten rheiniſchen Bauwerke mit ihren ſpitzen Dachnaſen. In neueſter Zeit werden die Umrahmungen der Dachfenſter meiſt in Holz mit Zinkblechverkleidung ausgeführt, weil dieſe leicht, von gefälligem Aeußern und guter Dauer ſind.

Jede Unterbrechung der Dachfläche bildet den Keim für ſpätere Mängel; es ſind deshalb die Dachfenſter ſo viel wie möglich zu beſchränken oder zu vermeiden. Dies wird erreicht: 1. bei den Dächern mit Knieſtöcken durch Anordnung von Oeffnungen in den letzteren; 2. bei Ziegeldächern durch Einlegen von Glasziegeln, Lichtziegeln aus Gußglas in Form des Deckmaterials; 3. durch ſogenannte Kaffenſter, halbkreisförmig aufgebogene Formziegel (mit oder ohne Verſchluß); 4. durch liegende Dachfenſter, auch Dachklappen, aus Gußeiſen oder Blech hergeſtellt in der Größe von 50/70 cm Lichtweite und ca. 10 cm hohem Rand. Durch eine Aufſtellvorrichtung mit Drehung an der oberen Schmalſeite wird eine Lüftung und Ausſteigen ermöglicht.

Literatur: [1] Ueber Lucarnen H. A. Raquenet, Matériaux d'architecture, Paris. — [2] Lienard, Specimens de la décoration au 19 siècle, Liège. — [3] Viollet-le-Duc, Dictionn. d'architecture, 6. Bd., S. 185—196. — [4] Handb. d. Architektur, 3. Teil, 2. Bd., 5. Heft, S. 358 ff. *Weinbrenner.*

Dachfirſt (Firſt, Forſt), die oberſte Kante, in der zwei Dachflächen zuſammentreffen; ſie iſt bei regelmäßigem Grundriſſe, alſo parallel laufenden Traufen, wagerecht, dagegen bei divergierenden Trauflinien anſteigend (ſ. Dachzerlegung). *Weinbrenner.*

Dachflötz, f. Schicht.

Dachfuß, f. v. w. Traufkante.

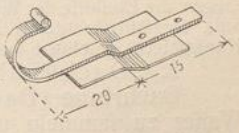
Dachgebinde, f. Dachſtuhl.

Dachgeſchoß (Dachboden, Dachraum), der Raum unter dem Dache eines Gebäudes zwiſchen dem Dach- und Kehlgebälk gelegen.

Er dient teils zu Wohnzwecken (Dachwohnung), teils als Beigabe zu den Wohnungen der unteren Stockwerke; als Aufbewahrungsraum (Bodenkammer, ſüddeutſch Speicherkammer). Bei flacher Dachneigung iſt ein nutzbarer Dachraum nur durch hohe Knieſtockwände zu erreichen. Am günſtigſten ſind die Manſardendächer, bei denen durch eine vorgeſtellte Blindwand die Dachſchräge verdeckt wird und ſo rings ſenkrechte Wände entſtehen. Für ſolche Dachräume zu Wohnzwecken beſtehen geſundheitspolizeiliche Vorſchriften, die ein Mindeſtmaß der lichten Höhe von 2,5—3,0 m feſtſetzen. *Weinbrenner.*

Dachgeſpärre, Geſamtheit der Sparren einer Dachfläche oder eines Dachſtuhls.

Dachhaken (Dachknappen), in 2,20—2,30 m Entfernung voneinander in Dachſparren eingeſchlagene gekrümmte eiſerne Haken zum Anhängen von Leitern bei Ausführung von Reparaturen (ſ. die Figur). *Weinbrenner.*



Dachhammer, f. Dachdeckerhammer.

Dachhaube, f. Dach.

Dachholz, das zur Dachkonſtruktion geeignete Bauholz, unter Ausſchluß des ſtärkeren Balkenholzes.

Dachkammer (Bodenkammer), in der Regel kleiner, abgeſchloſſener Raum im Dachgeſchoß (ſ. d.).

Dachkehle, norddeutſch Einkehle, die ſchräg anſteigende Rinne, die bei Zuſammentreffen zweier Dachflächen entſteht.

Deren Eindeckung hat mit beſonderer Sorgfalt zu geſchehen. Bei Schieferdächern dienen hierzu eigens geformte ſchmale Kehl- oder Waſſerſteine (ſ. Schieferdach). Solche Schieferkehlen kamen auch bei Ziegeldächern zur Anwendung; heute meiſt Kehlbleche (ſ. d.) mit gefalzten Rändern. *Weinbrenner.*

Dachkonſtruktionen, ſ. Dach, Dachſtuhl.

Dachlack, von weißer, ſchwarzer oder roter Farbe, zum Konſervieren von Pappe- und Eiſenblechdächern beſtimmt, entweder aus mit Teerölen verdünntem Teer oder aus Miſchungen von Kolophonium, Teeröl, Harzöl und einem Farbkörper (meiſtens Engelrot) beſtehend, trocknen zwar raſch, erhärten aber ſehr langſam. *Andés.*

Dachleitern, ſ. Feuerſchutz und Feuerrettungsweſen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dachnasen, s. Dachfenster.

Dachneigung, das Gefälle des Daches in Richtung der Senkrechten auf die Schnittlinie der Dachfläche mit einer Horizontalebene, ausgedrückt durch den Neigungswinkel oder durch das Verhältnis der Höhe zur Weite.

Sie ist abhängig von dem Deckmaterial und dessen Dichtigkeit sowie von dem Baustile des Gebäudes. In ästhetischer Hinsicht beachte man, daß flache Dächer leicht und gefällig erscheinen, hohe und steile Dächer dagegen schwer. Bezüglich der Konstruktion aber haben flache Dächer vermehrten Druck und starken Seitenschub, verlangen daher starke Querschnitte, während steile Dächer bei sehr geringem Seitenschub geringe Stärken ermöglichen. *Weinbrenner.*

Dachöhre, s. v. w. Dachboden, ein Dachraum, der zur Aufspeicherung von Vorräten, Getreide u. s. w. benutzt wird.

Dachpappe, auch Teer- und Steinpappe genannt, ist eine namentlich als Dachdeckmaterial, aber auch sonst zu verschiedenen Zwecken verwendete, mit Teer getränkte oder aus mit Teer gemischtem Papierstoff hergestellte, an der Oberfläche mit Sand bestreute Pappegattung; s. Pappesorten. *Maxim. Kraft.*

Dachpfanne, s. Dachziegel.

Dachpfette, s. Dachstuhl.

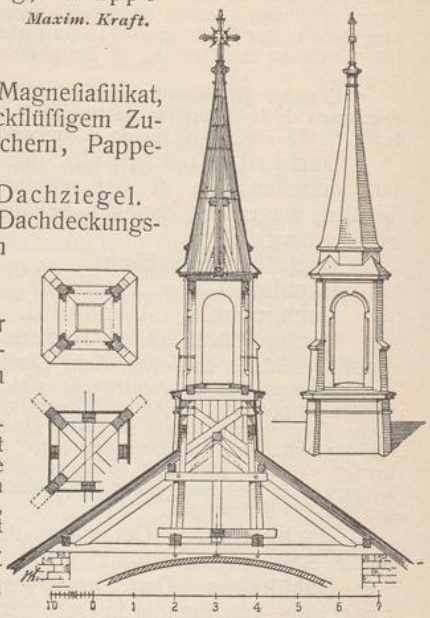
Dachpix, Mischung von Teer mit Magnesiasilikat, Metalloxyden und fetten Oelen; wird in dickflüssigem Zustande zur Herstellung von Holzzementdächern, Pappedächern u. s. w. verwendet.

Dachplatte, s. Biberschwänze und Dachziegel.

Dachplatten, künstliche ziegelähnliche Dachdeckungsmaterialien, die aus Zement und andern Mörtelstoffen hergestellt werden.

Dachraum, s. Dachgeschoß.

Dachreiter (Aufreiter), 1. ein über den Dachfirst aufsteigendes Türmchen zur Aufnahme einer Glocke oder Uhr an öffentlichen oder Fabrikgebäuden.



Er ruht meist auf dem Kehlgebälk mittels Sprengwerks auf. Als geeignet ist zu empfehlen, seine Last tunlichst von dem Gebälke abzuleiten und auf die Mauern zu übertragen (s. die Figur), überhaupt dem Aufbau eine möglichst breite Unterlage zu geben, so bei Vierungstürmchen, besonders wenn deren Last durch Glocken und deren Läuten vergrößert wird. Gegen die Einflüsse der Witterung muß der Dachreiter aufs sorgfältigste durch Metalldeckung (am besten Kupferblech) geschützt werden.

2. s. Dachstuhl. *Weinbrenner.*

Dachrinne (Dachkanal) hat den Zweck, das von dem Dach ablaufende Wasser zu sammeln und einem gemeinsamen Auslauf, sei es Ablaufrohr oder Wasserspeier (s. d.) zuzuführen, ohne daß das Gebäude und dessen Umgebung durch Traufwasser zu leiden hat.

Die ältesten Dachrinnen waren wohl aus Holz erstellt. An den griechischen und römischen Tempelbauten waren sie aus den Traufziegeln gebildet [1] oder aus den Steinen des Traufgesimses ausgearbeitet [2]. Ebenso sehen wir an den mittelalterlichen Bauten die Dachrinnen in

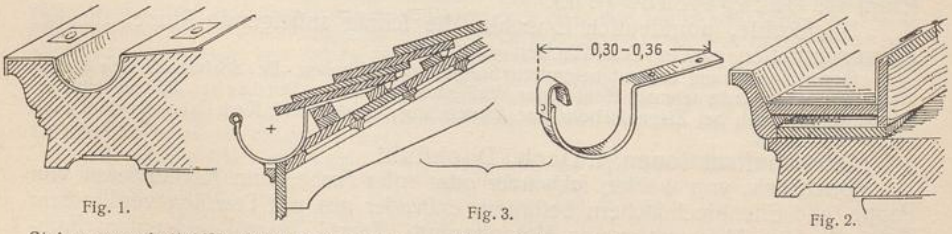


Fig. 1. Fig. 3. Fig. 2.

Stein ausgearbeitet [3]. Doch ist in unserm nordischen Klima diese Art der Rinnenbildung unzweckmäßig, weil eine vollkommene Dichthaltung der Stoßfugen auf die Dauer nicht zu bewirken ist. Eine solche kann nur erreicht werden durch eine Ausfütterung der Rinne mit starkem Metall-, z. B. Bleiblech (Fig. 1). Doch bietet auch diese durch die Ausdehnung des Metalls bei Temperatur-

wechfel noch Schwierigkeiten in der Befeftigung auf dem Steine. Beffer ift daher die Erftellung von freitragenden Rinnen aus verzinktem Eifenblech, Weißblech, Zink- oder Kupferblech, wovon jetzt am meiften das Zinkblech in den Nummern 13—15 Verwendung findet.

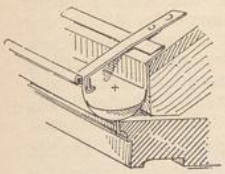


Fig. 4.

Die Größe der Dachrinnen ift fo zu bemeffen, daß felbft beim ftärkften Regen die Aufnahme und Ableitung des Waffers noch ficher bewirkt wird. Man rechnet auf 1 qm Dachfläche 0,8—1,0 qcm Rinnenquerfchnitt, wobei jedoch noch Dachneigung und klimatifche Verhältniffe zu berückfichtigen find. So verlangen die flachen und auffaugenden Holzzementdächer ca. 10 % weniger Querfchnitt. Hieraus ergibt fich eine Weite von 15—25 cm bei einer Höhe von mindeftens 7 cm an der Vorderkante.



Fig. 5.

Die Form der Dachrinne richtet fich nach der Gefimsanordnung. Die einfachfte, wohlfeilfte und auch widerftandsfähigfte ift die Halbkreisform, wobei zu beachten ift, daß der Vorderrand, der zur Verftärkung einen Rundftab angebogen erhält, niedriger gehalten fein muß als der Rand an der Dachfeite, damit bei etwaigem Verftopfen des Ablaufs ein Ueberfließen nicht nach dem Gebäude, fondern nach der Vorderfeite hin gefchieht. — In Fällen, wo ein Begehen der Rinne möglich fein foll, fo z. B. bei hohen Gebäuden zu Zwecken der Befichtigung und der Ausbefferung, ift der Boden der Rinne flach zu halten, und wird eine Kaftenrinne (Fig. 2) aus Föhrenholz erftellt, die innen mit Blech bekleidet wird.

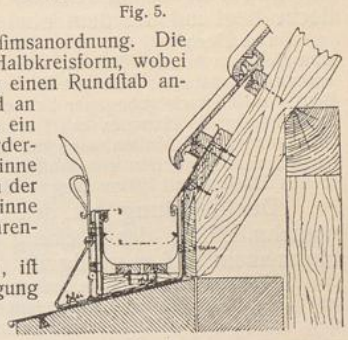


Fig. 6.

Um ein rafches Abführen des Waffers zu bewirken, ift die Rinne ins Gefäll zu legen. Hierzu genügt eine Neigung von 1 : 100 bis 1 : 125. Bei den Holz- oder Sparrengefimfen (Fig. 3) ift dies leicht zu erftellen durch geringe Erhebung der Sparrenenden, während es bei Steingefimfen, die genau bleirecht liegen follen, durch innere Zungen, die einzulöten find (Fig. 2 und 4) erzielt wird.

Die Rinne findet ihre Befeftigung unter der Traufe durch Heftbleche (f. d.), die eine Bewegung zulaffen; fodann durch rund abgebogene Kanaleifen, die in Entfernungen von etwa 80 cm an den Sparrenenden oder fonftwie angefchraubt oder feftgenagelt werden. Bei durchgehender Unterftützung der Rinne durch Traufbrett oder Steingefims können auch innere Spangen (Fig. 4) genügen. Die folgenden Fig. 5—8 find den Normalbeftimmungen des Kgl. preußifchen Miniferiums der öffentlichen Arbeiten vom 31. März 1887 [4] entnommen und zeigen Beifpiele für hohe und fteile Dächer an Monumentalbauten, während Fig. 9 den Normalquerfchnitt für Holzzementdächer darftellt. Doch haben diefe Normalkonftruktionen in technifchen Kreifen mehrfachen Widerfpruch gefunden [5] und [6]. Im allgemeinen ift noch darauf hinzuweifen, daß ftarker Temperaturwechfel, Winddruck und Schneerutfchungen an den Rinnen Befchädigungen veranlaffen können, fowie daß Beaufiichtigung und Ausbefferung derfelben meift fchwierig find, und es deshalb von Wichtigkeit ift, deren Herftellung nur den zuverläffigften Arbeitern anzuvertrauen.

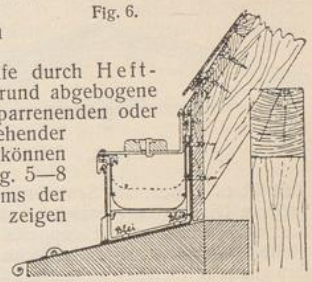


Fig. 7.

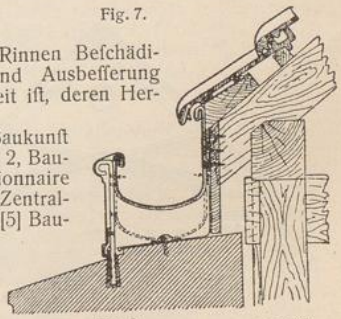


Fig. 8.

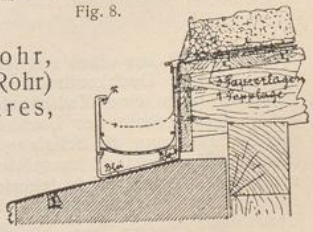


Fig. 9.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, II. Teil, Bd. 1: Baukunft der Griechen, von Durm, S. 96 u. 106. — [2] Dasf., II. Teil, Bd. 2, Baukunft der Römer, von J. Durm, S. 203 ff. — [3] Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonné de l'architecture de France, Bd. 3, S. 217—226. — [4] Zentralblatt der Bauverwaltung, 7. Jahrg. 1887, Nr. 22 a, S. 217 ff. — [5] Baukunde des Architekten, Berlin 1893, Bd. 1, 1. Teil, S. 533 ff. — [6] Kalender für deutfche Blechinduftrie, 1888. — Außerdem folgende Werke: Breymann, Baukonftruktionslehre, Bd. 3, Leipzig 1890; Gottgetreu, Lehrb. d. Hochbaukonftruktionen, Bd. 3, Berlin 1886; Hochbaulexikon von G. Schönemark und W. Stüber, Berlin 1902, S. 318 ff.

Weinbrenner.

Dachrohr (Deckenrohr, einheimifches Rohr, zum Unterfchied vom fpanifchen und italienifchen Rohr) ift der Stengel (Halm) des Schilf- oder Teichrohres, Phragmites communis *Trin.* (Fam. Gramineae).

Der Halm wird bis 4 m hoch, zerfällt durch Knoten in mehrere (hohle) Glieder (Internodien) und trägt bis zur Rifpe die an den Knoten entfpringenden Blätter, deren lange Scheiden die Glieder von den Knoten aufwärts umhüllen. Die Feftigkeit des Halmes rührt von dem unter der Epidermis

liegenden mechaniſchen Gewebe, einem Sklerenchymzylinder, her. Sobald die Halme genügend dürr geworden, bei uns gewöhnlich im Winter, werden ſie geſchnitten und in Gebinde von 75—80 cm Umfang gebracht. Auf 1 ha Teich- oder Seeufer ſchätzt man 120—300 Gebinde. Beſonders lange und tadelloſe (nicht gebrochene und geſpaltene) Halme werden als Dachrohr (25—35%), die übrigen als Mauerrohr (50—60%) gebunden; die Abfälle dienen als Streu. Die häufigſte und wichtigſte Verwendung iſt die zum „Berohren" der Wände und Zimmerdecken (Plafonds), die mit Bewurf zu verſehen ſind; ferner dient es zum Dachdecken, zu Matten für Frühbeetfenſter, zu grobem Flechtwerk, zu Mundſtücken für gewiſſe muſikaliſche Inſtrumente, zu Weberſpulen, Feder- und Pinſelſtielen; junge Schößlinge als Pferdefutter. Auch eine an Hanf erinnernde Faſer (zur Papierfabrikation) wird daraus gewonnen. Es findet ſich in ſtehenden und langſam fließenden Gewäſſern auf der ganzen Erde vor. *T. F. Hanauſek.*

Dachſattel, 1. Sattelform des Daches; 2. ſ. v. w. Firſteindeckung; ſ. Dach.

Dachsbeil, auch Dächſel, Texel, Haue genannt, unterſcheidet ſich von der Axt und dem Beil durch das quer zum Stiel ſtehende Blatt. Die Zuſchärfungsfläche liegt auf der dem Stiel zugekehrten Seite.

Das Dachsbeil mit etwa 6 cm langer Schneide und 30 cm langem Stiel dient beſonders zum Behauen hohler Flächen, wie Faßdauben, Radfelgen u. a. Man unterſcheidet gerade und krumme Dachsbeile: jene mit flachem Blatt und gerader Schneide, dieſe mit ſtark gekrümmtem Blatt und ſchwach gebogener Schneide. Die Haube iſt auf der der Schneide entgegengeſetzten Seite häufig als Hammer mit flacher viereckiger Bahn ausgebildet. Die Böttcher haben die Krummhaue und Mollenhaue, die Wagner den Felgendächſel, die Zimmerleute den Gerinnedächſel zum Herſtellen von Waſſerrinnen. Zur Bearbeitung von Holz, das an der Erde liegt, dienen Dächſel mit 80 cm langem Stiel. *Dalchow.*

Dachſchalung hat den Zweck, die Dacheindeckung aufzunehmen, was vornehmlich bei der Deckung mit deutſchem Schiefer, Metallblech, Dachpappe, Holzzement u. ſ. w. nötig iſt.

Man unterſcheidet die äußere und die innere Schalung. Die äußere Schalung beſteht aus 2,5—3,0 cm ſtarken, am beſten 14—18 cm breiten Brettern, die einfach nur gefugt ſind, d. h. ſtumpf und nicht zu dicht aneinander ſtoßen wegen Ausdehnung und Werfen der Bretter. Die Schalbretter liegen bei den gewöhnlichen Dächern auf den Dachſparren auf und laufen parallel mit dem Dachſaum. Bei den Dächern mit liegenden Sparren liegen ſie auf dieſen, und zwar ſo, daß die Fugen vom Firſt zum Dachſaum laufen. In neuerer Zeit iſt es üblich, bei Schieferdächern eine Zwiſchenlage aus Dachpappe anzuordnen, wodurch größere Dichthaltung erzielt wird. In Frankreich werden für Metalldächer zur Schalung nur ausgelaugte Hölzer und doppelte Schalung verwendet und zudem als Zwiſchenlage ein geöltes glattes Papier, um die ſchädliche Einwirkung der Holzſäfte auf das Metall zu verhindern. Die innere Dachſchalung kann entweder aus Gründen der Zweckmäßigkeit — um z. B. den Dachraum warm zu halten u. ſ. w. — oder als Dekoration angewendet werden. Dem erſten Zweck, dem der Zweckmäßigkeit, dient bei den Sheddächern die Innenſchalung, um den Wärmeausgleich zwiſchen Außen- und Innenluft und die damit verbundene Verdichtung des Waſſerdunſtes mit ihren ſchädlichen Folgen zu verhindern. Dem zweiten Zweck, dem der Schönheit, dient die innere Dachſchalung bei gewiſſen Kirchendächern (beſonders bei den Baſiliken). Man kann da zwei Hauptformen unterſcheiden. Bei der einen Art ſchließt ſich die Schalung unmittelbar an das Dachgeſpärre an, läßt aber die Dachkonſtruktion frei. Hier kommt manchmal zwiſchen Außen- und Innenſchalung noch eine Zwiſchenſchalung vor (Fig. 1 und 1a). Bei der zweiten Art iſt die Schalung unterhalb der Dachkonſtruktion und nur mittelbar mit ihr im Zuſammenhang. In dieſem Falle kann die Schalung — bezw. die Decke — horizontal, ſchief oder auch gekrümmt (als Gewölbe-Imitation) ausgeführt ſein (Fig. 2 und 2a). In beiden Fällen kann die Innenſchalung mehr oder weniger reich dekoriert ſein; beſonders häufig wird die Kaſſettierung angewendet.

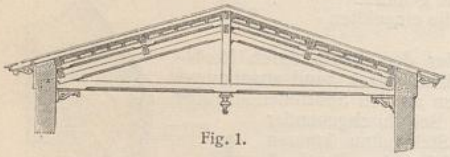


Fig. 1.



Fig. 1a.

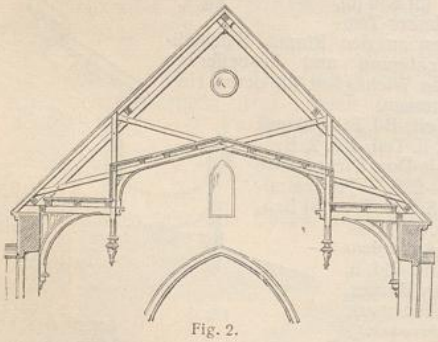


Fig. 2.

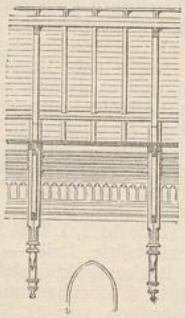


Fig. 2a.

Literatur: Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonſtruktionen, Teil 2, Holzkonſtruktionen, Berlin 1882, S. 252—259; Semper, G., Der Stil in den techniſchen und tektoniſchen Künſten, Bd. 2, § 154 ff., Frankfurt 1860. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dachſchiefer, in dünne und große, ebene, feſte und harte Platten ſpaltbare Tonſchiefer von ſehr einheitlicher und feiner Beſchaffenheit in bezug auf Korngröße der Gemengteile. Für den Tafelſchiefer iſt noch beſonders eine dunkle, womöglich ſchwarze Färbung erwünſcht.

In der Hauptſache iſt der Dachſchiefer als ein erhärteter und teilweiſe umkriſtalliſierter Ton aufzufaſſen, wie er vom wenig bewegten Waſſer als feinſter Schlamm abgeſetzt wird. Ein glimmerartiges Mineral nimmt an der Zuſammenſetzung des Tonſchiefers den größten Anteil und iſt teils in dem urſprünglichen Ton ſchon vorhanden geweſen, teils iſt es Neubildung. Dasſelbe gilt für den beigemengten Quarz. Im erſten Fall erſcheint der Quarz als feinſtes Sandkorn, im zweiten füllt er in winzigſter Form in unregelmäßiger Weiſe Zwiſchenräume zwiſchen andern Gemengteilen aus. Das glimmerartige Mineral, der vorherrſchendſte Gemengteil, tritt ſtets als feinſtes, meiſt farbloſes winziges Schüppchen auf und iſt in den meiſten Fällen Muskovit. In andern Fällen iſt die Natur des äußerſt feinſchuppigen Gemengteils nicht ſicher erkannt; er ſcheint ein waſſerhaltiges Tonerdeſilikat zu ſein. Er liegt entweder parallel mit den Schichtflächen oder auch parallel mit der Schieferung. Im letzteren und häufigeren Falle wird man ihn meiſt als Neubildung aus der kieſelſauren Tonerde (Kaolin) des tonigen Schlammes anſehen dürfen. Neben dieſen beiden Gemengteilen tritt noch ab und zu Feldſpat und deſſen Umwandlungsprodukt Kaolin als urſprüngliche Beimengung, natürlich in unreinem, durch Eiſenerzſtaub meiſt getrübtem Zuſtand auf, ferner Chlorit. Als Neubildung iſt beſonders Rutil in feinen, dünnen Nädelchen von brauner Farbe zu erwähnen. Als außerordentlich fein verteilte Zwiſchenmaſſe (Zement) zwiſchen dem glimmerartigen Gemengteil tritt häufig noch eine farbloſe, das Licht einfach brechende Subſtanz auf, die teils als amorpher Quarz, teils als ein Silikat gedeutet wird. Die ſchwarze Färbung vieler Dachſchiefer wird durch eine außerordentlich feine Beimengung von kohliger Subſtanz erzeugt, die wahrſcheinlich aus der Verweſung von organiſchen Subſtanzen hervorging, wie ſie in Form von abgeſtorbenen Tier- und Pflanzenreſten mit dem feinen Tonſchlamm zur Ablagerung gelangten. Die kohlige Subſtanz erſcheint häufig als Körnchen und Schüppchen von Graphit und amorphem Kohlenſtoff. Weitere Gemengteile, aber von untergeordneter Bedeutung, ſind Turmalin, Eiſenglanz (ſchwarzfärbend) und Goethit (letzteres färbt den Schiefer rot). Ferner iſt Schwefelkies eine häufige, meiſt gut kriſtalliſierte Neubildung, die indes dem Dachſchiefer nicht zum Vorteil gereicht [1].

Die Struktur der Dachſchiefer iſt eine feinkriſtalline. Die vorherrſchenden Gemengteile, der Glimmer, ſind mit ihren ebenen Flächen parallel der Schichtung oder zuweilen auch parallel der Schieferung angeordnet und verleihen dem Geſtein auf dieſen Flächen im reflektierten Licht einen zarten, ſeidenartigen Glanz, der den Querflächen vollſtändig fehlt. Vielfach iſt eine feine Fältelung der außerordentlich feinen, durch das glimmerartige Mineral erzeugten Schichtung zu bemerken. Die Spaltbarkeit beruht zum Teil auf der parallelen Lage des Hauptgemengteils, zum Teil auch auf Druckwirkungen (Faltung, Preſſung), denen der Schiefer als Gebirgsglied ausgeſetzt war und die ſich als ſogenannte transverſale Schieferung unter mehr oder minder ſpitzem Winkel zur Schichtung in Form von dichtgedrängten Flächen geringerer Kohärenz äußern. In nicht ſeltenen Fällen iſt Schichtung und Schieferung ſchwer voneinander zu unterſcheiden. Die Spaltbarkeit der Dachſchiefer iſt bei den an neugebildetem glimmerartigen Mineral reicheren Arten eine größere als bei den an ſolchem ärmeren [2].

Ihrer chemiſchen Natur [3] nach zeigen die Dachſchiefer weſentlich die Zuſammenſetzung eines an überſchüſſiger Kieſelſäure (Quarz, urſprünglich als Quarzſand, Sand vorhanden) und etwas Feldſpat reichen, meiſt eiſenſchüſſigen Tones. Der Dachſchiefer von Leheſten in Thüringen enthält: 59,99 % SiO_2, 16,29 % Al_2O_3, 13,42 % Fe_2O_3, 0,55 % CaO, 1,72 % K_2O, 3,84 % Na_2O, 2,71 % Glühverluſt [2]; derjenige von Nuttlar bei Brilon (Weſtfalen) nach Freſenius 51,53 % SiO_2, 18,2 % Al_2O_3, 12,50 % Fe_2O_3 und FeO, 5,88 % CaO, 4,38 % MgO, 2,82 % H_2O. Das ſpez. Gew. liegt zwiſchen 2,5 und 3,0, meiſt um 2,6 und 2,7; es ſteigt beſonders mit dem Erzgehalt. Die Härte des Schiefers ſchwankt um 3 herum.

Die Dachſchiefer finden ſich in den Tonſchieferablagerungen faſt aller vortertiärer Gebirgsformationen; die Dach- und Tafelſchiefer von Glarus gehören ſogar dem älteſten Tertiär an. Sie ſind in den älteſten Formationen viel häufiger, weil die Tonſchiefer hier einer bedeutenderen Umkriſtalliſation und Neubildung des glimmerartigen Minerales durch Druck, Preſſung und chemiſche Einwirkungen unterlagen. Beſonders reich ſind die Silur-, die Devon- und untere Steinkohlenformation (Kulm) an zu Dachſchiefern verwendeten Tonſchiefern, ſo z. B. im Urtonſchiefer Sachſens, im Glimmerſchiefer des Rieſengebirges, im Silur des Erzgebirges und Fichtelgebirges; im Unterdevon (Hunsrückſchiefer) des rheiniſchen Schiefergebirges, im Mitteldevon Weſtfalens, im Oberdevon des Sauerlandes; im Kulm (untere Steinkohlenformation) der Lahn- und Dillgegend, in Thüringen (Leheſten, hier geht die Spaltung der transverſalen Schieferung parallel), Oeſterreichiſch-Schleſien und Mähren; im Lias (untere Juraformation), in den kleinen Karpathen u. ſ. w.

Brauchbare Dachſchiefer müſſen möglichſt frei von Schwefelkies ſein, weil dieſer bei der Verwitterung ſein Volumen vergrößert und den Dachſchiefer ſprengt. Der Nachweis des Schwefelkieſes läßt ſich an der Bildung von ſchwefliger Säure mit ihrem charakteriſtiſchen Geruch beim Röſten oder Glühen auf Kohle erkennen. Beträchtlicher Gehalt an Mangan- und Eiſenoxydul ſind der Verwendung ebenfalls hinderlich. Auch die Gegenwart von vieler kohliger Subſtanz iſt ein Nachteil. Ihre Menge wird durch den Gewichtsverluſt beim Glühen des Schiefers beſtimmt. Die Gegenwart von kohlenſaurem Kalk darf einen gewiſſen Betrag (15 %) nicht überſchreiten. Schwefelkies- und Kalkſpatbeimengung ſprengen den Schiefer beim Brennen und Glühen. Die Poroſität des Dachſchiefers muß eine minimale ſein; im Mittel beträgt ſie 0,12 % ſeines Volumens. Die Waſſeraufnahme beträgt im geſättigten Zuſtand etwa 0,5 % des Eigen-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gewichtes. Riſſe und feine Spalten müſſen fehlen, und der Stein ſoll beim Anſchlagen hell klingen. Das in Riſſe und Poren eindringende Waſſer würde beim Gefrieren den Stein ſprengen. Das Vorhandenſein von größeren Quarzkörnern im Schiefer verbietet die techniſche Verwendung und hemmt beſonders die Bohrung der Löcher, auch das Sägen, Feilen und Hobeln der Platten. Die Druckfeſtigkeit pro 1 qcm betrug im lufttrockenen Zuſtand 939 kg, im waſſerſatten 828 kg beim Dachſchiefer von Naſſau; im Mittel wird ſie auf 790 kg angegeben. Für den Schiefer von Raumland bei Siegen wird die Zugfeſtigkeit auf 185 kg, die Biegungsfeſtigkeit auf 378 kg für 1 qcm Fläche angegeben. Alle dieſe Werte wechſeln in verſchiedener Weiſe, vor allem je nach der Richtung zur Schichtung und Schieferung. Die Wetterbeſtändigkeit des guten Dachſchiefers iſt eine ſehr große; Dächer von 300—400jährigem Alter weiſen kaum nennenswerte Veränderungen der Schiefer auf. Als vorzügliches Material gelten die rheiniſchen und die engliſchen (Nord-Cornwall) Dachſchiefer; letzterer iſt leichter (3—4 mm dick) als die deutſchen (5—6 mm dick) [4]. Ausgedehnte Gewinnung von rotbraunen und grüngrauen Dachſchiefern weiſen Belgien, Nordfrankreich (Maastal), dann Schweiz (Graubünden), Böhmen u. ſ. w. auf. — Zur vorläufigen Prüfung auf Wetterbeſtändigkeit wird nach Freſenius ein 12 cm langes und 3 cm dickes Schieferſtück in eine 1 cm hohe Waſſerſchicht in einem Glaſe geſtellt. Ein guter Schiefer zeigt ſich nach 24 Stunden nur einige Millimeter über der Waſſerfläche feucht. Bringt man ſchweflige Säure hinzu, ſo verwittert ſchlechter Schiefer bald, während guter ſich monatelang hält [5]. Eingehende Unterſuchungen über Wetterbeſtändigkeit von Dachſchiefern und Methoden der Prüfung hat H. Seipp ausgeführt [6].

Literatur: [1] Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., Leipzig 1894, III, S. 744. — [2] Kalkowsky, E., Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886, S. 259. — [3] Roth, J., Allgemeine und chemiſche Geologie, Berlin 1887, II, S. 588. — [4] Gottgetreu, R., Phyſiſche und chemiſche Beſchaffenheit der Baumaterialien, Berlin 1880, I, S. 47; Knoch, A., Der Dachſchiefer in der Baupraxis, Berlin 1895, II, S. 26; Brunner, Ueber die Wertbeſtimmung der Dachſchiefer, Bayr. Ind.- und Gew.-Blatt 1894. — [5] Induſtrieblätter 1890, S. 112; Wenkenbach, Fr., Beſchreibung des Bergreviers Weilburg, Bonn 1879, S. 117—123. — [6] Seipp, H., Die Wetterbeſtändigkeit der natürlichen Bauſteine mit beſonderer Berückſichtigung der Dachſchiefer, Jena 1900. *Leppla.*

Dachſchifter (Schiftſparren), ſ. Dachſtuhl.

Dachſchindeln, Schindeln, flache, zum Decken von Dächern oder Bekleiden von Wänden dienende Holztafeln, meiſt aus Fichten-, Tannen- oder Eichenholz von 30—100 cm Länge und 8—15 cm Breite.



Fig. 1.

Man unterſcheidet mit der Hand hergeſtellte Schindeln und Maſchinenſchindeln, und unter letzteren flache, aus Brettchen gefertigte und keilförmige, radial nach dem Kern des Holzſtammes zu geſchnittene Schindeln. Flache Schindeln (Fig. 1) ziehen ſich leicht krumm, erhalten Riſſe und werden undicht, bei keilförmigen Schindeln (Fig. 2) bleiben die Riſſe im Innern des Holzes, da die Jahresringe einander gleichlaufend ſind. Jede Schindel ruht mit einem zugeſchärften Ende in einer im Rücken der vorhergehenden Schindel befindlichen Furche. Die Schindeln wurden früher aus Klötzen keilförmig mit der Hand geſpalten, mit einem Ziehmeſſer beſchnitten und zugeſchärft. Die Furche wurde mit einem hakenförmigen Eiſen eingeriſſen. Heute werden die Schindeln gewöhnlich auf Maſchinen hergeſtellt, auf denen durch verſchiedene Hobel nacheinander die auf einer Sägemühle zugeſchnittenen Hölzer geebnet, mit einer Furche verſehen und zugeſchärft werden. — Zur Herſtellung der keilförmigen Schindeln baut die Fabrik für Holzbearbeitungsmaſchinen von F. W. Hofmann in Breslau beſondere Maſchinen. Die nach den Schindellängen zugeſchnittenen Holzklötze werden zunächſt von einer Kreisſäge kreuzförmig, wie Fig. 3 zeigt, aufgeſägt, dann auf einer kleineren Kreisſäge in keilförmige Schindeln zerlegt, indem die Holzſtücke an Anſchlagwinkeln der Säge zugeführt werden. Der Rücken der Schindeln iſt 20 mm, die ſchmale Seite 4 mm ſtark. Dann werden auf einer Schindelhobel- und Nutmaſchine die ſcharfen Kanten gleichmäßig geſchnitten und in die Rücken die Nuten eingefräſt. Die tägliche Leiſtung einer ſolchen Maſchine beträgt 3000—4000 Schindeln. — Andre Maſchinen zur Herſtellung von Schindeln ſind in D.R.P. Nr. 136029 [2] und Nr. 136109 [3] beſchrieben. Bei letzterer werden Holzblöcke durch eine Reihe parallel zueinander gelagerter Kreisſägen in Bretter zerlegt und dieſe durch eine zweite Kreisſägengruppe diagonal durchſchnitten. Zum Schluß werden die Schindeln auf einem Transportband einer Schmirgelſcheibe zugeführt und auf dieſer glattgeſchliffen. Vgl. a. Schindeldach.



Fig. 2.

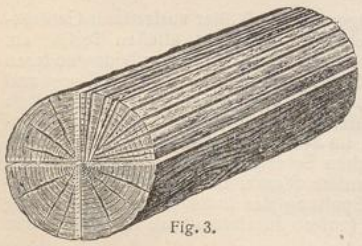


Fig. 3.

Literatur: [1] Zeitſchr. f. Werkzeugmaſchinen 1898—99, S. 107. — [2] Ebend. 1902—03, S. 120. — [3] Ebend. 1902—03, S. 146; Karmarſch-Fiſcher, Mech. Techn., Leipzig 1892. *Dalchow.*

Dachſeite, die äußere Seite eines Sparrens, auf der die Lattung oder Schalung für die Eindeckung befeſtigt wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dachſparren, ſ. Dachſtuhl.

Dachſpließe, Dachſpan, ſüdd. Dachſchindel: 1. ein aus beſonders ſpaltbarem aſtloſen Tannenholz hergeſtelltes Deckmaterial; 2. Zwiſchenlage unter die Stoßfugen des einfach eingedeckten Ziegeldachs, von 25 cm Länge, 5 cm Breite und 3 mm Dicke. S. Ziegeldach und Biberſchwänze.

Dachſtock, 1. ſüdd. für Dachgeſchoß; 2. Holzſtab aus Haſelruten u. dergl. (auch Bindſtock) zum Befeſtigen der Schauben des Strohdaches ſowie zum Anfertigen der Lehmſchindeln (ſ. d.).

Dachſtroh, ſ. Strohdach.

Dachſtube, bewohnbarer Raum in einem Dachgeſchoß (ſ. d.).

Dachſtuhl, der tragende Teil eines Daches, die ſogenannte Tragkonſtruktion, das Dachgerüſte. Nach dem Materiale, aus dem der Dachſtuhl der Hauptſache nach beſteht, unterſcheidet man Holzdachſtühle, Eiſendachſtühle und gemiſchte oder mit Eiſen armierte Holzdachſtühle. Für die Wahl des Materiales ſind beſonders maßgebend die Spannweite, die Feuerſicherheit und der Koſtenpunkt.

Für die Konſtruktion eines Dachſtuhls iſt von beſonderer Wichtigkeit die Dachform im allgemeinen, die Dachneigung, d. h. die Größe des Neigungswinkels der Dachflächen gegen den Horizont (ſ. Dach), die Dachbelaſtung, ſpeziell ob der Dachſtuhl außer der gewöhnlichen Dachlaſt (Eigengewicht, Schnee und Winddruck) auch noch eine andre Laſt zu tragen hat, z. B. eine Decke, eine Wand, und ſchließlich der Umſtand, ob der Dachraum möglichſt frei bleiben muß oder ob Konſtruktionsteile ungehindert durchgelegt werden können.

Holzdachſtühle.

Im allgemeinen wird jeder Dachſtuhl aus einer Reihe von Dachbünden und Geſpärren gebildet, die in Entfernungen, die durch die Unterſtützung beſtimmt werden, voneinander ſtehen und auf denen unmittelbar die Dachlattung bezw. die Dachſchalung befeſtigt iſt, die dann die eigentliche Dachdeckung (ſ. d.) trägt. — Ein jeder Holzdachſtuhl beſteht aus einer mehr oder weniger großen Anzahl von Verbandſtücken — zumeiſt vierkantigen Hölzern —, deren Namen, Zweck und Querſchnittsſtärken weiter unten folgen.

Als allgemeine Geſichtspunkte bei Anordnung der Dachſtühle haben zu gelten: 1. Die Hölzer, beſonders die tragenden, dürfen nur wenig geſchwächt werden; 2. ſie ſollen in der Richtung ihrer Ebene vollkommen feſt und unverſchiebbar ſein; 3. es iſt ein guter Quer- und Längsverband anzuſtreben durch Anordnung von Balken, Spannriegeln und Zangen ſowie durch Pfetten und Büge; 4. zur Beurteilung der Widerſtandsfähigkeit iſt eine Kräftezerlegung vorzunehmen und zu unterſuchen, ob die Hölzer auf Zerreißen, Biegung oder Druck beanſprucht werden; 5. man hat ſich klarzulegen, welche Bewegung die Hölzer beim Einſturz machen und hiernach Vorkehrungen für die Standſicherheit zu treffen; 6. bei Anordnung des Dachſtuhls iſt Einfachheit der Verbände, Holzerſparnis und ein gefälliges Ausſehen anzuſtreben.

Der Dachbinder, Dachbund oder Bund, der aus der Geſamtheit der tragenden, ſtützenden und verſteifenden Verbandhölzer beſteht, ſoll im allgemeinen auf feſten Mauern oder Pfeilern aufzuliegen kommen. Iſt es nicht zu vermeiden, daß er auf eine Oeffnung trifft, ſo iſt dieſe durch einen Wechſel (ſ. d.) zu entlaſten. Die übliche Entfernung der Bünde, Bundweite, beträgt etwa 3,0—4,5 m und 6,0 m. Man unterſcheidet: a) ſtehender Stuhl oder Bund bei ſenkrechter Unterſtützung der Pfetten durch ſogenannte Stuhlſäulenpfoſten; b) liegender Stuhl bei Aufnahme des Drucks und Ueberleitung desſelben durch ſchrägſtehende Streben auf die Außenmauern, wobei eine Sprengung über dem Bundbalken entſteht. Die Anwendung dieſer Verbandweiſen iſt abhängig von der Art der Grundrißanlage und der Zwiſchenunterſtützungen des Gebäudes (durch Wände, Pfeiler u. ſ. w.) und von der Nutzbarmachung des Dachraums. Es folgen die Benennungen der Dachhölzer und ihre Funktionen.



Fig. 1.



Lotſchiftung

Fig. 2.

1. Sparren (*Sp*) dienen zur unmittelbaren Aufnahme der Lattung oder Dachſchalung (ſ. d.). Sie werden auf Biegung beanſprucht und liegen daher hochkantig. Man unterſcheidet: a) ſteigende oder ſtehende Sparren, die von der Traufe zum Firſt laufen und bei den hohen und ſteilen Dächern allgemein üblich ſind; b) liegende Sparren, parallel zu Traufe und Firſt, wie bei den italieniſchen bezw. antiken Dächern. Ihre freitragende Länge iſt im Mittel 4,0—4,5 m (wagerecht gemeſſen 3,0 m) und ſoll 5,0 m nicht überſchreiten; ihr Querſchnitt = 12×16 cm, bei kleinen Weiten 10/13 cm, kann bei den ſteigenden Sparren gegen den Firſt um ein geringes abnehmen. Hier werden dieſe in zuſammengehörigen Paaren durch den Scherzapfen (ſ. d.), manchmal durch einfache Ecküberblattung (ſ. Ueberblatten) verbunden und verbohrt. Der ſeitliche Abſtand der Sparren iſt abhängig von der Belaſtung bezw. dem Deckmaterial (vgl. Schlußbetrachtungen) und kommt außerdem die Bundweite, Länge der Schalbretter oder Latten in Betracht, damit kein Verſchnitt ſtattfindet. Gratſparren (ſ. Fig. 1) liegen in der Gratebene eines Walmdaches, während die Kehlſparren (ſ. Fig. 2) in der von den einſpringenden Winkeln des Gebäudes ausgehenden Ebene (der Kehlebene) des Daches liegen. Dieſe beiden dienen zur Aufnahme der an ihnen endigenden Schifter oder Schiftſparren und Reiter (Reitſparren), die in einer Schmiege (ſ. d.) ſich an ſie anlehnen bezw. aufſitzen und mit Sparrennägeln befeſtigt werden. Zum Auflager der Sparren dienen:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

2. Die Pfetten (*P*), auf die ſie durch Auffatteln oder Aufkämmen (ſ. d.) aufgelegt und durch etwa 12 cm lange Sparren- oder Leiſtnägel befeſtigt werden. Die Stärke der Pfetten beträgt 15 × 18 cm bis 18 × 18 cm und geht ihre Richtung parallel mit Traufe und Firſt. Nach der Höhenlage unterſcheidet man a) Firſtpfette (*FP*), die oberſte, die zur Erhaltung einer ſchönen Firſtlinie unentbehrlich iſt; b) Mittel- oder Dachpfette, und c) Fußpfette, die unterſte, die direkt auf dem Dachgebälke (bei alten Dachſtühlen Saumſchwelle) oder in neuerer Verbandweiſe auf dem Knieſtock aufliegt. Zur Sicherung des Längsverbandes ſollen die Pfetten aus möglichſt langen, durchgehenden Hölzern beſtehen, und dürfen Stöße nur auf den Bünden verſetzt oder verſchränkt ſtattfinden, d. h. nicht auf einem und demſelben Bund. Von dem ſicheren Auflager, der hinreichenden Unterſtützung und Verſteifung der Dachpfetten hängt Feſtigkeit und Dauer des Dachſtuhls ab.

3. Bundbalken (*Bb*), Binderbalken (Bundtram), Zugbalken, wagerecht in der Sparrenebene liegender, durch die ganze Weite des Dachſtuhls von einer zur andern Umfaſſungsmauer des Gebäudes ununterbrochen durchlaufender Balken. Die Grundlage des Dachbinders bildend, hat er den Zweck, den Schub des Dachſtuhls aufzunehmen, und wird deshalb auf Zug und Biegung beanſprucht, daher hochkantig gelegt. Die Stärke geht je nach den Beanſpruchungen von 13 × 16 cm bis 24 × 29 cm für Spannweiten von 5—20 m. Bei ſehr großen Spannweiten kann der Bundbalken durch entſprechende Anordnung der Streben u. ſ. w. überflüſſig bezw. durch eine eiſerne Zugſtange erſetzt werden.

4. Mauerlatte (*ML*), Mauerbank, auf der Hauptmauer der ganzen Länge nach aufliegend, dient zur Aufnahme der Bund- und Dachbalken, die aufgekämmt oder gedollt ſind, ſowie zur Uebertragung und Verteilung der Belaſtung auf eine möglichſt große Mauerfläche. Bei ſehr ſchweren Dachſtühlen und ſolchen von großer Spannweite kommen oft zwei parallel nebeneinander laufende Mauerlatten zur Anwendung. Der Querſchnitt ſchwankt zwiſchen 9 × 12 cm bis 16 × 19 cm; ſie liegen flachkantig.

5. Stuhlſäulen (*StS*), Pfoſten von quadratiſchem Querſchnitt, die auf die Bundbalken mit Zapfen geſetzt ſind und die Dachpfetten tragen und unterſtützen; ihre Stärke geht von 16 × 16 cm bis 21 × 21 cm.

6. Streben (*Str*), unter einem Winkel geneigte Hölzer zur Unterſtützung der Pfetten und Uebertragung der Dachbelaſtung auf den Bundbalken. Deren Querſchnitt ſchwankt von 16 × 21 cm bis 18 × 27 cm; ſie ſind wie auch 5. auf Druck beanſprucht. Außerdem kommen vor:

7. Spannriegel (*Spr*), in halber Dachhöhe liegend, verbinden und verſteifen die oberen Enden von 5. und 6. in wagerechter Richtung; ſie bilden mit dieſen einen feſten Rahmen und faſſen an ihren äußerſten Enden die Sparren, mit denen ſie verblattet und verſchraubt ſind. Ihre Stärke iſt 15 × 18 cm bis 18 × 24 cm. Auf dieſen oder auf den Dachpfetten aufgelegt ſind die

8. Kehlbalken (*Kb*), wagerecht in der Sparrenebene und mit dieſen verzapft oder in der Längsrichtung in der Höhe der Dachpfetten laufend. Sie bilden eine Balkenlage, die den Dachkammern als Decke und dem oberſten Speicherraum als Fußboden dient. Ihr Querſchnitt iſt gleich dem der Sparren; auch ſind ſie auf die hohe Kante gelegt. Ihre Anwendung ermöglicht die Erſtellung von windſchiefen (ſ. d.) Dachflächen, ohne gekrümmte Pfetten.

9. Hahnenbalken (*H*), Hain- oder Spitzbalken, ein kurzer, bei dem Dachfirſt angebrachter Riegel.

10. Zangen (*Z*), einfache oder doppelte, auf Zug, ſeltener auf Biegung beanſpruchte Halbhölzer, dienen zum Zuſammenhalten, z. B. Einhalten der Sparren gegen Hinausſchieben.

11. Büge (*B*), Kopfbänder, kurze, unter 45° geneigte Hölzer, dienen zur Verſteifung der Pfetten mit den Streben und Spannriegeln durch Bildung feſter Dreiecke an den Knotenpunkten. Sie ſind die ſchwächſten Hölzer der Dachbinder und kommen in der Stärke von 12 × 12 cm bis zu einer Länge von 1,50—1,60 m zur Verwendung. Ueber dieſe Länge hinaus ſind ſie 12 × 16 cm ſtark zu machen.

12. Hängeſäulen (*HS*), einfach oder doppelt, kommen bei Dachſtühlen mit Hängewerk (ſ. d.) vor; ſie ſind auf Zug beanſprucht.

13. Windſtreben (*WS*), Windriſpen, dienen zur Verſteifung der Sparren gegen Winddruck und Verſtärkung des Längsverbandes. Sie reichen ſchräglaufend von den Sparrenfüßen gegen den Dachfirſt durch und ſind an der Unterſeite der Sparren mit dieſen verblattet.

14. Knieſtock (*KW*), Kniewand, Drempelwand, eine Erhöhung der Stockmauer etwa um 0,50—1,50 m zum Zweck, die untere Auflage der Sparren von der Balkenlage unabhängig zu machen, und die bei alten Dachſtühlen üblichen Auffchieblinge und den hierdurch entſtehenden Leiſtbruch zu beſeitigen, durch den der Abfluß des Regenwaſſers auf den Dachflächen gehemmt und eine baldige Schädigung der unteren Sparrenenden verurſacht würde. Der Knieſtock kann auch in Fachwerk ausgeführt werden und beſteht dann aus Schwellen, Pfoſten und Bügen, welche die Fußpfette tragen, die durch eine Zange mit der Strebe verbunden und feſtgehalten wird.

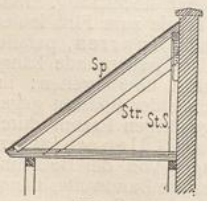


Fig. 3.

Die am häufigſten zur Anwendung kommenden Holzdachſtühle ſollen in nachſtehenden Beiſpielen gezeigt werden und dabei die in vorſtehender Beſprechung der Verbundhölzer beigeſetzten Abkürzungsbuchſtaben zur Erklärung dienen. Wir unterſcheiden: A. Pultdächer; B. Satteldächer mit Balkenlage; C. Freitragende Dachſtühle; D. Dachſtühle ohne Balkenlage; E. Hallendächer.

A. Pultdächer (ſ. Dach). Das Pultdach iſt die älteſte und einfachſte Dachform und dient heute meiſt zur Ueberdachung von Seitenbauten. Es wird bis zu 3 m Weite aus Sparren gebildet, die auf den Unterſtützungsmauern aufliegen, vorausgeſetzt, daß dieſe ſtark genug ſind, dem Schube zu widerſtehen. Bei einer Grenzmauer iſt ein Auflegen des Daches nicht geſtattet;

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dieſes wird nur angelehnt und durch Pfetten, die durch Pfoſten und Streben geſtützt ſind, getragen (Fig. 3). An großen Gebäuden, die einen nicht zu weiten Hof umſchließen, kann das Pultdach dazu dienen, bei Hochführung der Außenmauern den Waſſerablauf gemeinſam gegen den Hof zu leiten (Fig. 4). Bei landwirtſchaftlichen Schuppen kann das Pultdach bis

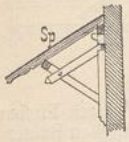


Fig. 6.

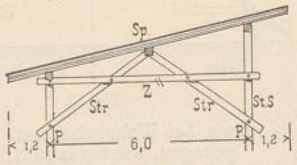


Fig. 5.

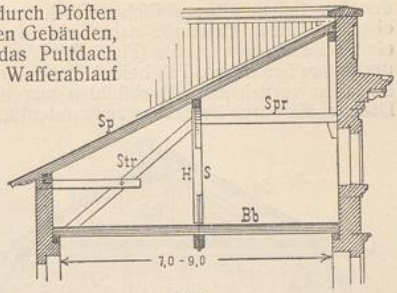


Fig. 4.

zu 10 m Breite zur Anwendung kommen (Fig. 5). Vordächer an Gebäuden (Klebedächer) ſind an eingemauerten Tragſteinen aufzuhängen (Fig. 6) und durch feſte Dreiecke zu ſtützen.

B. **Satteldächer mit Balkenlage** bedürfen bei ganz geringer Weite, d. h. bis 4,5 oder 5 m, einer Auflage der Sparrenpaare a) auf den Balken (Fig. 7, *a*) (das Fußende der Sparren geächſelt), in welchem Falle keine Längsunterſtützung durch Pfetten nötig, weil ein Aneinanderreihen von Gebinden (ſ. oben) beſteht, oder b) auf Sattelſchwellen (Fig. 7, *b*), wobei auch eine Firſtpfette (oder Hahnenbalken *H*) anzuordnen wegen Ausgleitens der Sparren. Bei einer Gebäudelänge von 4—6 m kann die Unterſtützung der Firſtpfette durch die Giebel erfolgen; bei größerer Länge iſt Zwiſchenunterſtützung nötig und beſteht dieſe in 1. Pfoſten oder 2. einem Bock (Fig. 8, *a*), gebildet durch zwei Streben, wobei die Anordnung von Kreuzſtreben vorzuziehen iſt (Fig. 8, *b*).

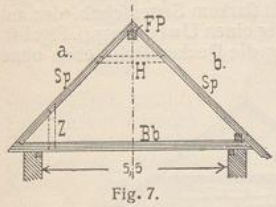


Fig. 7.

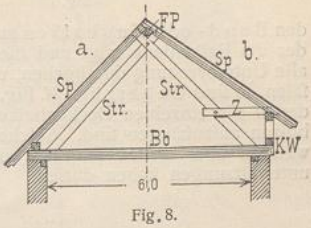


Fig. 8.

Bei größerer Weite entſtehen die ſogenannten Stuhldächer (ſ. oben). Wir unterſcheiden: a) einfacher ſtehender Stuhl mit Mittelpfoſten und Kehlbalken (ſ. oben) auf jedes Sparrenpaar.

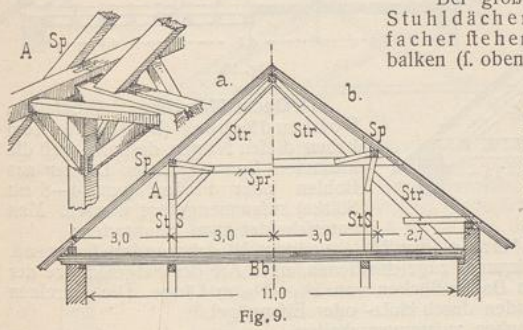


Fig. 9.

b) Doppelter ſtehender Stuhl (Fig. 9, *a*, *b*) mit zwei Pfoſten, die durch Büge oder Streben gegen Verſchieben zu ſichern ſind. Fehlt das Kehlgebälke, ſo ſind die Sparren auf den Pfetten aufzuſatteln. Liegt die Fußpfette auf dem Knieſtocke auf, ſo iſt ſie durch eine Zange gegen Hinausſchieben zu ſichern.

c) Der liegende Stuhl hat den Vorteil den vorſtehenden gegenüber, daß er die Anordnung des Speicherraumes freigibt und die geſamte Laſt des Daches auf die Außenmauern überträgt (Fig. 10—12). Die Unterſtützung der Firſtpfette erfolgt durch einen Pfoſten oder Streben vom Spannriegel aus. Die oberen Pfetten werden durch Büge von den Streben und Spannriegeln aus verſteift und ihre freitragende Weite verringert. — Bei den Dachſtühlen mit von Balken bis

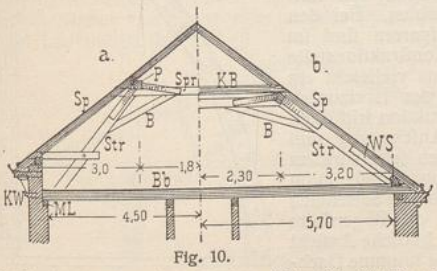


Fig. 10.

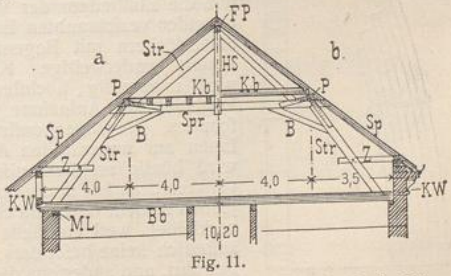


Fig. 11.

Firſt durchgehenden Streben (Fig. 12, *b*) (Tragſparren) und Knieſtockanordnung ſind die Büge nicht vorteilhaft, weil die Uebertragung der Laſt von den Pfetten auf die Streben unter ſtarkem Winkel erfolgt, ſtatt in Ebene, und ſo verſtärkter Druck entſteht. In dieſem Falle ſind die Windſtreben vorzuziehen (ſ. a. Fig. 10, *b*). Hierher gehört auch das ſogenannte gebrochene oder Manſard-Dach, ſo benannt nach dem franzöſiſchen Architekten Fr. Manſard († 1666),

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der den hohen altfranzöſiſchen Dächern die oberſten ſpitzen Geſchoſſe nahm und durch ein flacheres Dach erſetzte (Fig. 13), während der untere benutzbare Teil beibehalten wurde. Bei allen vorſtehenden Dachſtühlen war das Dachgebälk durch Zwiſchenwände unterſtützt,

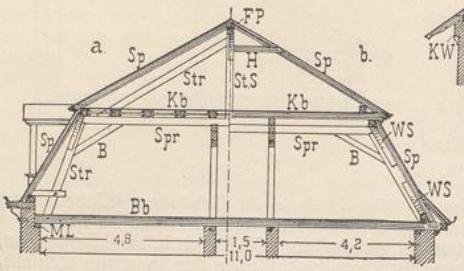


Fig. 13.

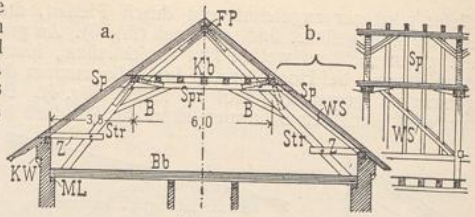


Fig. 12.

wie bei Wohngebäuden, oder durch Pfoſten getragen, wie bei landwirtſchaftlichen Bauten. Soll aber der Dachſtuhl außer der Eindeckung auch das Dachgebälke tragen, was eine ſtarke Mehrbelaſtung bildet, ſo entſtehen

C. Freitragende Dachſtühle. Deren Tragſyſtem beſteht je nach der Weite u. ſ. w. aus einem einfachen oder doppelten Hängewerk (ſ. d.) mit ſtarkem Seitenſchub, der auf den Bund- oder Zugbalken zu übertragen iſt. Dabei bildet dieſer einen Unterzug (ſ. Fig. 14), der die Balkenlage trägt und die Decke in Felder teilt. Soll aber die Deckenfläche eben ohne alle Unterbrechung durchgehen, wie z. B. bei Konzertſälen, ſo ſind Ueberzüge (ſ. Fig. 15) anzuwenden, an denen die einzelnen Deckenbalken durch Schraubenbolzen aufzuhängen ſind. Solche Decken ſind anzuwenden über weiten Räumen, die keine Zwiſchenunterſtützungen haben dürfen.

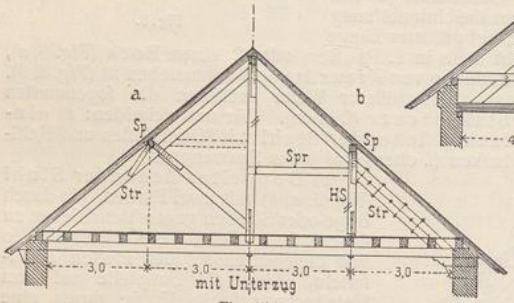


Fig. 14.

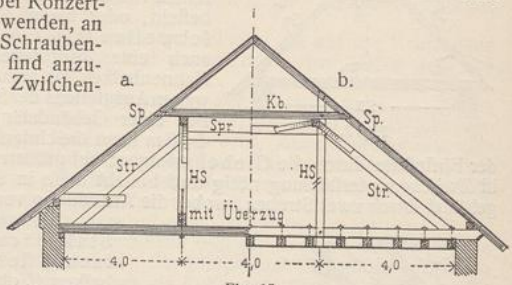
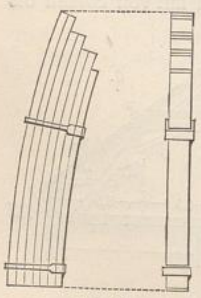


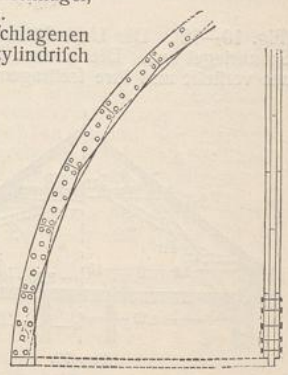
Fig. 15.

D. Dachſtühle ohne Balkenlagen. Bohlendächer (Bogendächer) haben dieſen Namen deshalb, weil die krummen Sparren dieſer Dächer aus Bohlen oder Pfoſten (von 4—8 cm Stärke) zuſammengefügt werden. Man unterſcheidet zwei Hauptarten:

a) Syſtem des Philibert de l'Orme (Fig. 16), aus dem 16. Jahrhundert ſtammend. Die Sparren beſtehen aus ebenen, aber krumm zugeſchnittenen, nach Art der Felgenkränze der hölzernen Waſſerräder zuſammengeſetzten Bohlenſtücken von $1\frac{1}{4}$—$1\frac{1}{2}$ m Länge. Die einzelnen (gewöhnlich zwei bis drei) Brettlagen werden durch Holz- oder Eiſennägel, bei beſſerer Ausführung durch Eiſenſchrauben zuſammengehalten.

b) Syſtem Emy (Fig. 17). Bei dieſer 1819 erſtmals vorgeſchlagenen beſſeren Konſtruktion beſtehen die Sparren aus möglichſt langen, zylindriſch gebogenen und in dieſer Form (ähnlich wie die Blattfedern der Wagen) feſt miteinander verſchraubten Bohlen. Bei den Satteldächern mit Bogenſparren ſind im Innern anderweitige Konſtruktionsteile nicht notwendig, höchſtens vielleicht ein Zugband zur Aufnahme des Horizontalſchubes. Die Bogenkonſtruktion tritt dann innen zur unverhüllten Anſchauung und wird häufig architektoniſch ſehr wirkſam verwertet. Außen iſt die Bogenkonſtruktion jedoch zumeiſt durch ein ebenes Satteldach verkleidet, weil einerſeits die Bogenform äußerlich keine beſonders hübſche Anſicht gewährt, und anderſeits die krumme Dachfläche, vornehmlich bei Eindeckung mit Ziegel und Schiefer, den Nachteil des Klaffens zur Folge hat. Außerdem iſt die Ausführung ſolcher Bohlendächer ſehr ſchwierig, weshalb ſie auch teuer ſind. Ein weiterer Nachteil liegt darin, daß ihre praktiſche Tragfähigkeit und Stabilität — infolge der Zuſammenſetzung aus ſo vielen kleinen, dem Werfen und


Fig. 17.


Fig. 16.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schwinden unterworfenen Teilen — nicht mit jener Sicherheit vorher beſtimmt (berechnet) werden kann, wie diejenige einer Konſtruktion einfacherer Art. Aus allen dieſen Gründen werden Bohlendächer — die früher beſonders zur Ueberdachung weiter Räume, wie Schuppen, Verkaufshallen, Theater, Kirchen u. ſ. w. vielfeitigſte Verwendung fanden — in neueſter Zeit nur in den ſeltenſten Fällen angewendet, da man mit einer Eiſenkonſtruktion viel einfacher und billiger die Aufgabe löſen kann.

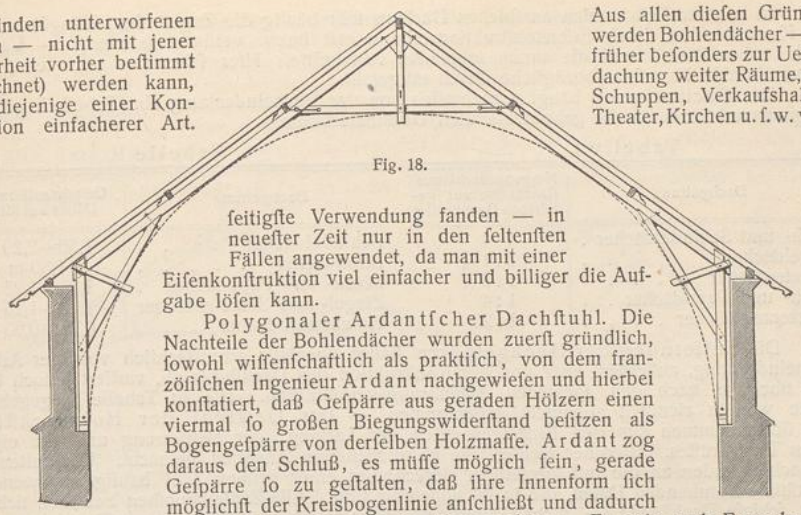


Fig. 18.

Polygonaler Ardantſcher Dachſtuhl. Die Nachteile der Bohlendächer wurden zuerſt gründlich, ſowohl wiſſenſchaftlich als praktiſch, von dem franzöſiſchen Ingenieur Ardant nachgewieſen und hierbei konſtatiert, daß Geſpärre aus geraden Hölzern einen viermal ſo großen Biegungswiderſtand beſitzen als Bogengeſpärre von derſelben Holzmaſſe. Ardant zog daraus den Schluß, es müſſe möglich ſein, gerade Geſpärre ſo zu geſtalten, daß ihre Innenform ſich möglichſt der Kreisbogenlinie anſchließt und dadurch einen ebenſo gefälligen Anblick gewährt wie die Bogengeſpärre. Er gab auch Formeln und Tabellen zur Berechnung ſolcher Dächer für die verſchiedenſten Ausführungsverhältniſſe. Als Beiſpiel für die Konſtruktion der Ardantſchen Polygonaldächer geben wir die in Fig. 18 dargeſtellte, die durch ihre Einfachheit und die Durchbildung ihrer Knotenverbindungen als eine Normalkonſtruktion gelten kann.

E. **Hallendächer** gehören ebenfalls, wie die Polygonaldächer, dem Syſtem der Dächer mit kombinierten Häng- und Sprengwerken an. Sie finden hauptſächlich beim Eiſenbahnhochbau ſowie bei induſtriellen Bauten Anwendung — vornehmlich bei Bahnhofshallen, Güter- und Ladehallen, Wagenſchuppen, Lokomotivremiſen u. ſ. w. —, bei denen es ſich um freie Ueberdachung eines weiten Raumes handelt und auf Benutzung des Dachbodenraumes nicht reflektiert wird. — Je nach dem ſpeziellen Zwecke und den ſonſtigen Verhältniſſen gibt es eine Unzahl von Konſtruktionen. Man kann aber zwei Haupttypen unterſcheiden: a) ſolche Hallendächer, bei denen nur ein Raum (eine Halle) überdacht wird; b) ſolche Dächer, wo an die eigentliche Halle beiderſeits noch Flug- oder Schutzdächer von mehr oder minder weiter Ausladung ſich anſchließen, wie dies bei Güter- und Ladehallen der Fall iſt.

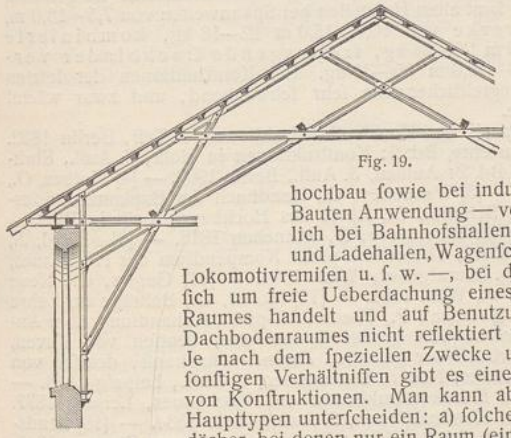


Fig. 19.

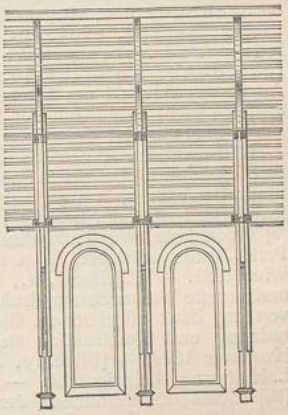


Fig. 19a.

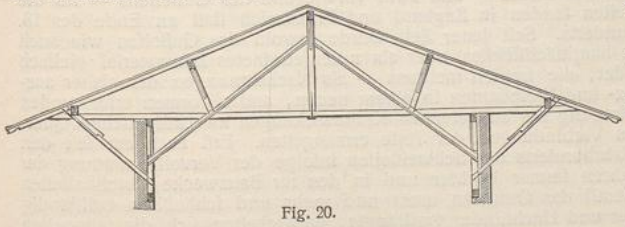


Fig. 20.

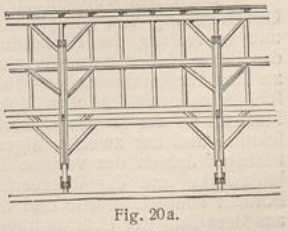


Fig. 20a.

In Fig. 19 und 20 ſind dieſe Haupttypen durch zwei der Praxis entnommene Beiſpiele (im Querſchnitt oder Profil und im Längenſchnitt) veranſchaulicht. Fig. 19 und 19a geben den von Moller entworfenen und ausgeführten (18,5 m weiten) Dachſtuhl der Reitbahn in Wiesbaden, Fig. 20 und 20a den Dachſtuhl einer Ladehalle von 10 m Lichtweite der Halle.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In neuerer Zeit werden an ſolchen Dächern ſehr häufig die Zugbänder, Hängſäulen und die Knotenpunkte durch Eiſenkonſtruktionsteile erſetzt bezw. verſtärkt (armiert). — Vgl. die Artikel über Dach und die unten folgenden Abſchnitte. Hier ſeien nur noch einige auf Holzdachſtühle insgeſamt bezügliche Daten mitgeteilt.

Die Dachneigung hängt vornehmlich von der Dacheindeckung ab. Tabelle I. gibt das Neigungsverhältnis für die gebräuchlichſten Deckmaterialien.

Tabelle I.

Dachgattung	Neigungsverhältnis (Dachhöhe zur gehörigen Dachbreite)
Stroh- und Schindeldächer .	1 : 1
Ziegeldächer	1 : 1¼
Schieferdächer	1 : 2¼
Blech- und Pappdächer . .	1 : 4
Holzzementdächer	1 : 20

Tabelle II.

Dachgattung	Geſpärrentfernung (Mitte auf Mitte)
Schindeldächer	1,50—2,20 m
Strohdächer	1,50 m
Blech- und Pappdächer .	1,20—1,25 m
Ziegel- und Schieferdächer	1,00—1,25 m
Holzzementdächer . . .	0,80—0,90 m

Die Entfernung der Dachgeſpärre hängt ebenfalls hauptſächlich von der Art der Dacheindeckung, außerdem aber von der Konſtruktion des Dachſtuhls ab, variiert jedoch überdies noch je nach den ſpeziellen Ausführungsverhältniſſen. Die in Tabelle II. gegebenen Werte werden ziemlich allgemein angenommen. — Das Gewicht der Holzdachſtühle ſetzt ſich zuſammen aus den Einzelgewichten der Lattung, der Beſparrung und des eigentlichen Traggerüſtes. Hierüber werden die abweichendſten Angaben gemacht. Wir halten uns im nachfolgenden an die auf ſorgfältiger Berechnung einer großen Zahl häufig angewendeter Dachſtühle beruhenden Daten, die in [3] angeführt ſind. Alle Zahlenangaben beziehen ſich auf 1 qm ſchiefe Dachfläche — nicht Grundfläche oder Horizontalprojektion. — Dachlattung. Das Gewicht derſelben ſchwankt in ſehr engen Grenzen, nur zwiſchen 6 bis 8 kg, alſo im Mittel 7 kg. — Beſparrung. Das Gewicht derſelben liegt zwiſchen 12 bis 16 kg. Damit übereinſtimmend iſt das Gewicht der die Beſparrung erſetzenden und die Schalung unmittelbar aufnehmenden Pfetten der reinen Pfettendächer. — Die tragenden Teile des Dachgerüſtes. Das Eigengewicht dieſer Teile — der Stühle, Hängewerke u. ſ. w. — iſt natürlich von der Art der Tragkonſtruktion und von der Spannweite des Dachſtuhls abhängig, deshalb ſehr verſchieden. Bei den nachfolgenden Angaben iſt das Gewicht der Beſparrung ſelbſtverſtändlich ausgelaſſen. — Stehende und liegende Stühle, ſamt allen Holzteilen bei Spannweiten von 7,5—15,0 m, wiegen 7—13 kg, einfache Hängewerke von 10,0—18,0 m 12—18 kg, kombinierte Häng- und Sprengwerke bis zu 20 m 20—24 kg, freitragende Dachbinder verſchiedener Konſtruktion von 10,0—18,0 m 20—30 kg. Bei Konſtruktionen der letzten Art iſt das Gewicht pro Flächeneinheit begreiflicherweiſe ſehr ſchwankend, und zwar wächſt dasſelbe nicht immer mit der Spannweite.

Literatur: [1] Gottgetreu, R., Lehrbuch der Hochbaukonſtruktionen, 2. Teil, Berlin 1882. — [2] Breymann, Allgem. Baukonſtruktionslehre, Bd. 2: Konſtruktionen in Holz, 6. Aufl., Stuttgart 1900. — [3] Deutſches Bauhandbuch, Bd. 2: Aufbau, 5. Aufl., Berlin 1903. — [4] Mothes, O., Illuſtr. Baulexikon, 3. Aufl., Leipzig 1881. — [5] Wanderley, G., Handbuch der Baukonſtruktionslehre, Bd. 1, 3. Aufl., Leipzig 1867. — [6] Schmidt, O., Abriß des Hochbaues, Leipzig 1880. — [7] Frauenholz, W., Baukonſtruktionslehre für Ingenieure, II, München 1876. — [8] Michel, J., Prakt. Baugewerkslehre, Wien 1870. — [9] Derſ., Theoretiſch-prakt. Kompendium des Hochbaues, Wien 1881. — [10] Hand, R., Oeſterr.-ung. Bauratgeber, Wien 1894. — [11] Gugitz, G., Neue und neueſte Wiener Baukonſtruktionen u. ſ. w., Wien 1881. — [12] Moller, G., Beiträge zur Lehre von den Baukonſtruktionen, Gießen. — [13] Ardant, P., Theoretiſch-prakt. Abhandlung über Anordnung und Konſtruktion der Sprengwerke von großer Spannweite, deutſch von Kaven, Hannover 1879. — [14] Emy, A. R., Lehrbuch der geſamten Zimmermannskunſt, deutſch von L. Hoffmann, Leipzig 1860. — [15] Hittenkofer, Neuere Dachbinder, 2. Aufl., Leipzig 1875. — [16] Klaſen, L., Handbuch der Holz- und Eiſenkonſtruktionen des Hochbaues, Leipzig 1877. — [17] Menzel, C. A., Das Dach in ſeinen Konſtruktionen, 2. Aufl., Halle 1884. — [18] Landsberg, Th., Handbuch der Architektur, III. Teil, Bd. 2, 4. Heft: Dachkonſtruktionen, Stuttgart 1897.

Weinbrenner.

Eiſendachſtühle und mit Eiſen armierte Holzdachſtühle.

Die erſten Verwendungen des Eiſens — und zwar vorwiegend des Gußeiſens — für die Ueberdeckung von Räumlichkeiten fanden in England und Frankreich ſtatt zu Ende des 18. und zu Anfang des 19. Jahrhunderts. Seit jener Zeit wurde ſowohl das Gußeiſen wie auch das Schweißeiſen entweder als hauptſächlichſtes oder als untergeordnetes Baumaterial vielfach zu Dachkonſtruktionen verwendet, die freilich meiſtens — als Nachahmungen der bisher ausſchließlich gebräuchlichen Holz- und Steinbauten in einem neuen, andre Formen erfordernden Material — der für die Uebertragung der auftretenden Kräftewirkungen zweckdienlichen Querſchnitte und der zweckmäßigen Verbindungen der Teile ermangelten. Erſt nachdem ſeit den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts das Schweißeiſen infolge der Vervollkommnung der Walzwerke und der Walzverfahren immer leichter und in den für Bauzwecke vorteilhafteſten Formen käuflich wurde und damit das Gußeiſen mehr und mehr und ſchließlich vollſtändig aus dem Bau der Brückenträger und Dachbinder verdrängte, entwickelten ſich die rationellen Konſtruktionen der neueren Zeit, die es ermöglichten, daß der Eiſenbau auch auf dieſem Gebiet ſich den immer größeren Aufgaben gewachſen zeigte, welche die Entwicklung des Eiſenbahn- und Ausſtellungsweſens u. ſ. w. zeitigte. Auch für kleinere Verhältniſſe bietet der Dachbau in Eiſen Vorteile, ſo daß gegenwärtig hölzerne Dächer hauptſächlich nur noch beim bürgerlichen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wohnhaus verwendet werden. In erſter Linie ſind die Eiſenbahnen auf Eiſenbedachung angewieſen und Bahnſteige, Bahnhofshallen, Lagerhallen, Lokomotiv- und Wagenremiſen, Werkſtätten, aber auch Fabrikgebäude, Gasanſtalten, Ausſtellungsgebäude, Markthallen, Treib- und Palmenhäuſer, Theater, Muſeen, Kirchen werden mit Vorliebe, die erſtgenannten ſozuſagen ausſchließlich mit Eiſenkonſtruktionen eingedeckt.

I. Aus Holz und Eiſen gemiſchte Dächer. Immerhin haben ſich in der Uebergangszeit auch eine Anzahl aus Holz und Eiſen gemiſchte Bauformen ausgebildet, die ſich durch Zweckmäßigkeit auszeichnen, jetzt noch Beachtung verdienen, und deren hier kurz gedacht werden ſoll. Sie gewähren den ganz aus Holz gebauten Dächern gegenüber den Vorteil

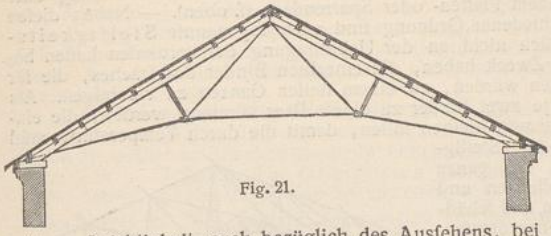


Fig. 21.

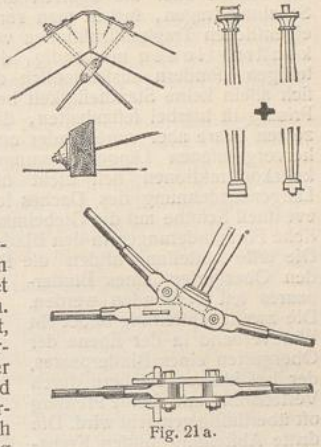


Fig. 21a.

größerer Leichtigkeit, auch bezüglich des Ausſehens, bei verhältnismäßig geringem Preis gegenüber den ganz aus Eiſen erſtellten. Auf abſolute Feuerſicherheit muß freilich verzichtet werden, was jedoch oft zuläſſig iſt, z. B. bei freiſtehenden Hallen. Die Zweckmäßigkeit in der Anordnung der Binder erfordert, abgeſehen von der Wahl reiner Fachwerksformen, die Herſtellung der gedrückten und gebogenen Teile aus Holz, der gezogenen aus Eiſen. Die Verwendung hölzerner Pfetten und Sparren geſtattet bequeme Befeſtigung der Einlattung und Verſchalung Die Verbindung der hölzernen Teile geſchieht durch Verzapfung oder mittels gußeiſerner Schuhe, die zweckmäßig womöglich zugleich die dem nämlichen Knotenpunkt angehörige eiſerne Strebe faſſen. — In Fig. 21, 21a und 22 ſind zwei Dachbinder dieſer Art dargeſtellt. Der erſtere — von der Bahnhofshalle zu Verſailles — gibt die Urform des Polonceau-Binders (vgl. weiter unten). Er zeigt zugleich deſſen Entſtehung aus zwei mit Eiſen armierten hölzernen Balken, die ſchief

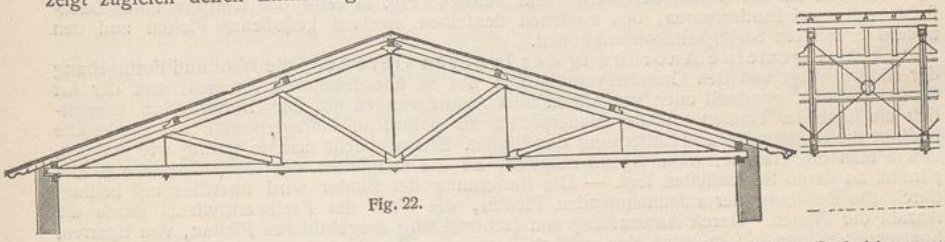


Fig. 22.

geſtellt und mittels einer horizontalen Zugſtange verbunden ſind. Die Pfoſten ſind hier aus Gußeiſen gebildet, die ſchmiedeeiſerne Spannſtange mit einem Keil zum Zweck der Regulierung der Länge verſehen. Fig. 22 ſtellt einen engliſchen Dachſtuhl (ſ. ſpäter) dar, deſſen gezogene Teile, mit Ausnahme des unteren Zugbaumes, der zugleich durch den Dachboden auf Biegen beanſprucht iſt, aus Rundeiſen, deſſen gedrückte aus Holz beſtehen. Die Berechnung dieſer Dächer bietet keine Eigentümlichkeiten, wenn ſie, wie die vorgeführten, reine Fachwerke darſtellen; ſie hat dann nach der gewöhnlichen Fachwerkstheorie (ſ. Fachwerk) zu geſchehen. Handelt es ſich aber um Nachbildungen der unreinen ſtatiſchen Gebilde alter Holzkonſtruktionen, ſo wird die Berechnung umſtändlicher, oft ſehr ſchwierig und unſicher. Einige Beiſpiele ſ. [8].

II. Eiſerne Dachſtühle. Die Vorteile der Dächer, deren Binder und Steifigkeitskonſtruktionen ganz aus Eiſen gebaut ſind — auch Dächer mit teilweiſer Verwendung von Holz zu Pfetten, Sparren, Schalung und Lattung gehören hierher —, beſtehen in deren faſt oder ganz vollkommenen Feuerſicherheit; in der Leichtigkeit und Eleganz ihres Ausſehens, verbunden mit großer Helligkeit; in der Schnelligkeit der Herſtellung, wo ſolche erwünſcht; in der Möglichkeit, auch ſehr weite Räume ohne Säulenſtellungen eindecken zu können, und in ihrer Dauerhaftigkeit.

Der äußeren Form nach kann man unterſcheiden: 1. Satteldächer mit geraden oder gekrümmten äußeren Dachflächen, wozu auch Säge- oder Sheddächer gehören; 2. Pult- und Perrondächer; 3. Zelt- und Pyramiden- oder Kegeldächer; 4. Kuppeldächer, eventuell auch: Dächer mit einer, mit zwei und mit mehr Dachflächen, mit lotrechten oder ſchiefen (abgewalmten) Schmalſeiten, mit Firſten oder mit Terraſſen. — Endlich unterſcheidet man noch zwiſchen Pfettendächern und Sparrendächern, je nachdem die Dacheindeckung mit ihrer Lattung, Schalung u. ſ. w. entweder unmittelbar durch die normal zu den Bindern laufenden Pfetten oder aber durch die parallel zu denſelben reſp. deren Obergurtung laufenden Sparren getragen wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das innere Gerippe, das die Dacheindeckung zu tragen hat, beſteht aus den Hauptbindern, die meiſt von Langſeite zu Langſeite des Gebäudes laufen und die Laſten auf die Mauerpfeiler derſelben übertragen; den Neben- und Gratbindern, von denen die erſteren normal zu den Hauptbindern, die letzteren unter den Gräten des Daches nach den Ecken des Gebäudes laufen und die Dachlaſt zum Teil auf die Hauptbinder, zum Teil auf die Umfangsmauern abgeben; den Sparren und Pfetten, die in einfacher oder mehrfacher Anordnung die Verſchalung oder Lattung mit der äußerſten Dachhaut tragen. Die Pfetten laufen horizontal über die Obergurtungen der Hauptbinder (Binderſparren), auf die ſie die Dachlaſten übertragen, die Sparren parallel der Obergurtung der Hauptbinder über oder unter den Pfetten. Je nachdem die Pfetten oder die Sparren unmittelbar die Dachhaut mit ihrer eventuellen Lattung oder Schalung tragen, ſpricht man von einem Pfetten- oder Sparrendach (ſ. oben). — Neben dieſen eigentlichen Tragkonſtruktionen verſchiedener Ordnung ſind noch ſogenannte Steifigkeitskonſtruktionen notwendig, die ſich nicht an der Uebertragung der vertikalen Laſten beteiligen, ſondern ausſchließlich den Zweck haben, die einzelnen Binder des Daches, die für ſich allein keine Standfeſtigkeit beſitzen würden, zu einem ſteifen Ganzen zu vereinigen. Als Prinzip iſt hierbei feſtzuhalten, daß je zwei Binder zu einem Paar vereinigt werden, die einzelnen Paare aber voneinander unabhängig bleiben ſollen, damit die durch Temperaturwechſel hervorgerufenen Längenänderungen der Steifigkeitskonſtruktionen ſich nicht über die ganze Längenausdehnung des Daches fortpflanzen und eventuell Schübe auf die Giebelmauern und ſchädliche Formänderungen in den Bindern hervorrufen. Die erſte Abſteifung bilden die Pfetten, die mit den Obergurten eines Binderpaares feſt verbunden werden. Die zweite Abſteifung bildet ein Windverband in der Ebene der Obergurten eines Binderpaares, der bei kleinen Dächern durch Verſchalung und dichte Pfettung oft überflüſſig gemacht wird. Die dritte Abſteifung bilden Kreuzverbände zwiſchen den zwei Bindern eines Paares in lotrechten oder ſchiefen Ebenen, unter dem Firſt, in der Nähe der Traufen, eventuell noch in Zwiſchenebenen je nach der Bedeutung des Daches. Zwiſchen je zwei Binderpaaren werden die Pfetten beweglich geſtoßen mit Hilfe von Laſchen und ovalen Löchern in den Pfetten; oft auch werden dieſe Stoßverbindungen auf die Binderobergurten ſelbſt verlegt. Fig. 23 zeigt das Gerippe eines Dachſtuhls mit zwei Binderpaaren, den zwiſchen denſelben zweimal geſtoßenen Pfetten und den andern erwähnten Steifigkeitskonſtruktionen.

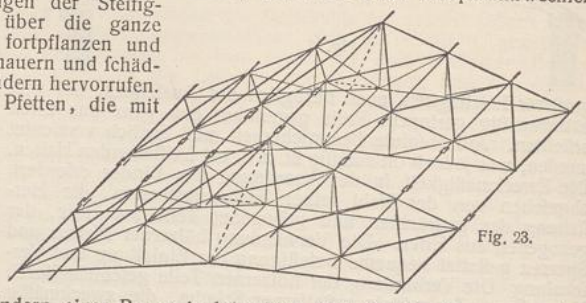


Fig. 23.

Die allgemeine Anordnung des inneren Gerüſtes, die Wahl und Formgebung der Binder hängt von den Grundrißverhältniſſen des zu überdeckenden Raumes, von der Art der Abdeckung, eventuell auch von äſthetiſchen Anforderungen ab. Die Grundrißform, namentlich die Lage der Traufen und der Mauerpfeiler als natürliche Auflagerpunkte der Binderfüße bedingt die Spannweite und Entfernung der Binder. Erſtere macht man ſo gering wie möglich, indem man die Traufen, wenn irgend möglich, an die Langſeiten des Gebäudes, die Binder parallel zu deren Schmalſeiten legt. — Die Entfernung der Binder wird überdies mit bedingt durch die Belaſtung der aufzunehmenden Pfetten, die Wahl des Fachwerkſyſtems durch die Anzahl der Pfetten. Durch Anwendung von fachwerkartig ausgebildeten Pfetten, von Sparren, Sparrenunterzügen u. ſ. w. wird eine größere Entfernung der Binder ermöglicht, wenn es die Lage der Mauerpfeiler erfordert. — Die Anzahl und Lage der Pfetten und Sparren ihrerſeits iſt beſtimmt durch die Stärke der praktiſch verwendbaren Profile in Verbindung mit dem Gewicht der Dachabdeckung und der äußeren Belaſtung (Schnee, Wind). — Vom ſtatiſch-ökonomiſchen Standpunkt aus wird man für reine Nutzbauten Binder mit geraden Obergurten wählen, Binder mit gekrümmten Obergurten dann, wenn an die äußere Form äſthetiſche Anforderungen geſtellt werden, wie bei Bahnhofshallen, Feſthallen u. ſ. w. Soweit die innere Anſicht in Frage kommt, iſt eine einfache, klare Gliederung mit möglichſter Vermeidung ſtörender Stabgewirre dem äſthetiſchen Eindruck günſtig. Daneben iſt die Anordnung der Lichtzufuhr von großer Bedeutung, vgl. S. 490, Oberlichter.

An ſpeziellen Fachwerkformen können die meiſten im Brückenbau üblichen Verwendung finden. Das Hauptaugenmerk iſt darauf zu richten, im Gegenſatz zu den alten Holzkonſtruktionen ſtatiſch reine Syſteme zu wählen (ſ. Fachwerk), die eine ſichere Berechnung und damit knappe Abmeſſung der tragenden Teile, alſo richtige Verwendung des Eiſens vom ſtatiſch-ökonomiſchen Standpunkte zulaſſen, was ſowohl bei ſtatiſch beſtimmten wie ſtatiſch unbeſtimmten Fachwerksformen der Fall ſein kann. — Allgemeine Regel iſt, möglichſte Ausnutzung der vorhandenen Konſtruktionshöhe zu erſtreben, weil mit dem Wachſen derſelben die inneren Spannungen abnehmen; ferner iſt Rückſicht auf die Stabilitätsverhältniſſe der Umfangsmauern zu nehmen. Dieſe verbieten entweder jeden Horizontalſchub und zwingen zur Wahl von Balkenträgern mit einerſeits beweglichem Auflager oder vom Bogen mit Zugſtange, oder aber, wenn der Bogen ohne dieſe gebaut werden ſoll, zur Wahl einer möglichſt tiefen Lage der Binderfüße, eventuell zur Verſtärkung der Mauern durch Strebepfeiler. — Bezüglich der Auflager iſt zu beachten, daß die Aenderungen der Temperatur, denen die Dächer im Wechſel von Tag und Nacht, Sommer und Winter unterworfen ſind, auch Aenderungen in der Spannweite der Binder bedingen. Erreichen dieſe erhebliche Beträge, ſo könnte bei feſtliegenden

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Enden ſowohl das Mauerwerk wie auch die Eiſenkonſtruktion ſelbſt ſchädliche Beanſpruchungen erleiden, weshalb ein Binderfuß beweglich angeordnet werden ſoll. Dabei werden alle feſten und alle beweglichen Auflager je auf eine Seite des Gebäudes gelegt, am zweckmäßigſten ſo, daß die vorherrſchende Windrichtung die Binderſeite mit dem feſten oder beweglichen Auflager trifft, je nachdem die Stabilität der Mauern größer iſt nach innen zu (bei Vorhandenſein innerer Scheidemauern) oder nach außen zu (bei Hallen mit äußeren Anbauten). — Je nach der Bedeutung des Daches und der Stärke der Umfangsmauern wird das bewegliche Auflager ein Gleitlager oder ein Rollen- reſp. Stelzenlager mit oder ohne Kippvorrichtung ſein. (S. Auflager und Auflager der eiſernen Brücken.) Gleitauflager ſind nur für kleine, leichte Dächer zuläſſig, bei denen die Binderfüße wegen der Gefahr des Abhebens durch Windſtöße meiſt noch eine Verankerung mit dem Mauerwerk in lotrechter Richtung erhalten. Die Bogenbinder erhalten entweder gelenkförmige (Kipp-)Lager oder ſeltener feſte Auflager. — Die Längenänderung der Balkenbinder kann man zu $^1/_{2000}$ der Spannweite annehmen, weniger oder mehr, je nachdem der innere Ausbau durch die Dachabdeckung beſſer oder ſchlechter gegen die äußeren Temperaturwechſel geſchützt iſt.

Ausführung der Eiſenkonſtruktionen. Im allgemeinen gelten die nämlichen Grundſätze wie im Brückenbau, es ſind daher nur einige ergänzende Einzelheiten zu erwähnen. Verwendung finden die meiſten im Eiſenbau überhaupt üblichen Walzeiſenſorten, früher hauptſächlich in Schweißeiſen, jetzt in Flußeiſen. Die Obergurten der Binder, die auf Druck und Knicken zu widerſtehen haben, werden für kleine Spannweiten aus ┬-Eiſen oder aus zwei Winkeleiſen (┐┌) zuſammengeſetzt. Für mittlere Spannweiten können zwei [-Eiſen (][) oder vier Winkel (╪) paſſende Gurtquerſchnitte liefern, auch der aus Stehblech, Winkeln und, wenn nötig, Kopfplatten zuſammengeſetzte ┬-Querſchnitt (⊤), der mit ſolchen wie auch der Kaſtenquerſchnitt (⊓) ſelbſt für ganz große Spannweiten reicht. Die letzteren Formen ſind zudem imſtande, Biegungsſpannungen aufzunehmen, und eignen ſich daher beſonders, ſelbſt für kleinere Dächer, wenn Pfetten noch zwiſchen die Knotenpunkte gelegt werden müſſen. Um die hierdurch erzeugten Biegungsſpannungen zu vermeiden, werden wohl auch die Obergurten der Binder für ſich ſelbſt wieder als Fachwerkträger mit naheliegenden Knotenpunkten ausgebildet. Für die Untergurten werden meiſt ebenfalls geſpreizte Profile, in gewiſſen Fällen auch ſtehende oder liegende Bandquerſchnitte oder Rundeiſen verwendet, letztere zwei Formen, wenn dieſe Teile für das Auge möglichſt in den Hintergrund treten ſollen, und natürlich immer nur dann, wenn in der Zuggurtung keine Druckkräfte auftreten können. Aus demſelben Grund werden daher auch oft die Wind- und Querverbände aus Rundeiſen ausgeführt. Für die Füllungsglieder werden, wenn ſie nur gezogen ſind, wie auch für kleines Gitterwerk, Flachbänder verwendet; meiſtens aber zieht man ebenfalls geſpreizte Querſchnitte vor von folgenden Formen: ⊥ L ⫩ ⌐L ⫩ ⊔ ⊟. Rundeiſen iſt für dieſe Teile nicht mehr üblich. Die Verbindung der einzelnen Teile geſchieht in Europa gegenwärtig faſt ausſchließlich mittels Vernietung (ſ. Nietverbindungen); doch ſind, namentlich in Süddeutſchland, eine Anzahl ſchöner Hallendächer vorhanden, bei denen die Verbindungen nach Gerbers Bolzenſyſtem ausgeführt ſind. In Amerika werden meiſt Gelenkbolzenverbindungen angewendet. — Die Füllungsglieder werden entweder unmittelbar an die Gurtungen genietet, namentlich wenn dieſelben Stehbleche beſitzen, oder die Vereinigung geſchieht mit Hilfe von Knotenblechen. In beiden Fällen ſind Gurten und

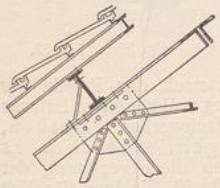


Fig. 24.

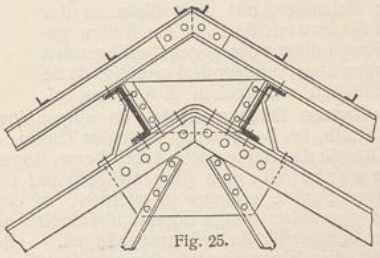


Fig. 25.

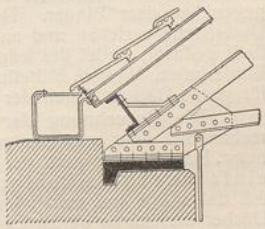


Fig. 26.

womöglich auch Streben ſymmetriſch zur Kraftebene anzuordnen und ſind ferner die Schwerachſen der Stäbe an jedem Knoten in einem Punkt zuſammenzuführen, um Verbiegungsſpannungen möglichſt zu vermeiden. Von dieſer Regel wird aus konſtruktiven Gründen oft abgewichen, und es kann auch unbedenklich dort geſchehen, wo die Streben keine oder nur eine geringe Teilkraft parallel zur Gurtung beſitzen, was z. B. beim franzöſiſchen Dachſtuhl der Fall iſt. Die Nietzahl zur Befeſtigung der Knotenbleche und der Stäbe ſowie zur Verbindung der aus verſchiedenen Teilen zuſammengeſetzten Gurtungen, die Gruppierung der Nieten u. ſ. w. geſchieht nach den im Art. Nietverbindungen gegebenen Regeln.

Auf die Ausbildung der Binderkonſtruktionen braucht hier nicht näher eingetreten zu werden, ſoweit für dieſelbe die allgemeinen Regeln des Eiſenbaues maßgebend ſind; es ſollen nur einige eigentümliche Einzelheiten der Dächer beſprochen werden. Dieſe finden ſich namentlich bei den Knotenpunkten, die faſt immer gleichzeitig zur Aufnahme der Pfetten ausgebildet werden, im beſonderen bei den Firſtpunkten und an den Binderfüßen, den Traufpunkten.

Fig. 24—26 zeigen einen Zwiſchenknoten, Firſt- und Traufpunkt eines Sparrendaches, deſſen ſämtliche Teile, auch Sparren und Latten, aus Eiſen gebildet ſind und das mit Falzziegeln

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gedeckt iſt. Die Pfetten ſtehen normal zur Dachneigung, alle Glieder des Binders beſtehen aus doppelten Winkeleiſen und ſind mittels Knotenblechen verbunden. — Fig. 27 und 28 ſtellen Zwiſchenknoten der Obergurtung, Fig. 29 den Firſtpunkt von Sparrendächern mit hölzernen

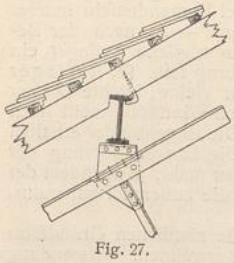


Fig. 27.

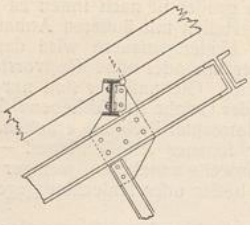


Fig. 28.

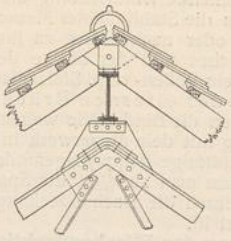


Fig. 29.



Fig. 30.

Sparren und Latten und lotrecht geſtellten eiſernen Pfetten dar. Die Gurten und Streben, wieder aus je zwei ſymmetriſchen Querſchnitten gebildet, ſind durch Knotenbleche verbunden, auf welche Pfetten gelagert ſind. — Fig. 30 und 31 geben den Knotenpunkt eines Pfettendaches in

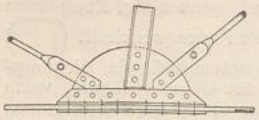


Fig. 34.

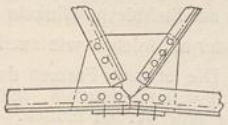


Fig 33.

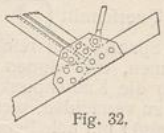


Fig. 32.

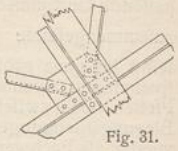


Fig. 31.

Anſicht und Grundriß, welch letzterer den Anſchluß der Windſtreben zeigt. Der Gurtquerſchnitt beſteht hier aus Stehblech und Winkeleiſen, auf denen die hölzernen Pfetten mit der Verſchalung unmittelbar aufliegen. — In den Fig. 32—34 ſind einige Knotenpunkte von Untergurtungen dargeſtellt. Fig. 32 entſpricht den Bauformen von Fig. 24—29, Fig. 33 zeigt einen einfachen ſtehenden, Fig. 34 einen ebenſolchen liegenden Bandgurt, erſterer von einer Gasanſtalt in Berlin (erbaut von Schwedler), letzterer von der Einſteighalle der Niederſchleſiſch-Märkiſchen Eiſenbahn Berlin (erbaut von Römer). In Fig. 35 iſt noch ein doppelter ſtehender Bandgurt ſichtbar. — Von Auflagern iſt in Fig. 26 ein gewöhnliches Gleitlager mit Verankerung des Binderfußes dargeſtellt, in Fig. 35 und 36 ein etwas vereinfachtes Kipp- und Rollenauflager, das für mittlere Spannweiten paſſend iſt. Eine Platte (Fig. 37), auf die Unterſeite des Binderfußes aufgenietet, greift mit ſeitlichen Ausſchnitten in die Naſen des oberen Balanciers und verhindert dadurch Verſchiebungen des Auflagers gegenüber dem Binder. Der Balancier, mit einer Naſe an der Unterfläche verſehen und aufs Mauerwerk ſtatt auf die Rollen geſtellt gedacht, bildet das feſte Kippauflager des gegenüberliegenden Binderfußes. Weitere Mitteilungen über Auflager ſind unnötig, da ſie für große Dächer denen der Brücken entſprechen (ſ. Auflager).

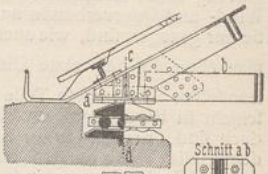


Fig. 35.

Fig. 36. Fig. 37.

Die Berechnung der eiſernen Dächer erfolgt im allgemeinen nach den Regeln der rechnenden oder zeichnenden Statik, im beſonderen nach der Theorie des vollwandigen Balkens bezw. Bogens oder nach der Theorie des Balkenfachwerkes bezw. Bogenfachwerkes (ſ. Balken, einfache und Balkenfachwerke, Bogen [Bogenträger] und Bogen, einfache). Es ſoll daher hier nur auf diejenigen Punkte eingetreten werden, in denen die Berechnung der Dächer derjenigen der Brücken gegenüber einige Eigentümlichkeiten aufweiſt, die hauptſächlich mit dem Vorhandenſein ſchiefer äußerer Kräfte zuſammenhängen. — Bei den Belaſtungen iſt zu unterſcheiden zwiſchen einerſeits dem Eigengewicht, das aus dem Gewicht der Dacheindeckung und demjenigen der Binder beſteht, wozu eventuell das Gewicht aufgehängter Böden oder Decken kommt, und anderſeits zwiſchen den zufälligen Laſten: Winddruck, Schneelaſt und eventuell Nutzlaſt der Wohnböden.

Ungefähre mittlere Gewichte von Dacheindeckungen für 1 qm ſchiefer Dachfläche ſind:

Einfaches Ziegeldach	60—100 kg	Zink und Eiſenblech auf Holzſchalung	40—50 kg
Doppeltes „	90—130 „	Schiefer auf Winkeleiſen	45 „
Falzziegeldach	70 „	Ebenes Eiſenblech auf Winkeleiſen	25 „
Schieferdach, gelattet	45— 55 „	Eiſenwellblech „ „	20 „
„ verſchalt	65— 75 „	Zinkwellblech „ „	15 „
Holzzementdach	120—160 „	Glas auf Sproſſeneiſen	35—40 „
Teerpappe	25— 35 „	(Näheres ſ. [2], S. 260, [4], S. 18.)	

Das Bindergewicht kann erſt dem ausführlichen Projekt genau entnommen werden; für die erſte Rechnung kann es eingeführt werden mit ungefähr 15—20 kg für leichtere und 20—30 kg für ſchwerere Dachſtühle pro Quadratmeter Horizontalprojektion des überdeckten Raumes

([4], S. 19). Uebrigens hängt das Bindergewicht zu ſehr von Spannweite und Binderentfernung ab, als daß dieſe Werte alle vorkommenden Fälle einſchließen würden. Ausgeführte Bauten zeigen zum Teil weſentlich höhere Gewichte [2], S. 268. Das Eigengewicht von Decken und Böden ſchwankt von 60 bis 450 kg/qm und iſt jedesmal beſonders zu ermitteln. Die Nutzlaſt für Böden und Decken kann angenommen werden zu

Wohnräume . . 150 kg/qm	Heuſpeicher . . 500 kg/qm	Warenſpeicher . . 750 kg/qm
Tanzſäle . . . . 250 „	Fruchtböden . . 500 „	Menſchengedränge 400 „

Um den Stößen der bewegten Laſten Rechnung zu tragen, werden dieſe Zahlen zweckmäßig noch erhöht, z. B. um 20%.

Die Schneelaſt iſt natürlich ſehr verſchieden in den verſchiedenen Klimaten; für Mitteleuropa kann man ſie zu 80 kg/qm horizontale Grundfläche einführen.

Winddruck. Der Winddruck kann erfahrungsgemäß ſchief von oben nach unten wirken und wird daher unter einem Winkel β von 10—15° zur Horizontalen geneigt angenommen. Er wird zerlegt in eine Teilkraft normal zur Dachfläche und in eine ſolche parallel zu derſelben. Die letztere iſt, abgeſehen von etwaiger Reibung an der Dachhaut, ohne Einfluß auf die Belaſtung des Daches; die erſtere berechnet ſich für die Flächeneinheit der ſchiefen Dachfläche zu $n = w \cdot \sin^2(\alpha + \beta)$ (Fig. 38), wenn w den Winddruck auf die Einheit der normal getroffenen Fläche bedeutet. Die Teilkraft ſenkrecht auf die Dachhaut wäre nämlich $w \cdot \sin(\alpha + \beta)$, ſie trifft aber auf eine im Verhältnis $\frac{1}{\sin(\alpha + \beta)}$ vergrößerte Fläche $a'\,b'$. Nach neueren Unterſuchungen iſt aber die Formel nicht einwandfrei (ſ. Winddruck). Den Normaldruck w nimmt man an zu 100—150 kg/qm im Binnenland und zu 250—270 kg/qm in Küſtengegenden. — Endlich bleibt noch zu erwähnen, daß die Dachhaut und ihre Unterlagen eine konzentrierte Menſchenlaſt zu 75 kg zu tragen imſtande ſein muß, um Schneeräumungsarbeiten und Reparaturen zu ermöglichen.

Sind alle Belaſtungseinheiten gegeben, ſo ermittelt man die der Entfernung der Binder und der Knotenpunkte entſprechenden, auf jeden dieſer Punkte entfallenden Laſten. Man wird hierbei die lotrechten Laſten zuſammenfaſſen, ſoweit dies möglich, den Wind aber geſondert behandeln. Für die Gurtungen kommt Totalbelaſtung durch Eigenlaſten und Schneelaſt nebſt Windbelaſtung auf die rechte bezw. linke Dachfläche in Frage. Bei den engliſchen Dachſtühlen werden auch die Streben durch Totalbelaſtung am ſtärkſten beanſprucht; in den übrigen Fällen muß für die Streben hälftige Schneebelaſtung berückſichtigt werden, ſolange die Dachflächen eben ſind. Nur bei ganz großen Dächern mit gebogenen Dachflächen, wo der Schnee beim Wegſchmelzen auch Bruchteile einer Dachhälfte bedecken kann, unter Umſtänden auch bezüglich der Nutzlaſt angehängter Böden wird es nötig, für die Streben die ungünſtigſten Belaſtungsfälle zu berückſichtigen (ſ. Hallendächer unter Dach, S. 491).

Abgeſehen von dieſen ſeltenen Fällen iſt daher alſo die Berechnung der Dächer einfacher als diejenige der Brücken, denn nach Ermittlung der verſchiedenen Belaſtungen erübrigt nur, für dieſelben die Stützendrücke zu beſtimmen, auf graphiſchem oder analytiſchem Wege in die Gurt- und Strebenkräfte zu zerlegen und die verſchiedenen Kräftearten zu ihren Größt- bezw. Kleinſtwerten zu vereinigen. Graphiſch geſchieht dies am beſten mit Hilfe von Cremonaſchen Kräfteplänen (ſ. d. und [8], S. 86 ff., [4], [9]—[11]), wo ſich graphiſch und analytiſch durchgeführte Rechnungen vorfinden, die als Beiſpiele dienen können.

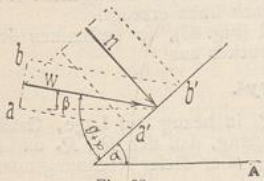


Fig. 38.

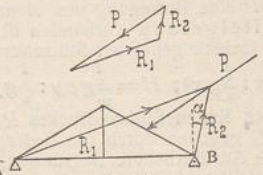


Fig. 39.

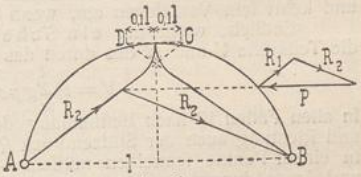


Fig. 40.

Die **Ermittlung der Stützen- oder Auflagerdrücke** weiſt nur inſofern einige Beſonderheiten auf, als die einwirkenden Laſten nicht faſt ausſchließlich lotrecht ſind wie bei Brücken, ſondern infolge des hinzutretenden Winddruckes ſchief mit verſchiedenartiger Neigung.

Bei Balkenträgern mit korrekter Auflagerung — ein Ende feſt, das andre auf Rollen gleitend — beſtimmen ſich auch für ſchiefe Laſten die Stützendrücke aus den bloßen Gleichgewichtsbedingungen (ſ. Cremonaſcher Kräfteplan, S. 481). Fehlt aber das Rollenauflager, ſo iſt die Richtung der Stützendrücke nicht ſicher beſtimmbar; ſie kann an dem Auflager, das verſchiebbar iſt — z. B. demjenigen B der Fig. 39 —, von der Lotrechten bis um den Reibungswinkel α abweichen, der für Eiſen auf Eiſen 10—15° beträgt. Man wird die für die Beanſpruchung des Trägers ungünſtigſte Lage des Stützendruckes B annehmen, wonach dann auch diejenige des feſten Auflagers A gegeben iſt.

Bei Sprengwerksträgern ſind die Bogentheorien zur Ermittlung der Stützendrücke anzuwenden. Für den Bogen beliebiger Form mit drei Gelenken und den Parabelbogen mit zwei Gelenken ſind die nötigen Andeutungen hinſichtlich horizontaler Kräfte unter Dach, S. 495 gegeben. Für den Kreisbogen findet man nach Keck [12] die Kräfteſchnittlinie angenähert nach Fig. 40, indem man die Geraden AC, BD tangential in die Scheitellotrechte übergehen läßt. Für unſtetige Formen der Sprengwerksträger mit weniger als drei Gelenken und ſolche mit ſtark wechſelndem Trägheitsmoment müſſen die allgemeinen Behandlungsarten der graphiſchen Statik zur Anwendung gelangen. Kennt man von vornherein die ungünſtigſte Belaſtungsart des Daches oder hat man überhaupt nur ganz wenige Belaſtungsfälle zu unterſuchen, ſo geht man am beſten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach dem allgemeinen Arbeitsprinzip vor (ſ. [14] und [15]). Die Arbeit wird ziemlich umſtändlich, für kleinere Objekte hilft man ſich daher gern mit Annäherungen.

Wenn man es nur mit wenigen ſchiefen Laſten oder aber mit Konſtruktionen aus wenigen geraden Teilen beſtehend zu tun hat, kann man die richtigen Stützendrücke oft am einfachſten durch Anwendung der allgemeinen Theorie der Elaſtizitätsellipſe finden. Man teilt den Bogen in Elemente der Länge s, belaſtet deren Schwerpunkte mit den elaſtiſchen Gewichten $g = \frac{s}{EJ}$, wo J = Trägheitsmoment des Querſchnittes, E = Elaſtizitätsmodul des Baumaterials, und ermittelt deren Summe $G = \sum_0^l g$.

Für den Bogen mit feſten Auflagern (Fig. 41) beſtimmt man ferner die Höhenlage s des Schwerpunktes O der g, $s = \sum_0^l g y' : G$ und die beiden Trägheitsmomente $T_v = \sum_0^l g y^2$ und $T_h = \sum_0^l g x^2$, womit auch die Halbmeſſer der Geſamtträgheitsellipſe $i_v = \sqrt{T_v : G}$ und $i_h = \sqrt{T_h : G}$ gegeben ſind. Denkt man ſich nun das rechte Ende B feſtgehalten, das linke frei ſchwebend, ſo findet man die wagerechte und lotrechte Teilkraft H und V des linksſeitigen Stützendruckes R und deſſen Abſtand r vom Mittelpunkt O aus der Bedingung, daß derſelbe die Bewegungen dieſes mit dem freien Ende A feſt verbunden gedachten Punktes O wieder rückgängig mache, die er durch die Formänderung des durch die Laſt P beeinflußten Bogenteiles von B bis zum Laſtangriffspunkt W erlitten hat. Es iſt $H = P \sum_w^l g \cdot p \cdot y : T_v$;

$$V = P \sum_w^l g \cdot p \cdot x : T_h;\quad R_1 = \sqrt{H^2 + V^2},\quad r = M : R_1 = P \sum_w^l g p : G \sqrt{H^2 + V^2}.$$

Der Richtungsſinn des Stützendruckes R ergibt ſich aus der Ueberlegung, daß er ſelbſt wie die Laſt P um den Antipol dieſer letzteren bezüglich der Elaſtizitätsellipſe des abgeſchnittenen Stückes BW, aber in entgegengeſetztem Sinne, drehen, deſſen Lage ſich leicht abſchätzen läßt.

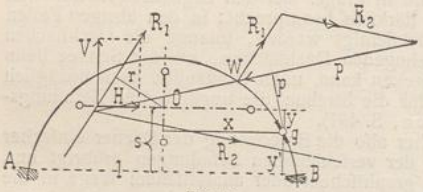


Fig. 41.

Beim Bogen mit zwei Gelenken (Fig. 42) iſt die lotrechte Teilkraft A des Stützendruckes direkt gegeben, $A = P \cdot b : l$, und die wagerechte Teilkraft H folgt aus

$$H = P\left(\tfrac{1}{2} G \cdot s \cdot b - \sum_w^l g \cdot p \cdot y\right) : \sum_0^l g y^2.$$

H iſt einwärts gerichtet für einen poſitiven Wert des Zählers. In dieſem bedeutet das erſte Glied den linksgerichteten Teilbetrag der Horizontalbewegung des freiſchwebenden Endes A unter dem Einfluß des lotrecht aufwärtswirkenden Stützendruckes A, wird alſo mit abwärtsgerichtetem A negativ; das zweite Glied bedeutet den nach rechts gerichteten Teilbetrag der Bewegung des freiſchwebenden Endes A unter dem Einfluß der Laſt P auf den Bogenteil BW und kehrt ſein Vorzeichen um, wenn P eine Bewegung von A nach links erzeugt.

Endlich, wenn nur ein Scheitelgelenk vorhanden iſt (Fig. 43), ſo beſtimmen ſich die Teilkräfte V und H des durch das Gelenk gehenden Stützendruckes aus

$$V = P \sum_w^l g p x : \sum_0^l g x^2;\quad H = \sum_w^l g p y : \sum_0^l g y^2.$$

In allen Fällen iſt nach Beſtimmung des linken Stützendruckes R_1 in bezug auf Lage, Größe und Richtung auch der Stützendruck R_2 gegeben durch die Bedingung, daß ſich R_1, R_2 und P in einem Punkte ſchneiden müſſen. — Ausführlichere Begründung aller dieſer Rechnungsarten und Anwendungen auf Perrondächer ſ. [13] und [14].

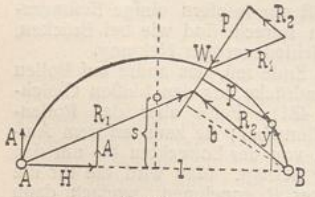


Fig. 42.

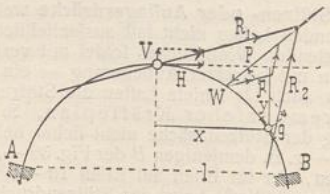


Fig. 43.

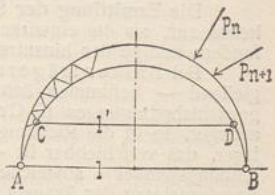


Fig. 44.

Erwähnung erfordern noch die Bogen mit Zugſtangen CD in einer Zwiſchenhöhe zwiſchen Fuß und Scheitel; der eine Bogenfuß kann verſchiebbar gelagert ſein, wie in Fig. 45 angedeutet, oder aber beide Füße ſind drehbar feſt, oder ſie ſind endlich durch eine zweite Zugſtange, die dann meiſt unter dem Boden liegt, miteinander verbunden. Die Stützendrücke bezw. inneren Spannungen beſtimmen ſich in dieſen Fällen mit Hilfe des Arbeitsprinzipes. Iſt nur die Zugſtange CD von der Länge l' vorhanden (Fig. 44) und ein Bogenende auf Rollen gelagert, ſo ermitteln ſich die Spannkräfte S der Stäbe dieſes einfach ſtatiſch unbeſtimmten Syſtems aus der Formel $S = S_o + X_a \cdot S_a$. Hier bedeutet S_o die Stabkräfte in dem durch Entfernung der Zugſtange CD ſtatiſch beſtimmt gemachten Syſtem für die Laſten P; S^a die Stab-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

kräfte für die alleinige Kraft $X_a = +1$ im Zugſtab. Beide Kräftegruppen ſind leicht durch Cremonaſche Kräftepläne oder auf anderm Wege zu ermitteln. X_a endlich iſt die für die Belaſtungen P wirklich auftretende Spannung in der Zugſtange CD und beſtimmt ſich aus

$$X_a = \Sigma S_o S_a \varrho : \left(\Sigma S_a^2 \varrho + \frac{l'}{E' F'} \right),$$

worin die Summen ſich über alle Stäbe erſtrecken, ϱ die Länge eines Stabes geteilt durch ſeine mit dem Elaſtizitätsmodul multiplizierte Fläche, d. h. alſo $\varrho = \frac{s}{EF}$, und $\frac{l'}{E' F'}$ das nämliche für die Zugſtange bedeutet. Die Kräfte S_a ſind O für die Strecken unterhalb der Zugſtange; rückt dieſe an den Fuß hinunter, ſo bleibt das Verfahren immer noch gültig; nur treten jetzt für alle Stäbe Kräfte S_a auf. — Iſt neben der Zugſtange CD noch eine die Bogenfüße AB verbindende vorhanden, wobei natürlich ein Fuß auf Rollen gleiten muß, ſo wird in erſter Linie durch Entfernen beider Zugſtangen das Syſtem wieder ſtatiſch beſtimmt gemacht und die Stabkräfte S_o für die äußeren Laſten P beſtimmt; darauf werden die $P = 0$, X_a aber $= +1$ angenommen, welcher Zuſtand wieder die Stabkräfte S_a; endlich wird $X_b = +1$ angenommen, welcher Zuſtand die Kräfte S_b liefert. Dann rechnen ſich die Geſamtkräfte jeden Stabes nach dem Ausdruck $S = S_b + X_a S_a + X_b S_b$, worin X_a und X_b die wirklichen Spannungen in den Zugſtangen unter den Laſten P bedeuten, die aus den beiden Gleichungen ſich finden:



Fig. 45a.

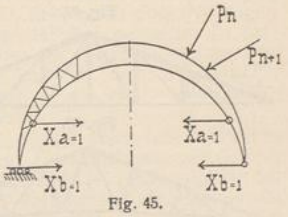


Fig. 45.

$$\left.\begin{aligned} \frac{X_a l'}{E' F'} &= \Sigma S_o S_a \varrho + X_a \Sigma S_a^2 \varrho + X_b \Sigma S_a S_b \varrho \\ \frac{X_b l}{E'' F''} &= \Sigma S_o S_b \varrho + X_a \Sigma S_a S_b \varrho + X_b \Sigma S_b^2 \varrho \end{aligned}\right\}.$$

Sind beide Bogenfüße drehbar feſt gelagert, ſo wird das auf die Ausdehnung der unteren Zugſtange ſich beziehende Glied $\frac{X_b l}{E'' F''} = 0$. Der Einfluß der Temperatur kann auf dem nämlichen Weg gefunden werden; ſ. Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte, und [15]. Handelt es ſich um vollwandige Träger, ſo ſind die Formänderungen der Achſen für die Belaſtungszuſtände P, $X_a = -1$ und $X_b = -1$ zu ermitteln (Fig. 45).

Haben die Obergurten der Binder noch Laſten (Pfetten) zwiſchen den Knotenpunkten aufzunehmen, ſo ſind ſie für die vereinigte Wirkung von Druck und Biegung zu berechnen.

Die Pfetten ſind auf Biegen nach einer oder zwei Richtungen beanſprucht. Für eiſerne Dächer ſind hölzerne Pfetten nur berechtigt, wenn eine Lattung oder Schalung unmittelbar auf dieſen aufgebracht werden ſoll. In den übrigen Fällen ſind für eiſerne Dächer auch eiſerne Pfetten vorzuziehen. Für ſchwache Pfetten genügen gleichſchenkelige oder ungleichſchenkelige ⌊, für ſtärkere werden ⌐, ⊏ und ⌶-Eiſen verwendet. Genügen Walzprofile nicht mehr, wie es bei großen Binderentfernungen und ſchweren Dächern vorkommt, ſo müſſen zuſammengeſetzte Vollwandträger oder Gitterträger gewählt werden. Die Pfetten können lotrecht oder ſenkrecht zur Dachneigung geſtellt werden. Letzteres iſt vorteilhafter für nicht ſchwere, ſteile Dächer, auf denen der Schnee nicht mehr liegen bleibt und der Winddruck die weſentlichſte Belaſtung ausmacht, erſteres für flache, ſchwere Dächer, bei denen die lotrecht wirkenden Laſten des Schnees und der Dachabdeckung überwiegen. Für Dächer mittlerer Neigung iſt das ⌐-Eiſen ſenkrecht zur Dachfläche und mit dem unteren Schenkel abwärts gerichtet meiſt das vorteilhafteſte Profil, weil ſeine Hauptachſe ſich am meiſten der Mittelkraft der Laſten nähert, die zwiſchen die Lotrechte und die Senkrechte zur Dachneigung hineinfällt. Beträgt die Dachneigung mehr als etwa 15°, ſo muß bei der Berechnung der Pfetten dem Umſtand Rechnung getragen werden, daß die Richtung der Mittelkraft der Laſten nicht mit der Hauptachſe des Profilquerſchnittes zuſammenfällt. Man zerlegt am einfachſten die Mittelkraft nach den Richtungen der beiden Hauptachſen, für welche die Trägheitsmomente in den Tabellenwerken gegeben ſind, und ſummiert deren Wirkung für die ſtärkſt beanſpruchte Faſer. Behufs Entlaſtung der Pfetten vom Seitenſchub parallel der Dachfläche kann dieſer durch beſondere Zugſtangen, die durch die Stege der Pfetten geſteckt und mit dieſen feſt verbunden werden, nach den Firſtpfetten übertragen werden, wo er ſich für ſymmetriſche Belaſtungen aufhebt; oder es kann eine Anordnung nach Fig. 45a getroffen werden, bei der das liegende ⊏-Eiſen die Teilkraft parallel zur Dachfläche aufnimmt und auf die Binder überträgt. Eine derartige Anordnung kann bei ſchweren Dächern und hohen Pfetten auch aus dem Grund nötig werden, weil die Laſten nicht im Schwerpunkt des Profils, ſondern in Kopfhöhe angreifen und in ſolchen Fällen ein nicht unbeträchtliches Torſionsmoment erzeugen.

Die Pfetten werden, wenn ſie ſenkrecht zur Dachfläche ſtehen, meiſt einfach auf die Binder aufgenietet und noch, wenn es nötig erſcheint, durch beſondere Winkelſtücke oder gebogene Blechſtreifen gegen Kippen geſtützt, wenn ſie lotrecht ſtehen, meiſt an Knotenbleche angeſchloſſen. Beiſpiele finden ſich im Art. Dach (Hallendächer). Wird die Binderentfernung zu groß, ſo verwendet man, wie ſchon erwähnt, ſtatt Walzprofilen genietete Vollwandträger oder des leichteren Ausſehens halber Fachwerkträger. Erwähnenswert und vorteilhaft ſind die Gitterpfetten, die Schwedler bei den Hallenbauten der Berliner Stadtbahn anwendete. Es ſind dies Doppelpfetten mit drei Gurtungen, einer geraden Druckgurtung aus einem Winkeleiſen und zwei gekrümmten Zuggurtungen, aus Bandquerſchnitt beſtehend, die mit der erſteren durch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gitterwerk zu zwei aufeinander ſenkrecht ſtehenden Fachwerkwänden verbunden ſind. Die eine, in der Ebene der Dachfläche liegend, nimmt die Kräfte parallel zu dieſer auf, die zweite ſteht ſenkrecht zur Dachfläche und nimmt die zu dieſer ſenkrechten Laſtkomponenten auf. Um nicht durch die Pfetten infolge von Längenänderungen durch Temperaturwirkungen ſeitliche Schübe



Fig. 49.

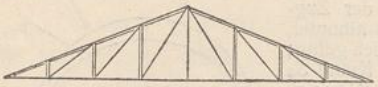


Fig. 50.



Fig. 51.

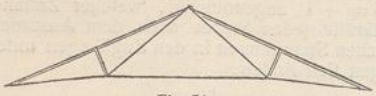


Fig. 54.

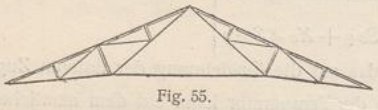


Fig. 55.



Fig. 56.

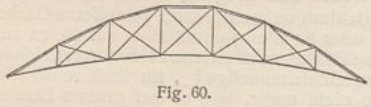


Fig. 60.

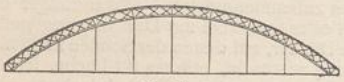


Fig. 61.

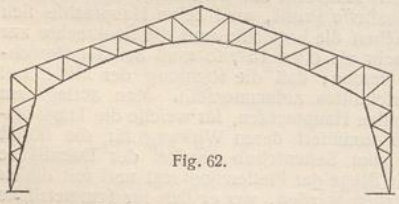


Fig. 62.



Fig. 47.



Fig. 46.

auf die Binder auszuüben, müſſen dieſelben, am beſten zwiſchen den je paarweiſe zuſammengefaßten Bindern, beweglich geſtoßen werden, was mittels ovaler Löcher und Schraubenverbindungen erreicht wird.



Fig. 48.

Die Steifigkeitskonſtruktionen werden in den ſeltenſten Fällen ſo ſtark beanſprucht ſein, daß die Rechnung auf zuläſſige Spannung brauchbare Querſchnitte ergeben würde; dieſelben werden meiſt ab-

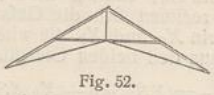


Fig. 52.

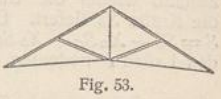


Fig. 53.

geſchätzt, wobei der Grundſatz maßgebend iſt, daß durch dieſe Konſtruktionsteile alle Arten von Schwankungen und Schwingungen, alſo Formänderungen, verhindert werden ſollen, was größere Querſchnitte, als ſie die Rückſicht auf die erlaubten Spannungen



Fig. 57.

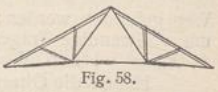


Fig. 58.

zuließen, rechtfertigt. Was die Beſtimmung der Querſchnitte der Bindergliedern ſelbſt betrifft nach Ermittlung der in ihnen herrſchenden Zug-, Druck- und Knickkräfte, ſo ſind vielfach abweichende Regeln und Vorſchriften in Uebung (ſ. Dimenſionenberechnung).



Fig. 59.

Zum Schluß ſoll noch eine Ueberſicht über diejenigen Fachwerksformen gegeben werden, die am häufigſten für eiſerne Dachbinder Verwendung finden.

Das einfache Satteldach (Fig. 46) findet für die kleinſten Spannweiten Verwendung; das Säge- oder Sheddach (Fig. 47) iſt ein Satteldach mit ungleich geneigten Dachflächen, das Pultdach (Fig. 48) iſt die eine Hälfte eines Satteldaches. — Der engliſche Dachſtuhl (Fig. 49—51) beſteht aus geradlinigen Streckbäumen und aus einer regelmäßigen Aufeinanderfolge von Füllungsgliedern. Er bildet ein reines und das denkbar einfachſte Fachwerk und kann ohne Aenderung des Bildungsgeſetzes für jede Spannweite benutzt werden. — Der deutſche Dachſtuhl (Fig. 52 und 53) iſt eine Abart des engliſchen Stuhles und eignet ſich nur für kleinere Spannweiten. — Der franzöſiſche Dachſtuhl, nach ſeinem Erfinder auch Polonceau-Stuhl genannt (Fig. 54—56), beſteht aus zwei ſchief geſtellten armierten Balken, die durch eine Zugſtange miteinander verbunden ſind. Durch Wiederholung der einfachen Armierung der urſprünglichen Form (Fig. 54) können ſtatt eines drei (Fig. 55) und mehr Unterſtützungspunkte für den oberen Streckbaum geſchaffen werden (Berechnung ſ. Polonceau-Dachſtuhl). In Fig. 56 (der Schwedleriſchen Abart des franzöſiſchen Dachſtuhles) iſt eine reichliche Anzahl von Stützpunkten durch Verwendung von Gitterſparren erreicht. — Der belgiſche Dachſtuhl (Fig. 57 und 58) mit zwei Stützpunkten des oberen Streckbaumes iſt eine Abart des franzöſiſchen und eignet ſich nur für mäßige Spannweiten. — Fig. 59 zeigt einen Typus der Binderformen mit geradem oberen und gekrümmtem unteren Streckbaum, die vielfach Verwendung finden, da ſich der innere Raum günſtig ausnutzen läßt und zugleich die Ein-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

deckung eine einfache wird. Auf beiden Seiten ſind nach einwärts fallende Pultdächer angehängt. — Der Sichelträger (Fig. 60) iſt die mit Vorliebe verwendete Form für Hallendächer. Beide Gurtungen ſind gekrümmt, ſei es nach Parabeln, Kreisbogen oder andern Kurven. Die Anordnung der Füllungsglieder iſt ſehr verſchieden, ebenſo die verwendeten Pfeilhöhen und die Stichhöhen der unteren Gurtung. Fig. 60 zeigt eine Form des Sichelträgers mit Pfoſten und gekreuzten Streben. — Auch der Parabelträger, in den der Sichelträger übergeht, wenn der untere Streckbaum geradlinig wird — den oberen als nach einer Parabel gekrümmt vorausgeſetzt —, findet Verwendung, ferner der Halbparabelträger, bei dem die Streckbäume nicht in einen Punkt zuſammengeführt ſind, ſondern an Endpfoſten von beſtimmter Höhe endigen. — Vom Bogenträger ſind hier zwei Formen gegeben. Fig. 61 ſtellt einen Fachwerkbogen mit gekrümmten Gurtungen und einer Zugſtange dar, die den Horizontalſchub aufzunehmen hat; die lotrechten Hängeſtangen haben nur die horizontale Zugſtange am Durchhängen zu verhindern. Fig. 62 endlich iſt ein Bogen mit Punktauflagern, der zugleich Dach und ſeitliche Abſchlußwände bildet. Mit Scheitelgelenk oder ohne ein ſolches — wie hier — wird dieſe Form mit großer Vorliebe für moderne Ausſtellungsbauten verwendet.

Literatur: [1] Heinzerling, Der Eiſenhochbau der Gegenwart, Heft 1, Aachen 1876, Heft 2, ebend. 1878. — [2] Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonſtruktionen: Eiſenkonſtruktionen, 3. Teil, Berlin 1885. — [3] Brandt, Lehrbuch der Eiſenkonſtruktionen, Berlin 1876. — [4] Handbuch der Architektur, I, 1 b: Statik der Hochbaukonſtruktionen, Darmſtadt 1889. — [5] Ebend., Raumbegrenzende Konſtruktionen. — [6] Scharowski, Muſterbuch für Eiſenkonſtruktionen, 2. Aufl., Bd. 1, Berlin 1892. — [7] Tetmajer, Schmiedeeiſerne Dächer, als Manuſkript autogr., Zürich 1880. — [8] Ritter, W., Anwendungen der graphiſchen Statik, 2. Teil, Zürich 1890. — [9] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, 1. Teil, Leipzig 1887. — [10] Weyrauch, Beiſpiele und Aufgaben zur Berechnung der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1888. — [11] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften: Brückenbau, 2. Aufl., Leipzig 1886/88. — [12] Keck, W., Vorträge über Elaſtizitätslehre, Hannover 1893. — [13] Schweizer. Bauzeitung, Bd. 32. — [14] Müller-Breslau, Die neuen Methoden der Feſtigkeitslehre, Leipzig 1893. — [15] Derſ., Graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, Bd. 2, 1. Abt., Leipzig. — [16] Förſter, M., Die Eiſenkonſtruktion der Ingenieurhochbauten, 2. Aufl., Leipzig 1903.

G. Mantel.

Dachſtuhlſäulen (Stuhlſäulen), ſ. Dachſtuhl, S. 514.

Dachtraufe (Traufe), die untere Kante eines Daches, von der das Regenwaſſer abtropft, ohne von einer Rinne aufgefangen und abgeleitet zu werden. Auch bezeichnet man damit die Linie vor der Umfaſſungswand, die vom Traufwaſſer getroffen wird. Dieſe Linie ſoll ſtets innerhalb des eignen Grundes liegen.

Dachwand, bei einem Pultdache die Rückwand, an die ſich dieſes anlehnt.

Dachzerlegung, Dachausmittlung, Dachzerfallung nennt man die Darſtellung der Dachflächen und Sparren, Gräte und Kehlen in ihrer wahren Größe. Das Aufſuchen der wahren Geſtalten der Dachflächen behufs Feſtſetzung der Ausmaße der Dachſparren geſchieht wie folgt:

Iſt *a b c d e f a* (Fig. 1) ein Gebäudegrundriß, über dem ein Satteldach von gegebener Neigung α aufgebaut iſt, ſo ſchneiden ſich die über den Linien *a b*, *b c*, *c d*, *e f* und *f a* errichteten Dachflächen nach den Linien *b g*, *c h*, *i k*, *f i*, *g h*, *h i* und *a g*. Die Schnittpunkte von drei aneinander ſtoßenden Dachflächen heißen Anfallpunkte. Solche Anfallpunkte ſind z. B. die Punkte *a*, *b*, *g*, *h*, *i* u. ſ. w. Die unterſte Kante einer Dachfläche, längs der das Regenwaſſer abfließt, heißt Trauflinie, die oberſte Firſtlinie. Zwei Dachflächen, die aneinander ſtoßende Trauflinien enthalten, ſchneiden ſich nach einer Grat- bezw. Kehllinie, je nachdem der Winkel der Trauflinie ein aus- oder einſpringender iſt. In Fig. 1 iſt *c h* eine Gratlinie, *f i* eine Kehllinie. Die Ermittlung der wahren Geſtalten der Dachflächen vollzieht ſich durch Umlegung dieſer Flächen um die zugehörigen Trauf- bezw. Firſtlinien in die Ebene der Zeichnung. So iſt z. B. $b c g_1 h_1$ die wahre Geſtalt der Fläche *b c g h*, desgleichen iſt $g_1 h_1 i_3 f_3 a_3$ die wahre Geſtalt der Fläche *g h i f a* u. ſ. w., dabei iſt $m n_1 = m n$, $n_1 l_3 = n l$. Die weitere Konſtruktion iſt aus Fig. 1 erſichtlich.

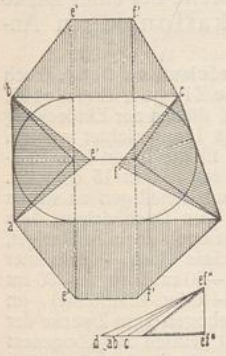


Fig. 2.

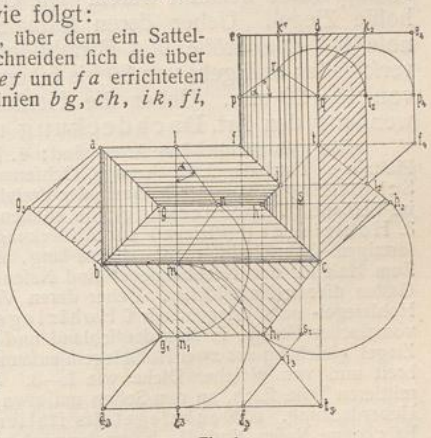


Fig. 1.

Sehr einfach bei rechteckigen Grundriſſen, überhaupt regelmäßigen Grundformen, iſt die Dachzerlegung bei unregelmäßigen mit Schwierigkeiten verknüpft. Wenn ſämtliche Dachflächen eines freiſtehenden Gebäudes die gleiche Dachneigung haben, fällt die Firſtlinie in die Mittelachſe der Grundfläche und die Kehlen und Gräte halbieren die einſpringenden Winkel und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ecken des Grundes (f. Fig. 2). Bei unregelmäßiger Grundfläche eines Gebäudes (f. Fig. 3) entftehen 1. bei gleicher Dachneigung ungleiche Dachhöhen, d. h. eine anfteigende Firftlinie; 2. bei wagerechter Firftlinie, windfchiefe Dachflächen und dadurch in der Dachftuhlkonftruktion gebrochene Pfetten und gekrümmte Kehl- oder Gratfparren. Diefen Schwierigkeiten

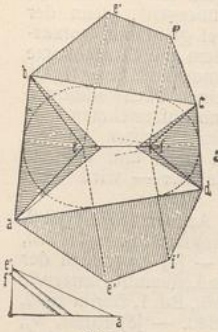


Fig. 3.

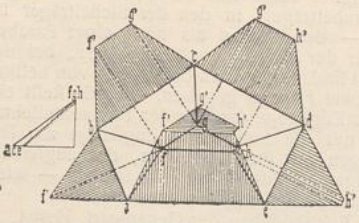


Fig. 4.

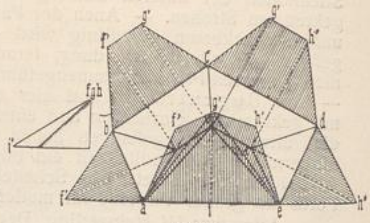


Fig. 5.

und Mängeln kann vorgebeugt werden durch 3. Anordnung einer Plattform (f. Fig. 4), bei der drei Firftlinien in gleicher Höhe entftehen. 4. Durch Zerlegen der unregelmäßigen bezw. windfchiefen Dachfläche in mehrere Dreiecke nach dem Lehrfatze, daß ein Dreieckfeld nie eine windfchiefe Fläche bildet (f. Fig. 5). Bei zufammengefetzten Grundformen erfolgt eine Zerlegung in einzelne Teile, für die unter Annahme gleicher Dachneigung die Beftimmung der Dachflächen, Firften, Kehlen u. f. w. (f. Fig. 6) vorgenommen wird. Sollen bei ungleichen Gebäudetiefen die Firften gleiche Höhe erhalten, fo wird dies erreicht a) durch ungleiche Dachneigung, b) durch Anordnung von Plattformen.

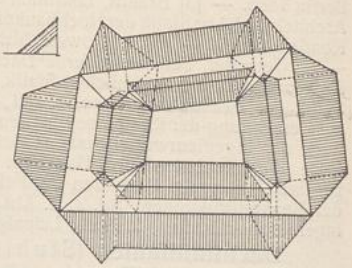


Fig. 6.

Literatur: Vonderlinn, Darft. Geometrie für Bauhandwerker, Stuttgart 1894; Opderbecke, A., Dachausmittlungen, Leipzig 1901.

Weinbrenner.

Dachziegel, aus Lehm gefertigte und gebrannte Steine von länglichflacher oder hohler Form, die ein einfaches oder mehrfaches Ueberdecken der Dachfläche geftatten. Die Anwendung der Ziegel zur Dachdeckung geht bis in das graue Altertum zurück. Man weiß, daß fie in Afien bereits vor der griechifchen Kulturperiode bekannt waren. Die Griechen und Römer verwendeten flache und hohle Ziegel. Ueber deren formale Ausbildung und Anwendung f. Schlußnote [1]. Die Größe und Formbildung ift nach Landesart, Klima u. f. w. fehr verfchieden und geht von 30 bis 50 cm Länge, 10 bis 25 cm Breite bei einer Dicke von 15—20 mm. Ueber die Herftellung f. Ziegelfabrikation, deren Anwendung den Art. Dachdeckung u. a. m.

Die gebräuchlichften Arten find: 1. Dachplatte oder Biberfchwanz (f. d.), auch Plattziegel, Flachziegel, Dachzunge, Ochfenzunge, Zungenftein; 2. halbe Ziegel, Ortziegel, Schnittlinge, von der halben oder dreiviertel Breite der Dachplatten, dienen zur Eindeckung im Verband (f. Dachdeckung); fie können auch mit dem Hammer aus 1. zugerichtet werden. 3. Hohlziegel (Firftziegel) zur Abdeckung von Firften und Gräten, ift meift von halbkreisförmigem Querfchnitt, ca. 35—40 cm lang, an dem einen Ende 12 cm, am andern 15 cm weit. Zum Halt für den Nachbarziegel find Nafen oder Falze angebracht; zum Befeftigen an fteilen Gräten dienen Nagellöcher. Ueber deren Verwendung zur Eindeckung von Dachflächen, dem Hohlziegel- oder Priegendach f. Hohlziegel. 4. Dachpfanne (Paßziegel, auch Breitziegel, von flacher Form), in Norddeutfchland und Holland üblicher, in der Linie eines ~ geformter Ziegel, gleichfam aus zwei Hohlziegeln zufammengefetzt, deren Größe: 35—40 cm lang, 25—30 cm breit und von gleicher Dicke wie 1.—3. 5. Schlußziegel (Kremp- oder Blattfteine), im mittleren Teile flach, an den Seiten um etwa 2 cm entgegengefetzt umgebogen zum Zwecke der Ueberdeckung. 6. Deckziegel des italienifchen Daches (f. d.) mit feitlich aufgebogenem Falz, ohne Nafen, find 41—50 cm lang, oben 33—39 cm, unten 25—31 cm breit, fo daß fie fich ineinander fchieben. Zur Ueberdeckung der Stoßfugen dienen Hohlziegel (Canali) von gleicher Länge. Die Unterlagen bilden kleinere Blättchen (Pianelli) von halber Größe der Deckziegel. 7. Rautenziegel, 28—33 cm im Geviert, mit zwei aufwärts und zwei abwärts gebogenen Falzen, am oberen Eck eine Nafe, find von gefälligem Ausfehen und können bei Anwendung verfchiedenfarbiger Glafur der Oberfläche eine reiche Muflerung des Daches bilden.

Verbefferte Fabrikate, an denen fowohl die Maße als die formale Ausbildung einen wefentlichen Fortfchritt zeigen, find die 8. Falzziegel, erfunden zu Altkirch im Oberelfaß von Gilardoni (Patent von 1841). Bei diefen find die Stoßfugen wie die Ueberdeckungen durch eine oder mehrfache Ueberfalzungen fo gedichtet, daß hiermit eine höchft vollkommene Eindeckung erzielt wird (f. Falzziegeldach). Die hohen Vorzüge diefer Art Ziegel haben

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zu vielfacher Nachahmung und Ausbildung geführt und ſind es beſonders linksrheiniſche Fabriken, z. B. Forbach (Lothringen) und Jockgrimm (Rheinpfalz), die hervorragende Erzeugniſſe liefern. Die äußere Anſicht ſolcher Ziegel zeigt zwiſchen Falzen der Langſeite noch Rauten oder Streifen als Verſteifungen der Flächen. Größe der Falzziegel: Länge 35—43 cm, Breite 23—25 cm, Stärke ca. 10—12 mm. 9. Schuppenziegel, ein andres Fabrikat desſelben Erfinders, ſoll die äußere Oberfläche des Daches leichter und gefälliger und dem Schieferdache ähnlich geſtalten. 10. Bordziegel, dienen dazu, den Abſchluß der Falzziegeldächer am Ortgang in gefälliger Weiſe zu bilden; ſie erſetzen die ſonſt üblichen Ortgangbretter (ſ. d.). 11. Kaffziegel, Kappziegel, von der Größe eines oder zweier Falzziegel, mit einer halbkugelförmigen Haube überbaut, die vorn eine Luft- und Lichtöffnung bildet; an Scheunen und Speicherdächern verwendet. 12. Lichtziegel, mit einem Ausſchnitt und Falz zur Verglaſung, dient wie der Glasfalzziegel (ſ. Dachfenſter) zum Lichteinfall im Dachraum. 13. Kehlziegel, bilden den unteren Rand der Dachflächen an Kehlen, decken die ungleichmäßig abgeſchroteten Enden der Falzziegel und bilden eine durchgehende Kante mit Löchern zum Ablauf des Regenwaſſers. 14. Joffonziegel, eine in Frankreich beliebte, zierliche Ziegelart in Geſtalt eines Blattes.

Der gute Dachziegel muß hartgebrannt, von hellem Klang und froſtbeſtändig, die Bruchfläche gleichartig, feinkörnig und ohne eingeſprengte Kalkteile ſein. Proben der Haltbarkeit ſind: 1. die Ueberwinterung, d. h. Ausſetzen in Froſt und Eis, 2. Begießen mit kaltem Waſſer bei Rotglühhitze. Eine rauhe Oberfläche der Ziegel verhindert das raſche Ablaufen des Regenwaſſers und begünſtigt das Anſetzen von Mooſen, die durch feine Wurzeln das Losbröckeln der oberſten Haut herbeiführen. Dieſem Mißſtand vorzubeugen, zugleich auch um einen Schmuck des Daches zu bilden, werden die Ziegel mit farbiger Glaſur (ſ. d.) überzogen. Ein einfacheres Verfahren iſt das Anräuchern, das ſchon im Mittelalter in Holland üblich war. S. Ziegelfabrikation.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, 2. Teil, 1. Bd., S. 106 ff., Darmſtadt 1881; 2. Bd., S. 204 ff., Darmſtadt 1885. — [2] Mothes, Baulexikon, 2. Bd., Leipzig 1882. *Weinbrenner.*

Dacit, ſ. Andeſit.

Dächſel, ſ. Dachsbeil.

Dädaleum, ſ. Phänakiſtoſkop.

Dämmerung, der Uebergang zwiſchen der vollen Tageshelligkeit und dem Dunkel der Nacht.

Man unterſcheidet gewöhnlich zwiſchen „bürgerlicher“ und „aſtronomiſcher“ Dämmerung. Die erſtere rechnet man vom Moment des Untergangs der Sonne bis zu einer Zeit, zu der es eben noch möglich iſt, gewöhnliche Druckſchrift zu leſen, oder bis zum Erſcheinen der hellſten Sterne, und das Ende der aſtronomiſchen Dämmerung ſetzt man dann an, wenn alle dem bloßen Auge überhaupt wahrnehmbaren Sterne geſehen werden können. Aus dieſer Definition geht ſchon hervor, daß die Grenzen der Dämmerung nicht beſonders ſicher angegeben werden können. Zur Zeit des Endes der bürgerlichen Dämmerung befindet ſich die Sonne etwa 6° unter dem Horizont, und wenn die aſtronomiſche Dämmerung endigt, deren Zeitpunkt auch aus dem Verſchwinden des ſogenannten Dämmerungsſegmentes, einem hellen Bogen am Weſthimmel, der ſich nach Untergang der Sonne häufig recht deutlich wahrnehmen läßt, beſtimmt werden kann, befindet ſich die Sonne etwa 18° unter dem Horizont.

Scharfe Angaben für die Depreſſion der Sonne beim Ende oder Anfang der Dämmerung laſſen ſich alſo nicht machen; die Dämmerungskreiſe ſind mit dem Zuſtand der Luft jedenfalls veränderlich und wohl immer für Morgen- und Abenddämmerung verſchieden anzunehmen [1]. Die Dauer der Dämmerung ergibt ſich bei angenommenem Dämmerungskreis ($-h$) ſehr einfach als Differenz der Stundenwinkel der Sonne in der Zenitdiſtanz ($90° + h$) und zur Zeit des Aufgangs oder Untergangs (wobei Rückſicht auf die ſogenannte Tagverlängerung zu nehmen iſt, vgl. den Art. Auf- und Untergang der Geſtirne) [2]. Mit der Annahme $h_1 = -6°$ folgt hier eine Tabelle der bürgerlichen Dämmerungsdauer (für Mitteleuropa) in Minuten:

Geogr. Breite	1. Jan.	1. Febr.	1. März	1. April	1. Mai	1. Juni	1. Juli	1. Aug.	1. Sept.	1. Okt.	1. Nov.	1. Dez.
+45°	35	33	32	32	35	38	38	36	33	32	33	34
47	37	35	34	34	36	40	40	38	35	33	35	36
49	39	37	35	35	38	42	43	40	36	34	36	38
51	41	39	36	36	40	45	46	42	38	36	38	41
+53	43	41	38	38	42	47	48	44	39	38	40	43

Die Tabelle zeigt, daß die Dämmerungsdauer mit zunehmender geographiſcher Breite im Laufe des Jahres immer mehr ſchwankt. Mit der Annahme $h_2 = -18°$ iſt aus der folgenden Tabelle die Dauer der aſtronomiſchen Dämmerung (für die Breiten 40—60°, alſo Madrid-Konſtantinopel bis Chriſtiania-Petersburg) in Stunden und Minuten zu entnehmen:

Geogr. Breite	1. Jan.	1. Febr.	1. März	1. April	1. Mai	1. Juni	1. Juli	1. Aug.	1. Sept.	1. Okt.	1. Nov.	1. Dez.
+40°	1.39	1.34	1.31	1.34	1.45	2. 0	2. 4	1.50	1.38	1.32	1.33	1.37
45	1.48	1.43	1.39	1.43	1.59	2.26	2.34	2. 8	1.48	1.40	1.40	1.46
50	2. 1	1.54	1.49	1.55	2.21	3.47	—	2.39	2. 3	1.50	1.51	1.59
55	2.19	2. 9	2. 3	2.13	3. 7	—	—	—	2.26	2. 5	2. 6	2.16
+60	2.48	2.30	2.22	2.41	—	—	—	—	3. 8	2.25	2.26	2.42

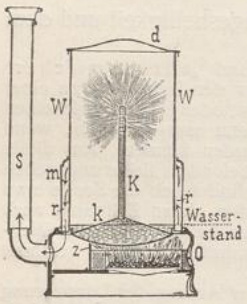
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wo keine Zahl in den Tabellen ſteht, bedeutet dies, daß die Sonne die Tiefe von 18° unter dem Horizont zum angegebenen Datum und in der angegebenen Breite überhaupt nicht erreicht, ſo daß die aſtronomiſche Dämmerung die ganze Nacht dauert. Die erſte Tabelle zeigt, daß in Süddeutſchland (49°) z. B. die kürzeſte bürgerliche Dämmerung (34 Minuten) Mitte März und Anfang Oktober eintritt (bei einer Sonnendeklination von wenigen Graden Süd) [6]. — Eine durch Jahrhunderte ſehr berühmt geweſene Aufgabe iſt die der „kürzeſten Dämmerung“; mit ihr haben ſich ſchon die erſten ausführlichen modernen Schriftſteller über die Dämmerungserſcheinungen beſchäftigt [3]. Die Aufgabe lautet: Es iſt der Tag anzugeben, an dem die Dämmerung, bei gegebener geographiſcher Breite des Beobachtungsorts, die kürzeſte Dauer hat. Die Aufgabe hat eine große Literatur hervorgerufen [4]; lange vor Erfindung der Infinitеſimalrechnung geſtellt, iſt ſie in der Tat einer ganz elementaren Behandlung fähig [5].

Literatur: [1] Vgl. Literaturangaben dazu, z. B. Wolf, Handbuch der Aſtronomie, I, 2, Zürich 1891, S. 476. — [2] Vollſtändige elementare Entwicklung, z. B. bei Hammer, Trigonometrie, Stuttgart 1885, S. 299—303. — [3] Als erſter vielleicht Nonius, De crepusculis liber unius, Liſſabon 1542. — [4] Geſammelt, für die ältere Zeit ziemlich vollſtändig, in der großen Bibliographie générale de l'Aſtronomie von Houzeau und Lancaster, Brüſſel, von 1882 an; das wichtigſte Neuere (Joh. und Jak. Bernoulli, die ſich über 5 Jahre lang mit der Aufgabe beſchäftigten, Lambert, Euler, d'Alembert, d'Arreſt, Stoll u. ſ. w.) ſ. a. bei Wolf, a. a. O., S. 477, oder bei Günther, Mathem. Geogr., Stuttgart 1890, S. 154; zur Dämmerung überhaupt ebend., S. 150 ff. — [5] Vgl. z. B. den Artikel „Dämmerung“ (von Brandes) in Gehlers Phyſikal. Wörterbuch, 2. Aufl., Bd. 2, Leipzig 1826, oder bei Hammer, a. a. O. — [6] Eine Reihe von Schilderungen des Verlaufes der Dämmerung und damit zuſammenhängender Erſcheinungen vgl. bei Arrhenius, S. A., Lehrbuch der kosmiſchen Phyſik, Leipzig 1903, S. 853 ff. *Ambronn.*

Dämpfapparat, in der Landwirtſchaft, Vorrichtung zum Dämpfen verſchiedener Futtermittel, wie Kartoffeln, Rüben, Spreu u. ſ. w.

Durch das Kochen mit Dampf werden die Zellen geſprengt (aufgeſchloſſen), wodurch das Futter leichter verdaulich wird, ohne daß ihm, wie beim Kochen in Waſſer, Nährſubſtanzen entzogen werden. Kann man den nötigen Dampf nicht dem Keſſel einer Brennerei oder Molkerei durch ein Verbindungsrohr entnehmen, ſo benutzt man Dämpfapparate. Bei den Dämpfapparaten, die z. B. von der Aktiengeſellſchaft Eckert, Berlin, und Paul Reuß, Artern, in guter Ausführung geliefert werden, iſt der Dampfentwicklungsraum und der eigentliche, im allgemeinen kippbare Dämpfraum voneinander getrennt ausgeführt. Der Dampf wird durch Rohre ins Dämpfgefäß eingeführt. — Ventzki in Graudenz vereinigt den Dampfentwicklungsraum und den Dämpfraum und erzielt dadurch bei einfachſter Konſtruktion ſehr gute Reſultate. Die Figur zeigt einen ſolchen „Schnelldämpfer“ größerer Ausführung im Schnitt. Das Dampfgefäß *W* mit dem Mantel *m* wird auf den Herd *z* mit Schornſtein *s* aufgeſetzt. Vor dem Anheizen gießt man ſo viel Waſſer in das Dampfgefäß, daß der Einſatzboden *k* etwa bis zur Häfte bedeckt iſt, wozu 1—2 Eimer erforderlich ſind, füllt die Kartoffeln oder dergl. ein und ſchließt den Deckel *d*. Der ſich entwickelnde Dampf tritt durch die Löcher des Rohres *K* in die Frucht. Wenn nach 30—50 Minuten der Dampf aus einem Sicherheitsventil ausſtrömt, hört man zu feuern auf und läßt das Faß noch etwa 15 Minuten ſtehen, dann iſt die Frucht gar. Nun läßt man das Kondenswaſſer ab, hebt den Keſſel mit Hilfe eines Hebegeſtells an und kippt ihn nach Oeffnen des Deckels um ſeine Drehzapfen aus. Der Kohlenverbrauch beträgt $1\frac{1}{4}$—$1\frac{1}{2}$ kg pro Zentner Kartoffeln. Schnelldämpfer wie beiſtehende Figur werden in den Größen von 65—630 l Inhalt ausgeführt und koſten 61—346 *M.* Die Herddämpfer faſſen 30—80 l und koſten 13—30 *M.* *Wrobel.*



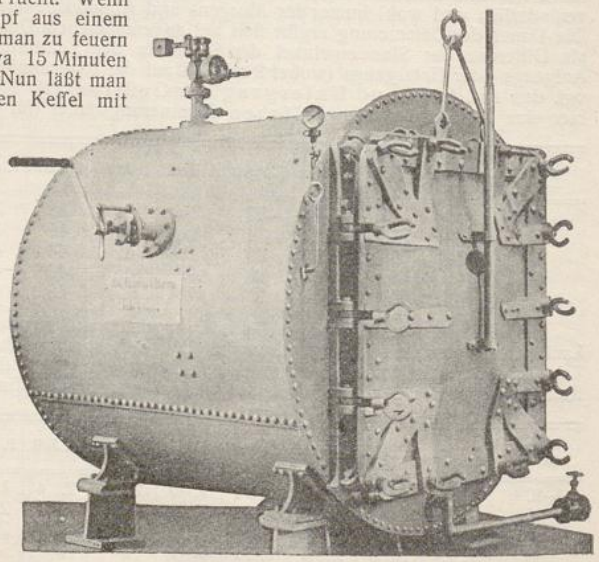


Fig. 1.

Dämpfen der Eiſenbahnſchwellen, ſ. Holzkonſervierung.

Dämpfen im Zeugdruck hat den Zweck, die aufgedruckten Farben zu entwickeln und auf der Faſer zu fixieren.

Es wird meiſtens in geſchloſſenen Dämpfkaſten (Fig. 1)

vorgenommen, in die man trockenen Dampf von einer gewissen Spannung einströmen läßt. Um das Abflecken der aufgedruckten Farben zu verhindern, werden die Gewebe gewöhnlich mit sogenannten Mitläufern in Wickelform gebracht und auf die im Dämpfkessel befindlichen Rollen gehängt. Diese Rollen werden von außen in Umdrehung versetzt, damit keine örtliche Dampfkondensation entstehen kann, wodurch ein Auslaufen der bedruckten Stellen auftreten würde. Die Dampfspannung und die Dämpfdauer richten sich nach der Natur der aufgedruckten Farben. Auch kontinuierliche Dämpfapparate werden vielfach benutzt, und Fig. 2 zeigt einen solchen, der als „Kleiner Mather & Platt-Apparat" bekannt ist. — Auch die bedruckten Wollwaren werden dem Dämpfen unterworfen, jedoch arbeitet man hierbei mit feuchtem Dampf von geringer Spannung. — Die fixierende Wirkung des Dämpfens beruht auf der hohen Temperatur des Dampfes, die das Verflüchtigen der den Druckfarben beigegebenen Lösungsmittel oder eine Dissoziation derselben (bei Anwendung von Aethylweinsäure u. s. w.) verursacht. Anderseits wirkt der Dampf auch wie das Wasser im Färbebade; er löst die Farbstoffe und bringt sie mit der Faser in engeren Zusammenhang [1]. In andern Fällen, besonders beim Aetzdruck, ruft die hohe Temperatur des Dampfes die Reaktion verschiedener Körper aufeinander hervor, die nun ihrerseits auf die gefärbte Unterlage einwirken. Hierauf beruhen beispielsweise die neueren Methoden, Indigo weiß und rot zu ätzen. Die Dampfhitze bringt auch Lösungen von Kasein, Ei- oder Blutalbumin zum Koagulieren, wodurch die solchen Lösungen zugemischten Körperfarben unlöslich auf der Faser fixiert werden. — Durch das Dämpfen wird auch Farblackbildung hervorgerufen bei Anwendung von sogenannten Beizenfarbstoffen. In einigen Fällen geht ein Verhängen der bedruckten Stoffe dem Dämpfen voraus. In der Färberei findet das Dämpfen auch Anwendung zum Avivieren der mit Türkischrot gefärbten Baumwolle, ferner in der Appretur verschiedener Gewebearten, endlich nach dem Crabben der Gewebe auf dem Zylinder (s. Dekatieren). — Aehnlich wird das Holz vor der Verarbeitung in der Holzstoffabrikation behandelt (s. Dampfholzschliff).

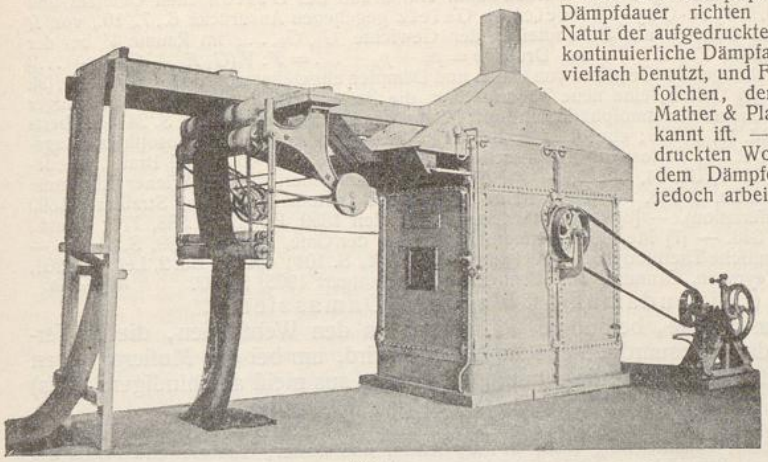


Fig. 2.

Literatur: [1] Rosenstiehl, Bulletin de la Société Indust. de Mulhouse, 1890, S. 401. *Ad. Singer.*

Dämpfer, s. Meßinstrumente, elektrische, und Spiritusfabrikation.

Dämpfung, s. Meßinstrumente, elektrische, Induktion.

Dängeln, Dängelmaschine, s. Dengeln.

Dänisch-Leder (Suède oder Chairleder), glacégares Handschuhleder, auf der geschlichteten oder dollierten Fleischseite gefärbt.

Däumling, s. Daumen.

Daguerreotypie, s. Photographie.

Dalben, s. Duc d'Alben.

Dallastypie, Verfahren zur Herstellung von Buchdruckplatten mittels Photogalvanographie (s. d.); außerhalb Englands ohne Verwendung.

Daltons Gesetz besagt, daß der Druck eines Gases durch andre im gleichen Raume befindliche Gase nicht geändert wird, so daß der Gesamtdruck eines Gemisches chemisch nicht aufeinander wirkender Gase gleich der Summe der Drücke ist, welche seine Bestandteile bei der gleichen Temperatur einzeln ausüben würden.

Dalton hat das Gesetz zuerst ausgesprochen und durch Versuche mit Luft und Dampf gestützt [1], während es Henry, Gay-Lussac, Regnault u. a. innerhalb gewisser Grenzen bestätigt fanden. Andrews zeigte jedoch durch Versuche bis zu einigen hundert Atmosphären [2], daß das Gesetz bei hohen Drücken nicht mehr genügt und alsdann geradezu unrichtige Resultate liefern kann. Für Dämpfe von schwefliger Säure und Kohlensäure fand Braun bei Partialdrücken von weniger als einer halben Atmosphäre noch merkliche Abweichungen [3]. Margules wies nach [4], daß die Abweichungen eines Gasgemisches vom Daltonschen Gesetz denselben Gang zeigen können wie die Abweichungen eines Gases vom Boyleschen Gesetz. Am ausführlichsten hat die Frage in neuerer Zeit Galitzine behandelt [5], [6], wobei wie in früheren Fällen konstatiert wurde, daß der Gesamtdruck für gewisse

Gemiſche und Drücke kleiner, für andre größer als die Summe der Partialdrücke iſt. Auf Grund aller Verſuche und der kinetiſchen Gastheorie [7] hat man das Daltonſche Geſetz, ähnlich dem Boyleſchen (ſ. d.), als einen Grenzausdruck anzuſehen, dem kein wirkliches Gas vollkommen entſpricht, der jedoch für techniſche Zwecke auf die ſchwerſt kondenſierbaren Gaſe ohne weiteres, auf Gemiſche von Gaſen und Dämpfen oder von verſchiedenen Dämpfen meiſt ebenfalls mit genügender Genauigkeit angewendet werden kann. Auf Grund des Daltonſchen Geſetzes ſind z. B. die im Art. Boyle-Gay-Luſſacſches Geſetz gegebenen Ausdrücke 6., 7., 10., von R [man hat für ein Gemiſch aus Beſtandteilen der Gewichte $G_1, G_2, \ldots$ im Raume V bei der abſoluten Temperatur $T = 273 + t$ den Druck $p = p_1 + p_2 + \ldots = T : V(G_1 R_1 + G_2 R_2 + \ldots)$] und weitere Beziehungen für Gemiſche von Gaſen und Dämpfen abgeleitet worden [6], S. 770, [8], [9].

Literatur: [1] Dalton, eine neue Theorie über die Beſchaffenheit gemiſchter luftförmiger Flüſſigkeiten, beſonders der atmoſphäriſchen Luft; Nicholſons Journal 1801, Bd. 5, S. 241; Gilberts Annalen 1802, Bd. 12, S. 385; ebend. 1803, Bd. 15, S. 21. — [2] Andrews, Philosophical Magazine 1876, Bd. 1, S. 78; Philosophical transactions 1887, Bd. 178 A, S. 45. — [3] Braun, Wiedemanns Annalen 1888, Bd. 34, S. 943. — [4] Margules, Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1889, Bd. 98, Abt. 2 a, S. 883. — [5] Galitzine, Ueber das Daltonſche Geſetz, Straßburg 1890 (Inaugurationsdiſſertation). — [6] Derſ., Wiedemanns Annalen 1890, Bd. 41, S. 588, 770; ebend., 1891, Bd. 42, S. 348. — [7] Meyer, Die kinetiſche Theorie der Gaſe, Breslau 1899, S. 31, 93. — [8] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, Leipzig 1900, Bd. 1, S. 104; ebend., Bd. 2, Leipzig 1901, S. 304. — [9] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie I, Stuttgart 1905, S. 137. *Weyrauch.*

Damaſt (Leinendamaſt), ſ. Weberei, Damaszieren.

Damaſtmaſchine, beſondere Vorrichtung an den Webſtühlen, die in Verbindung mit dem Jacquardgetriebe angewendet wird, um bei den Muſtergeweben die den Damaſt kennzeichnende Bindung (Quadrate aus meiſt achtbindigem Atlas) zu erzeugen. Kurze Beſchreibung in [1], eingehende in [2].

Literatur: [1] Müller, Handbuch der Weberei, Leipzig 1894, S. 609. — [2] Lembke, Mechan. Webſtühle, 5. Fortſ., Braunſchweig 1893, S. 130; Kinzer und Walter, Theorie und Praxis der Ganzdamaſtweberei, Braunſchweig 1901; Zeitſchr. für die geſamte Textilinduſtrie 1903/04, S. 5, 87.

Damaſtpapier, weißes, naturfarbiges oder grundiertes, durch Preſſen mit Muſtern verſehenes Papier (ſ. Buntpapierſorten).

Damaſtſtahl (Damaszenerſtahl), ſ. Damaszieren.

Damaszieren, Eiſen und Stahl derart bearbeiten, daß ſie flammige und aderige Zeichnungen annehmen, fälſchlich auch das Einhämmern von Silber oder Gold in Metallarbeiten (Taufchieren), beſonders in Säbelklingen. Vgl. Goldarbeiten, Kunſtgewerbe.

In Europa ahmt man den Damaszenerſtahl nach, indem man dünne Stäbe von Stahl, weichem oder weißem und hartem oder grauem Eiſen übereinander legt, zuſammenſchweißt, dann mit Schraubſtock und Stange ſchraubenförmig umdreht, den ſo gewonnenen Stahl in vier oder mehr Teile zerſchneidet, dieſe wieder zuſammenſchweißt und dann die Operation des Drehens und Schweißens noch einigemal wiederholt. Um parallele Streifen oder regelmäßige Figuren zu erlangen, wird in die oberſte Platte eines Päckchens verſchiedenartiger Stahlplatten eine Zeichnung graviert. Beim Hämmern preßt ſich dann der Stahl von unten in die Höhlung der Gravierung, ſo daß ſämtliche Platten an dieſer Stelle eine Ausbiegung erhalten, die nach dem folgenden Aetzen als eine Damaszierung erſcheint. Bei der Moſaikdamaszierung werden die zuſammengewundenen Stäbe in kleine Stücke gehauen und dieſe aneinander gelegt, geſchweißt und geſchmiedet. Crivelli in Mailand ahmte echte Damaszenerklingen dadurch nach, daß er Schmiedeeiſen und Stahl in einer großen Anzahl dünner Schichten zuſammenarbeitete. Am einfachſten bringt man das geflammte Ausſehen, den ſogenannten Damaſt, hervor, wenn man das ſchon polierte Stück dünn mit Wachs überzieht, in dieſes die Flammenfiguren graviert und nun Scheidewaſſer aufbringt, wodurch die ſchönſten Damaſtfiguren entſtehen. Auch damasziert man Säbelklingen, indem man auf die polierte Klinge mit einer Miſchung von Kalk und Waſſer Flecke macht, an der Sonne trocknet, mit einer Auflöſung von Vitriol in Waſſer beſtreicht und nach einiger Zeit abwiſcht. Eine Damaszierung erhält man auch, wenn man mit einem Haarpinſel die Auflöſung eines gewöhnlichen Aetzgrundes in Terpentinöl da aufträgt, wo glänzende Verzierungen oder blanke Stellen erſcheinen ſollen, in verdünnte Salpeterſäure eintaucht oder der Wirkung aus einer Miſchung von Kochſalz und Schwefelſäure freiwerdender Salzſäuredämpfe ausſetzt, bis die Politur verſchwunden und eine gleichmäßige Mattierung an ihre Stelle getreten iſt. Nach Prechtl damasziert man Eiſen mit Platin, indem man dünne Stahlbleche oder Stahl- und Eiſenbleche mit einem Platindraht umwickelt, aufeinander legt, mit dickerem Stahldraht umwickelt, ſo daß des letzteren Windungen ſich berühren, um auf dieſe Weiſe noch nach außen eine hinreichende Lage Stahl zu geben. Das Ganze wird zuſammengeſchweißt und weiter verarbeitet. Läßt man den fertigen Gegenſtand blau anlaufen oder brüniert ihn, ſo tritt der glänzend weiße Platindamaſt auf blauem oder braunem Grund hervor. Damaszierte Säbelklingen werden auch oft parfümiert, indem man ſie über einem Kohlenfeuer glüht und dann mit einer Miſchung von Biſam, Zibet, grauer Ambra und Behenöl beſtreicht. *Andés.*

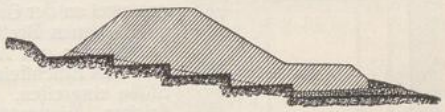
Damm, jede im Verhältnis zu ihrer Breite lang ausgedehnte Anſchüttung, dazu dienlich, den Unterbau für eine höher als das Gelände liegende Fahrbahn zu bilden oder Schutz gegen Ueberflutung zu bieten. Häufig werden beide Zwecke miteinander verbunden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Befteht ein Straßen- oder Eifenbahndamm aus fchlechteren, wenig bindenden und wenig widerftandsfähigen Bodenarten, fo muß die Böfchung flach bis zu 1 : 4 (Höhe zu Ausladung) angelegt werden, während Sand, Kies, fandiger Ton, Steingerölle u. f. w. eine fteilere Böfchung bis zu 1 : $1^1/_4$ und 1 : 1 geftatten, befonders wenn letzteres Material genügend große und lagerhafte Stücke aufweift, die an den Böfchungen regelrecht verpackt und gefchichtet werden können. Ganz fteile Böfchungen laffen fich jedoch nur durch Stützmauern erreichen. Je weniger das Schüttungsmaterial vom Waffer aufgelöft und angegriffen wird, um fo beffer eignet es fich zur Dammfchüttung. Weniger widerftandsfähiges Material erfordert dagegen eine nachträgliche Befeftigung der Böfchungen (f. Böfchungsarbeiten). Am gefährlichften ift die Verwendung von gefrorener Erde, da diefe oft noch nach Jahren zu Sackungen und Senkungen und zum Auseinanderfließen des Dammes Veranlaffung geben kann. In gewiffen Höhen angebrachte Bermen (f. d.) verbreitern zwar die Bafis des Dammes, tragen aber zur Feuchthaltung des Dammes bei, indem fie dem Regen Gelegenheit zum Eindringen bieten. Henz [1], S. 137 empfiehlt, bei hohen Eifenbahndämmen 3—3,5 m unter der Krone auf beiden Seiten des Dammes eine Berme von 0,6—0,8 m Breite anzulegen, um die abgerutfchte oder fchmäler gewordene Krone wieder profilmäßig herftellen zu können. Auch werden derartige Bermen zu demfelben Zweck 1—1,25 m unter der Krone angebracht, wobei fie gleichzeitig den Streckenarbeitern beim Vorüberfahren von Zügen als ficherer Aufenthaltsort dienen können. Bei Dämmen, die dem Wafferangriff ausgefetzt find, wird die Berme in der Höhe der Waffer linie angeordnet, um den unteren Teil des Dammes zu verftärken.

Die Ausführung der Dämme gefchieht in der Weife, daß zunächft von der zu befchüttenden Fläche der Rafen oder die Ackerkrume abgehoben und zur fpäteren Verwendung für die Böfchungsabdeckung zur Seite gefetzt wird. Bei feitwärts abhängenden Befchüttungsflächen muß außerdem der Boden, wenn er waffer undurchläffig ift, terraffenförmig abgehoben werden (f. die Figur), damit kein Abrutfchen des Auftrages erfolgt [2], S. 95. Ift die zu befchüttende Fläche quellig und feucht, fo ift fie vor der Anfchüttung durch Sickerfchlitze oder Drainröhren zu entwäffern und trockenzulegen. Namentlich ift bereits beim Entwerfen des Dammes auf etwaige im Boden befindliche, geneigt liegende waffer undurchläffige Ton- oder Lehmfchichten zu achten, da diefe, in ihrer Oberfläche vom durchfickernden Waffer aufgeweicht und fchlüpfrig gemacht, leicht die Urfache von Dammbewegungen und Rutfchungen werden können, fobald durch das Gewicht der Anfchüttung das Gleichgewicht der über ihnen lagernden Erdmaffen geftört wird.

Bei nachgiebigem Sumpf- und Moorboden wird vielfach der Damm durch vorherige Ausbaggerung auf den feften Untergrund aufgefetzt. Liegt aber diefer feffe Untergrund fehr tief, und ift die Moornarbe tragfähig genug, fo muß fie forgfältig vor Verletzungen gehütet werden, wenn man den Damm ohne weiteres daraufletzen will. Ift die Moordecke nicht genügend tragfähig, fo fchlitzt man fie beidfeitig parallel zum Dammfuß in einiger Entfernung auf und verfenkt gleichzeitig mit dem allmählich anzufchüttenden Damm die Moordecke (f. a. Moorftraßen). Vor Beginn der Schüttung werden etwaige Seitengräben ausgeworfen und das Dammprofil wird in gerader Strecke alle 50 m, in Bögen oder Krümmungen alle 35—20 m durch Lattenprofile feftgelegt, wobei die Bekleidung der Böfchung (f. Böfchungsarbeiten) fowie das Sackmaß der Dammböfchungen berückfichtigt werden muß.



Die Schüttung felbft kann je nach den örtlichen Verhältniffen, dem Schüttungsmaterial und den zur Verfügung ftehenden Schüttgefäßen in verfchiedener Weife erfolgen, und zwar unterfcheidet man die Lagenfchüttung, die Kopffchüttung und die Seitenfchüttung (f. d.). Bei fehr breiten Anfchüttungen kann es von Vorteil fein, die Lagenfchüttung mit der Kopffchüttung zu vereinigen. Endlich ift noch die Gerüftfchüttung zu erwähnen, die bei der Lagenfchüttung mit feften Gerüften, bei der Kopffchüttung mit beweglichen Sturzgerüften betrieben wird.

Befondere Sorgfalt ift bei der Anfchüttung und Ueberfchüttung von in der Dammlinie befindlichen Bauwerken (Durchläffe, Brücken u. f. w.) zu verwenden. Hier darf nur in dünnen Lagen unter forgfältigem Stampfen an beiden Enden des Bauwerkes gleichmäßig angefchüttet werden. Wird Kopffchüttung angewendet, fo muß nicht allein an beiden Enden des Bauwerkes, fondern auch in genügender Höhe über demfelben die Anfchüttung in dünnen wagerechten Lagen ausgeführt werden, bevor mit der Kopffchüttung darüber weggegangen werden kann. Bei nachgiebigem Untergrund darf das Bauwerk nicht früher übergefchüttet werden, als bis der Damm auf beiden Seiten die volle Höhe erreicht hat und keine Senkung des Bodens mehr zu befürchten ift. Um ein Zufammenfchieben der Fundamente des Bauwerkes zu verhindern, müffen in diefem Fall Erdgewölbe angewendet werden; oder man führt die Schüttung ganz durch und beginnt die Fundierungsarbeiten erft nachdem fich der Damm gefetzt hat.

Literatur: [1] Henz, Prakt. Anleitung zum Erdbau, 3. Aufl., Berlin 1877, S. 134; Handbuch der Baukunde, Berlin 1892, Abt. 3, Heft 4, S. 46; Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften, 3. Aufl., Leipzig 1897, Bd. 1, Abt. 2, Kap. 3, S. 100 u. 115, und Kap. 4, S. 189. — [2] Handbuch der fpeziellen Eifenbahntechnik, Leipzig 1882, Kap. 3, S. 94.

L. v. Willmann.

Damm. Bedeichungen an Gebirgsflüffen haben nicht allein den Zweck, einen Teil der Talfohle gegen Ueberfchwemmungen zu fchützen, fondern fie bilden in der Regel auch ein wichtiges Mittel zur Einfchränkung des Hochwafferbetts. Die diefem Doppelzweck dienenden Anlagen führen nur felten den Namen Deiche; in der Regel heißen fie Dämme.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sehr wichtig ist ihre hochwasserfreie Lage, weil ein etwaiges Ueberströmen des Hochwassers weitgehende Zerstörungen der oft unter der Flußsohle liegenden Flächen zur Folge haben würde. Mit Rücksicht auf den großen Unterschied zwischen Niedrig- und Hochwasser wird den Gebirgsflüssen meistens ein besonderes Niedrigwasserbett gegeben, das die kleinen Wassermengen zusammenhalten und die Bildung von Serpentinen verhindern soll. Das Hochwasserbett wird dann durch die Dämme begrenzt, die durch den zwischen Dammfuß und Niedrigwasserbett liegenden Streifen ein schützendes Vorland erhalten (s. die Figur). Der großen Geschwindigkeit, die das Hochwasser des Gebirgsflusses erreicht, vermag eine Rasenbekleidung des Vorlandes nicht immer zu widerstehen. An ihre Stelle tritt deshalb mitunter eine Bepflanzung durch niedriges Gebüsch,



dessen Wurzeln die Festigkeit des Bodens erhöhen und dessen Zweige die Abflußgeschwindigkeit ermäßigen. Zur Befestigung der Innenböschung der Dämme wird vielfach Pflaster verwendet, weil sich dies am billigsten stellt, auch wird der Damm ganz oder teilweise in Mauerwerk ausgeführt (vgl. auch Doffierungen bei Deichen und Deichkappe). — An der Durance sind statt der Längsdämme Querdämme zur Ausführung gelangt, die in der Form langer Buhnen mit wagerechtem Rücken von der hochwasserfreien Linie des Ufers bis zum Flusse reichen und hier mit kurzen Flügeln versehen sind. Sie liegen über dem höchsten Wasserstand und haben eine Entfernung von 800—1000 m; ihr Zweck besteht darin, bei Hochwasser die Stärke der Strömung zu mäßigen und die Ablagerung von Sinkstoffen zu befördern. *Frühling.*

Damm, Verdämmung oder Verspünden, im Bergbau der Abschluß eines Grubenbaues gegen das Eindringen von schädlichen Luftarten oder von Wasser. Wetterdämme sollen den Eintritt der in einem Teile der Grube sich entwickelnden gefährlichen Gase, z. B. Schlagwetter, in die übrigen Grubenbaue hindern. Beim Ausbruch von Grubenbrand sperrt man das Brandfeld von den übrigen Grubenbauen ab, um den Austritt von Brandgasen (Kohlensäure und Kohlenoxydgas) zu verhüten und um die frische Luft, die den Grubenbrand anfachen würde, vom Feuerherd fernzuhalten.

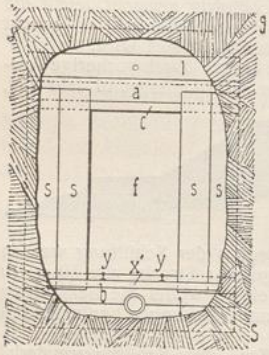


Fig. 1.

Vorläufig hergestellte Wetterdämme bestehen am zweckmäßigsten aus zwei an der Grubenzimmerung oder an eingelegten Spreizen angeschlagenen Bretterverschlägen, deren Zwischenraum mit feuchtem Lehm oder mit Asche ausgefüllt wird; endgültige Dämme führt man aus Bruchsteinen und Asche auf und läßt sie genügend in die Stöße eingreifen. Von außen werden die Fugen mit Lehm verstrichen. Wetterdämme werden gewöhnlich vollständig geschlossen. — Wasserdämme sind nach dem verwendeten Material entweder Holzdämme oder Mauerdämme, und zwar zerfallen die ersteren nach der Bauart in Balkendämme — die Balken liegen quer zur Richtung des Wasserdruckes — und in Keilverspünden: jedes Holz hat die Form einer abgestumpften Pyramide und liegt in der Richtung des Wasserdrucks, der Dammkörper bildet einen Teil einer Kugelschale und stützt sich gegen vier Widerlager. Die Verdichtung der Holzdämme erfolgt durch Verkeilen der Fugen. Die Mauerdämme werden in guten Ziegeln und Zementmörtel ausgeführt und sind entweder Zylinderdämme mit zwei Widerlagern oder besser Kugeldämme mit

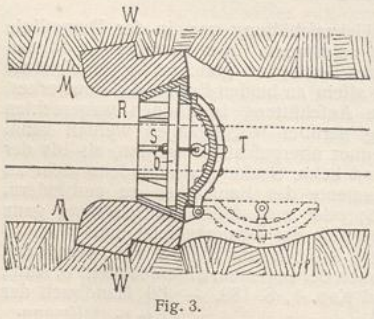


Fig. 3.

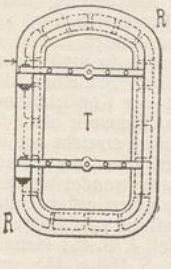


Fig. 4.

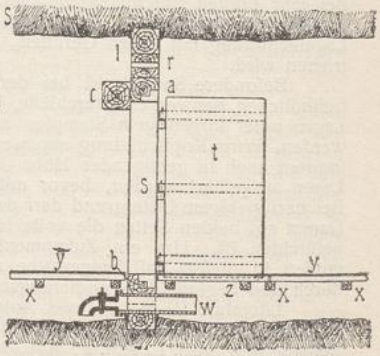


Fig. 2.

vier Widerlagern, die, wie beim Keilverspünden, eine abgestumpfte Pyramide bilden. Mauerdämme werden allmählich wasserdicht durch Versinterung der Poren. Da sie schon vor dem Einbrechen des Wassers hergestellt werden, haben sie häufig Oeffnungen für Fahrung und Förderung, die durch Türen (Dammtüren) aus Holz oder Schmiedeeisen verschließbar sind. Auch wird wohl zum allmählichen Ablassen des Wassers ein Wasserrohr mit Verschlußvorrichtung eingebaut.

Fig. 1 und 2 zeigen einen Balkendamm mit Holztür, auch Wasserblende genannt. Durch

Einbau ſtarker Balken in einen Schlitz *S*, der im ganzen Geſtein durch Schlegel- und Eiſenarbeit hergeſtellt iſt, wird ein Türrahmen gebildet, der die Oeffnung *f* für Fahrung und Förderung freiläßt. Zunächſt an der Firſte und der Sohle werden liegende Balken *l* eingebaut, die Verbindung der ſtehenden Balken *s* mit der Türkappe *a* und der Türſchwelle *b* erfolgt durch ſogenannte Verſätze, außerdem iſt zur Verſtärkung an der Türkappe ein Holz *c* vorgelegt. Sämtliche Hölzer werden im Schlitz durch Verkeilen oder Zementieren der Zwiſchenräume abgedichtet. Die aus zwei ſich kreuzenden Bohlenlagen gearbeitete Tür *t* bewegt ſich in Angeln und kann nach Entfernung eines kurzen Stückes Schienenlauf *z* geſchloſſen werden; der von rechts (in Fig. 2) zu erwartende Waſſerdruck würde ſie feſt andrücken. Das oben angebrachte Luftloch *r* ſoll die auf der Waſſerſeite vorhandene Luft entweichen laſſen und wird ſpäter mittels eines trockenen Spundes zugeſchlagen; das nahe der Sohle eingebaute Waſſerrohr *w* hat Hahnverſchluß. Auf der Strecke iſt durch Einbau der Stege *x*, auf denen die Laufpfoſten und Schienen *y* befeſtigt ſind, eine Waſſerſeige, d. h. ein Raum für das abfließende Waſſer, hergeſtellt.

Fig. 3 und 4 ſtellen einen gemauerten Kugeldamm mit eiſerner Dammtür *T* dar. Die Mauerung *M* ſtützt ſich in der Firſte, der Sohle und in den beiden Stößen gegen abgeſetzte Widerlager *W*. Der keilförmig gehaltene, gußeiſerne Türrahmen *R* iſt durch Rippen verſtärkt; an demſelben geht die aus Keſſelblech gewölbt geſchmiedete Tür *T* in Angeln. Die Anſchlagflächen ſind glattgehobelt, zur Dichtung dient geteerte Leinwand, die geſchloſſene Tür wird mittels zweier vor den Rand des Türrahmens gelegter Brücken *b* und dazugehöriger Schrauben *s* angezogen. Für eintrümige Pferdeförderung hat die Tür eine lichte Weite von 940 und eine lichte Höhe von 1720 mm. Die Bochumer Fabrik von Heintzmann & Dreyer baut derartige Dammtüren für jede Beanſpruchung und auch für zweitrümige Förderung.

Iſt, wie z. B. häufig im Braunkohlenbergbau, ein Schwimmſandeinbruch (ſ. Schwimmſand) zu befürchten, ſo pflegt man den Damm (auch Schutz genannt), um das Gebirge zu entwäſſern, ſo einzurichten, daß zwar der Sand zurückgehalten wird, das Waſſer aber abfließen kann. Dies erreicht man dadurch, daß ſtark abgeſpreizte Verſchläge aus kräftigen Hölzern und Brettern hergeſtellt und mit Stroh oder Fichtenreiſig in dicken Lagen hinterſtopft werden; dieſes Material dient als Filter und läßt nur reines Waſſer durch, deſſen Hebung mittels Pumpen keine Schwierigkeiten bereitet. — Abdämmungen durch Dammtüren kommen auch im Tunnelbau und in der Waſſerverſorgung vor; wir verweiſen z. B. auf die Anlagen in Wiesbaden und jene beim Simplontunnel, bei welch letzterer gegen Waſſerpreſſungen von 10 Atmoſphären abgedichtet wird. Zeichnungen und Beſchreibungen in [4] und [5].

Literatur: [1] Köhler, G., Lehrbuch der Bergbaukunde, 6. Aufl., Leipzig 1903, S. 706. — [2] Treptow, E., Grundzüge der Bergbaukunde, Wien und Leipzig 1903, S. 284. — [3] Löcker, H., Bau und Berechnung druckbelaſteter Mauerdämme. Bericht über den allgemeinen Bergmannstag, Wien 1903. — [4] Lueger, Waſſerverſorgung, Darmſtadt 1895, S. 361. — [5] Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingen. 1904, S. 1639.

Treptow.

Dammar heißt im Malaiiſchen „Harz, Harzthräne, brennbares Harz, Fackel“ und in übertragener Bedeutung auch „Licht“ [2], [3]. Wir verſtehen unter Dammar Harze verſchiedener Abſtammung, die in Europa ſeit etwa 150 Jahren bekannt geworden ſind, obwohl ſchon Rumphius (geb. 1627) darüber Ausführliches mitgeteilt hatte. In der Heimat der Dammarpflanzen werden die Harze nach äußeren Merkmalen ohne Rückſicht auf die Stammpflanzen unterſchieden, als: Dammar putih, weißes Harz; Dammar batu, Steinharz; Dammar itam, ſchwarzes Harz; Dammar mekon, gelbes Harz; Dammar mata kutjing, Katzenaugenharz. Die Dammarpflanzen gehören den Familien der Koniferen, Dipterocarpaceen und Burſeraceen an [2], [3].

1. Das oſtindiſche Dammarharz, das echte Dammar, die am meiſten zu uns kommende und gebräuchlichſte Ware [1], [2], [4], [5] ſtammt von dem ſumatraniſchen Dammarbaume Shorea Wiesneri *Schiffn.* (Dipterocarpaceen) und vielleicht noch andern Shorea-Arten (Sh. selanica *Blume*); der Baum beſitzt an der Stammbaſis große Harzbeulen, und das Harz fließt aus Riſſen freiwillig aus, oft in ſtalaktitiſchen Maſſen am Baume herabhängend; es wird aber auch durch Harzung gewonnen [1], [4]. Das Harz „bildet gerundete, längliche, birnförmige, knollige oder ſtalaktitiſche Stücke oder formloſe Maſſen von verſchiedener Größe und blaß-zitronengelber Farbe, die durchſichtig, trübe, am muſcheligen Bruche glasglänzend, leicht zu einem weißen, faſt geruchloſen Pulver zerreiblich ſind, zwiſchen den Fingern etwas kleben, in Aether, Chloroform und Schwefelkohlenſtoff reichlich, weniger in Weingeiſt löslich ſind und ſtark klebende Löſungen geben. Das friſche Harz hat einen balſamiſchen, terpentinartigen Geruch; beim längeren Lagern, wobei die Stücke an der Oberfläche mit einem weißen Pulver ſich bedecken, wird es faſt geruchlos; gekaut, zerfällt es in ein weißes, an den Zähnen nicht haftendes Pulver“ [4]. B. Graf [5] findet eine zweibaſiſche Säure $C_{18}H_{33}O_3$ (1%), ferner in Alkohol unlösliche Beſtandteile (40%) und einen in Alkohol löslichen Teil mit der Formel $C_{10}H_{42}O_2$. Nach Tſchirch und Glimmann [6] iſt Dammar in Chloroform, Benzol, Schwefelkohlenſtoff und Schwefelſäure vollſtändig, in Aether, Alkohol, Toluol, Aceton, Anilin, Petroleumäther und Eſſigſäure nur teilweiſe löslich. Dieſelben Autoren fanden in Dammar folgende Stoffe: Dammarolſäure, eine kriſtalliniſche Reſinolſäure $C_{54}H_{77}O_3(OH)(COOH)_2 = 23\%$, Waſſer 2,5%, Aſche 3,5%, Unreinigkeiten 8,0%, α-Dammar-Reſen (alkoholllöslich) 40,0%, β-Dammar-Reſen (alkoholunlöslich) 22,5%, ätheriſches Oel, Bitterſtoff, als Verluſt bezeichnet 0,5%. — Dammar erweicht bei 75° C. und wird bei 150° klar und dünnflüſſig; in Chloralhydrat quillt es nur auf, während andre Sorten ſich darin löſen. Die verſchiedenen Löslichkeitsverhältniſſe in Alkohol leiſten keine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

brauchbaren Unterfcheidungscharaktere (Verfälfchung mit Kolophonium nach Schweißinger, Pharm. Zentralblatt, Bd. 28, S. 459), wohl aber die Säurezahl, die nach Kremel 31 beträgt. Rowland Williams gab für drei Proben Dammar an:

	Verfeifungszahl	Säurezahl	Efterzahl	Aufnahmezahl für Jod
I.	3640	22,4	14	117,67
II.	3110	26,6	14,5	142,24
III.	4070	21,0	19,7	130,24

Nach früheren Angaben enthält Dammar etwas Gummi und mineralifche Subftanzen [7]. Spez. Gew. 1,04—1,12. Ferrichlorid und Bleiacetat fällen nach Hirfchfohn nicht, konzentrierte Schwefelfäure färbt rot. 2. Als Dammar wird auch das Harz von der Konifere Dammara orientalis *Lamb.* (gleich Agathis Dammara *Richard*) bezeichnet; es bildet den Manilakopal (f. Kopal) [2]. 3. Das auftralifche oder neufeeländifche Dammarharz von Dammara australis *Don.* bildet den Kaurikopal des Handels. 4. Dammar selan, ein gelbes, bräunliches und felbft fchwarzes Harz von Kolophoniumgeruch, fehr leicht pulverifierbar, ftammt von Shorea selanica *Blume* und deren Varietät latifolia (f. oben 1.). 5. Schwarzer Dammar (Dammar itam) ftammt von Canarium-Arten, gehört alfo zu den Elemiharzen (Burferaceen). 6. Das Saulharz [2], [3] ftammt von Shorea robusta *Roxb.* Der Piney-Dammar ift ein Talg von Vateria malabarica. — Die Abfälle bei der Auslefe der Stücke werden gefchmolzen, erfcheinen in feftem Zuftande als fchlackenartige, graugrünliche Maffen und bilden den Kunftdammar oder holländifchen Dammar. Die Löfung des Dammars (aber nur der farblofen Stücke) in Terpentinöl heißt Dammarlack (f. d.). Seine Farblofigkeit und Klarheit fowie der nicht zu grelle Glanz laffen eine ausgebreitete technifche Verwendung [7] desfelben zum Firnisüberzug für Gemälde, zu lichtem Anftrich für lichtes Holz, zur Einfchließung mikrofkopifcher Objekte u. f. w. zu. In der Pharmakopöe bildet er einen Beftandteil des Emplastrum adhaesivum.

Literatur: [1] Martiny, Encyklopädie der mediz.-pharmazeut. Naturalien- und Rohwarenkunde, Leipzig 1859, Bd. 2, S. 654. — [2] Wiesner, Rohftoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1900, 2. Aufl., Bd. 1, S. 253—264; daſelbſt reichliche Literaturangaben. — [3] Müller, C., Ueber Dammar und Dammar liefernde Pflanzen, Ber. der pharmaz. Gefellfchaft, 1891, Bd. 1, S. 363—382. — [4] Vogl, A., Arzneikörper, Kommentar zur 7. Ausgabe der öfterr. Pharmakopöe, Wien 1892, Bd. 2, S. 449. — [5] Graf, Archiv d. Pharmazie, 1889, Bd. 27, S. 97. — [6] Archiv d. Pharmazie, 1896, Bd. 234, S. 585. — [7] Andés, Fabrikation der Lacke, Wien 1895, S. 347. *T. F. Hanauſek.*

Dammarlacke, farblofe oder fchwach gelblich gefärbte Lacke, die hellften, die überhaupt hergeftellt werden, Löfungen von Dammar (f. d.), in Terpentinöl warm oder kalt bereitet, im erfteren Falle immer hell und klar, im letzteren durch in der Löfung fein verteiltes Waffer milchig getrübt, dienen zum Lackieren von weißen und ganz hellfarbenen Anftrichen (z. B. Marmorimitationen), trocknen zwar ziemlich rafch, bleiben aber weich, in der Wärme fogar klebrig und können für äußere Arbeiten nicht verwendet werden. Dammarlacke find ziemlich häufig Fälfchungen unterworfen, indem ein Teil des Dammars in denfelben durch weißes (gebleichtes) Kolophonium oder Galipot, auch dicken Terpentin erfetzt wird, wodurch folche noch weniger erhärten und rafcher zugrunde gehen. *Andés.*

Dammbalken, die in Falze eingelaffenen Balken von rechteckigem Querfchnitt zum Verfchluffe von Wehröffnungen.

Dammbewegungen entftehen entweder durch fchlechte Befchaffenheit der Anfchüttung [1] oder durch Bewegung des Untergrundes infolge von Gleichgewichtsftörungen [2]. Gelangt die Erde naß oder gefroren in den Damm oder ift fie untermifcht mit vegetabilifchen, der Fäulnis unterworfenen Stoffen, fo bildet fich bald ein Schlamm, der auseinander läuft (Fig. 1). Sind außerdem durch Anwendung der Seitenfchüttung (f. d.) fteile Lagen entftanden (Fig. 2), fo bleibt häufig ein hoher Kern ftehen, während die feitlichen Schichten abrutfchen.

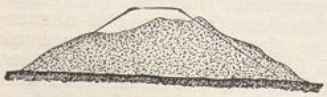


Fig. 1.



Fig. 2.

Ift in folchen Fällen die Erde nicht aufgelöft, fo genügt es, fie abzugraben und, fobald fie ausgetrocknet ift, in wagerechten Schichten wieder anzufchütten. Ift aber die Erde aufgelöft, alfo verdorben, fo ift es am geratenften, fie vollftändig zu entfernen und durch gute, wagerecht abgelagerte Erde zu erfetzen. Auch kann man unter Umftänden bei Dämmen, die aus fchlechter Erde gefchüttet werden müffen, wie bei den Einfchnitten (f. d.), durch Anbringung von Sickerfchlitzen den Waffer abzug befördern und den Damm dadurch trockenlegen.

Beruht die Dammbewegung auf einer Bewegung des Untergrundes, fo ift ihre Urfache durch Unterfuchung des letzteren zu ermitteln. In den meiften Fällen wird diefe Bewegung auf eine oder mehrere geneigt liegende waffer führende, undurchläffige Tonfchichten zurückgeführt werden können, auf deren fchlüpfriger Oberfläche infolge der geringeren Reibung die durch die Anfchüttung in ihrem Gleichgewicht geftörte obere Bodenfchicht abzurutfchen beginnt. Befonders gefährlich und fchwer zu ermitteln ift ein mehrfaches Uebereinanderliegen derartiger

Gleitſchichten. Das einzige Mittel, ſolcher Rutſchungen Herr zu werden, beſteht in der Trockenlegung der Gleitſchichten durch Abfangen etwaiger Quellen oberhalb der Anſchüttung und durch Ableitung der atmoſphäriſchen Niederſchläge, da hierdurch die Reibung auf den Gleitflächen vermehrt und ein Gleichgewichtszuſtand herbeigeführt werden kann, der andernfalls auch durch die ſtärkſten Stützmauern und Fußbankette nicht erzielt wird.

Literatur: [1] Handbuch der Baukunde, Berlin 1892, Abt. 3, Heft 4, S. 74. — [2] Handbuch für ſpezielle Eiſenbahntechnik, Leipzig 1882, Kap. 3, S. 108. — [3] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, 3. Aufl., Leipzig 1897, Bd. 1, Abt. 2, Kap. 4, S. 189. — [4] Henz, Prakt. Anleitung zum Erdbau, 3. Aufl., Berlin 1877, S. 158. — [5] Lorenz, Entwäſſerungs- und Bauarbeiten im Rutſchterrain, Zürich 1876.

L. v. Willmann.

Dammgrube, ſ. Eiſengießerei.

Dammkultur, Rimpaufche, ſ. Moorkultur.

Dammſtein des Hochofens, ſ. Roheiſen.

Dammtüre, ſ. Damm, S. 534.

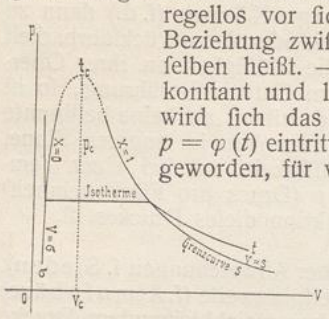
Dampf. Als Dämpfe pflegt man gasförmige Körper (ſ. d.) dann zu bezeichnen, wenn deren Herſtellbarkeit aus Flüſſigkeit oder deren Rückführbarkeit in ſolche mit in Betracht gezogen wird. Steht die Flüſſigkeit an ihrer Oberfläche mit der freien Atmoſphäre oder einem andern Gaſe in Berührung, ſo iſt der Beginn der Dampfbildung, das ſogenannte Verdunſten, an keine beſtimmte Temperatur gebunden. Dagegen beginnt das Verdampfen im engeren Sinne, die Bildung von Dampfblaſen im Innern der Flüſſigkeit, erſt bei einer Temperatur t, die allein von dem ſpezifiſchen Drucke p (Druck pro Flächeneinheit) an der Verdampfungsſtelle abhängt, d. h. eine Funktion dieſes Druckes iſt,

$$t = f(p), \qquad p = \varphi(t). \tag{1.}$$

Die Flüſſigkeit heißt dann ſiedend (Näheres und über Abweichungen ſ. Sieden). Für Waſſer von einer normalen Atmoſphäre Druck beiſpielsweiſe (ſ. Atmoſphäre) iſt $t = 100^0$. Eine Erniedrigung der Temperatur bei gleichbleibendem Drucke würde auch eine Verflüſſigung des Dampfes zur Folge haben, Verdampfungstemperatur oder Siedetemperatur und Verflüſſigungstemperatur ſind identiſch. — Wird einer Flüſſigkeit, auf deren Oberfläche ein beweglicher Kolben den konſtanten Druck p ausübt, Wärme zugeführt, ſo beginnt die Verdampfung, ſobald die Temperatur $t = f(p)$ erreicht iſt. Wird die Wärmezufuhr fortgeſetzt, ſo dauert auch die Verdampfung fort, bis keine Flüſſigkeit mehr vorhanden iſt, wobei ſich der Kolben fortwährend aufwärts bewegt. Nun beobachtet man, daß während dieſer ganzen Zeit die Temperatur konſtant $t = f(p)$ bleibt, trotz fortdauernder Wärmezufuhr und trotz der Volumenzunahme des Gemiſches von Dampf und Flüſſigkeit. Es beſteht alſo für dies Gemiſch keine Beziehung zwiſchen p, t und dem Volumen, ſondern nur die obige zwiſchen p und t. — Hätte man den Kolben von vornherein etwas über die Oberfläche geſtellt, ſo würde er einige Zeit an ſeiner Stelle geblieben ſein, dann aber bei genügender Dampferzeugung ebenfalls die Aufwärtsbewegung begonnen haben. Von dem gleichen Zeitpunkte an würde der Druck gewachſen ſein, wenn man den Kolben feſtgehalten hätte. Dies zeigt, daß ein beſtimmter Raum bei konſtanten p, t nur ein gewiſſes Dampfgewicht aufnehmen kann, das, wenn die Verdampfung andauert, erreicht werden muß. Man nennt daher dieſen über der Flüſſigkeit angeſammelten Dampf von größter Dichtigkeit geſättigten Dampf. Die Temperatur des geſättigten Dampfes iſt gleich der (normalen) Siedetemperatur $t = f(p)$. Wenn alſo auch das ſpezifiſche Volumen v (Volumen der Gewichtseinheit) eines Gemiſches von Dampf und Flüſſigkeit nicht durch p oder t beſtimmt iſt, ſo iſt dies doch für das ſpezifiſche Volumen s des reinen, geſättigten Dampfes (ohne Flüſſigkeitsbeimiſchung) der Fall. — Dämpfe mit und ohne Flüſſigkeitsbeimiſchung werden auch als naſſe Dämpfe und trockene Dämpfe bezeichnet. Iſt bei erſteren x das Verhältnis des Gewichts reinen Dampfes zum Geſamtgewicht, dann heißt x die ſpezifiſche Dampfmenge. Dieſelbe gibt damit auch das Gewicht des reinen Dampfes in der Gewichtseinheit Gemiſch an. Für reinen Dampf allein iſt $x = 1$, für reine Flüſſigkeit allein $x = 0$. Solange noch Flüſſigkeit vorhanden war, ſahen wir alle Wärme, die vom Beginn der Verdampfung an zugeführt wurde, für das Thermometer verſchwinden, da die Temperatur ſeither konſtant blieb. Man nannte dieſe verſchwundene Wärme früher allgemein latente Wärme; jetzt weiß man, daß ſie als Wärme gar nicht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mehr vorhanden ist, sondern zur Ueberwindung des äußeren Drucks p bei der Ausdehnung sowie der Wechselwirkung der Flüssigkeitsteilchen u. s. w. gedient hat, und nennt sie für die Gewichtseinheit Flüssigkeit häufiger Verdampfungswärme r. Wenn nun aber keine Flüssigkeit mehr vorhanden ist, so braucht man auch keine Wärme mehr zur Ueberwindung jener Wechselwirkung, und tatsächlich zeigt sich, daß mit weiterer Wärmezufuhr unter konstantem Drucke p nicht nur das Volumen, sondern auch der Druck wächst; der Dampf aber heißt jetzt überhitzt. Ueberhitzter Dampf hat also bei gleichem Drucke eine höhere Temperatur als gesättigter Dampf, und man bezeichnet als Ueberhitzung τ gerade diese Erhebung der augenblicklichen Temperatur über die dem augenblicklichen Drucke p entsprechende Sättigungstemperatur $f(p)$. Das gleichzeitige Wachsen von v und t beim Drucke p wird selbstverständlich nicht regellos vor sich gehen, es besteht für überhitzte Dämpfe eine Beziehung zwischen p, v, t, welche die Zustandsgleichung derselben heißt. — Erhält man die Temperatur überhitzten Dampfes konstant und läßt den Druck wachsen (Linie t in der Figur), so wird sich das Volumen verringern. Sobald hierbei der Druck $p = \varphi(t)$ eintritt (s. oben), ist aus dem überhitzten Dampf gesättigter geworden, für welchen bei konstanter Temperatur auch der Druck konstant bleibt und mit jeder Verringerung des Volumens ein Flüssigkeitsniederschlag verbunden ist. Da hiernach im Augenblick der Sättigung der größte Druck des Dampfes von bestimmter Temperatur erreicht ist, so hat man die gesättigten Dämpfe auch mitunter als Dämpfe im Maximo der Spannung bezeichnet. Wenn $\gamma = 1/v$ das Gewicht der Volumeneinheit bedeutet, dann ist für jeden trockenen Dampf im Sättigungspunkte



bei bestimmtem p: v am kleinsten, γ am größten, t am kleinsten, $\tau = 0$;
„ „ v: γ konstant, p am kleinsten, t am kleinsten, $\tau = 0$;
„ „ t: v am kleinsten, γ am größten, p am größten, $\tau = 0$.

Denkt man sich die Gewichtseinheit (1 kg) Flüssigkeit vollständig in gesättigten Dampf übergegangen und zu jedem spezifischen Volumen s desselben als Abszisse den entsprechenden Dampfdruck p als Ordinate angetragen (s. Figur), so erhält man als Ort der Ordinatenendpunkte eine Linie, die nach Zeuner die Grenzkurve heißt. Denken wir uns ebenso zu den spezifischen Volumen σ der Flüssigkeit im Siedepunkte die entsprechenden Drücke p als Ordinaten angetragen, so bestimmen die Endpunkte dieser Ordinaten eine zweite Grenzkurve σ. Ueber den etwaigen Zusammenhang beider Kurven s. Kritische Temperatur.

Sind die Linien s, σ verzeichnet, und wird der Zustand (s. d. und Wärmetheorie, mechanische, Energie) des betrachteten Körpers durch einen Punkt angedeutet, dessen Abszisse sein spezifisches Volumen v und dessen Ordinate seinen spezifischen Druck p darstellen, so läßt sich sofort beurteilen, ob man es mit überhitztem Dampfe, mit nassem Dampfe oder mit Flüssigkeit allein zu tun hat. Liegt der Punkt p, v über der Grenzkurve s, so ist der Dampf überhitzt; liegt p, v gerade auf der Grenzkurve s, so ist er rein gesättigt; liegt p, v zwischen den Grenzkurven s und σ, so ist er naß; liegt p, v auf der Grenzkurve σ, so haben wir reine Flüssigkeit im Siedepunkte, und liegt p, v zwischen σ und der Ordinatenachse, so haben wir reine Flüssigkeit unterm Siedepunkte. Die genauen Gesetze der Kurven σ, s sind nicht bekannt, für Wasserdampf kann man innerhalb der technisch wichtigen Drücke (jedenfalls von 0,1 bis 14 Atmosphären) mit Zeuner setzen:

$$p s^n = a \text{ mit } n = 1{,}0646,\ a = 1{,}7049, \qquad 2.$$

d. h. auch wegen $\gamma = \frac{1}{s}$:

$$\gamma = a p^{\frac{1}{n}} \text{ mit } \frac{1}{n} = 0{,}9393,\quad a = 0{,}6061, \qquad 3.$$

wobei p in Atmosphären zu 760 mm Quecksilbersäule oder 10333 kg pro Quadratmeter, s in Kubikmetern pro Kilogramm, γ in Kilogramm pro Kubikmeter auszudrücken sind. Die Uebereinstimmung dieser Formeln mit den in Tabelle III. unter Dampf, gesättigter, angeführten Werten (S. 540) nach Versuchen von Regnault zeigt folgende Zusammenstellung:

Für $p =$	0,5	1	2	3	4	6	8	10	12	14 Atm.
Nach Tabelle III $\gamma =$	0,315	0,606	1,163	1,702	2,230	3,263	4,274	5,270	6,254	7,228 kg
Nach Formel 3 $\gamma =$	0,316	0,606	1,162	1,701	2,229	3,262	4,274	5,270	6,255	7,229 „

Sollen in den Formeln 2. und 3. p in Kilogramm pro Quadratzentimeter (Neuatmosphären zu 10000 kg pro Quadratmeter), s und γ wie oben ausgedrückt werden, so hat man:

$$n = 1{,}0646,\quad a = 1{,}7617,\quad \frac{1}{n} = 0{,}9393,\quad a = 0{,}5875. \qquad 4.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Weiteres f. Dampf, gefättigter, und Dampf, überhitzter, Clapeyronfche Gleichung, Verdampfungswärme, Gefamtwärme, Clauſiusfche Temperaturfunktion, Gasförmige Körper, Kritifche Temperatur, Siedetemperaturen, korrefpondierende, u. f. w. Ueber die Erklärung des Verdampfungsprozeſſes f. [2], Bd. 3, S. 12.

Literatur: [1] Rühlmann, Handbuch der mechanifchen Wärmetheorie, Bd. 1, Braunfchweig 1887, S. 129; Bd. 3, S. 559. — [2] Clauſius, Die mechanifche Wärmetheorie, Bd. 1, Braunfchweig 1887, S. 129; Bd. 3, Braunfchweig 1889—91, S. 12, 215. — [3] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, Bd. 2: Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 701. — [4] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Bd. 2, Abt. 2: Wärme, Breslau 1896, S. 652, 697, 839. — [5] Pfaundler, Müller-Pouillets Lehrbuch der Phyſik, Bd. 2, Abt. 2: Von der Wärme, Braunfchweig 1898, S. 185. — [6] Zeuner, Technifche Thermodynamik, Bd. 2: Die Lehre von den Dämpfen, Leipzig 1901. *Weyrauch.*

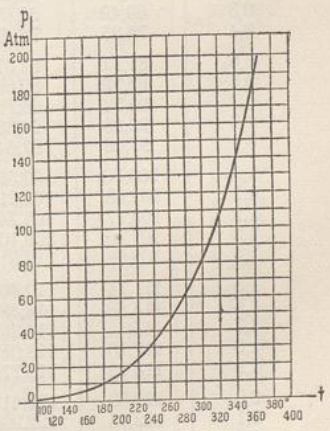
Dampf, gefättigter. Ueber diefen Begriff f. Dampf.

Die Beziehung zwifchen dem Drucke p und der Temperatur t des gefättigten Dampfes ($t = f[p]$ oder $p = \varphi[t]$) konnte bis jetzt nur empirifch ermittelt werden, wobei für technifche Zwecke insbefondere die umfaſſenden Verſuche von Regnault [1] in Betracht kommen. Zeuner hat danach u. a. die folgende Ueberſichtstabelle berechnet [11], S. 18.

Tabelle I. Temperatur t (nach Celſius) für gefättigte Dämpfe.

Druck p in Atm. zu 10333 kg pro qm	Waſſer	Aether	Alkohol	Aceton	Chloroform	Chlorkohlenſtoff	Schwefelkohlenſtoff	Queckſilber	Ammoniak	Schweflige Säure	Druck p in Atm. zu 10333 kg per qm
	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	
1	100,00	34,96	78,30	56,32	60,18	76,52	46,25	357,35	— 32,90	— 10,01	1
2	120,60	55,87	96,82	78,03	82,59	101,37	69,25	397,32	— 18,12	6,69	2
3	133,91	69,61	108,83	92,30	97,55	117,91	84,46	423,01	— 8,57	17,72	3
4	144,00	80,21	117,98	103,26	109,04	130,50	96,17	442,47	— 1,32	27,02	4
5	152,22	88,96	125,49	112,30	118,56	141,18	105,86	458,33	4,61	33,28	5
6	159,22	96,47	131,91	120,08	126,78	150,19	114,21	471,85	9,68	39,38	6
7	165,34	103,09	137,57	126,95	134,08	158,12	121,59	483,71	14,13	44,80	7
8	170,81	109,01	142,65	133,15	140,66		128,25	494,32	18,11	49,71	8
9	175,77	114,37	147,28	138,81	146,71		134,34	504,36	21,74	54,23	9
10	180,31	119,39	151,54	144,05	152,34		139,97	513,44	25,08	58,15	10

Für Waſſerdampf ergaben ſich weiter zu den in der erſten Kolumne der ausführlicheren Tabelle III. angeführten Drücken in Atmoſphären zu 760 mm Queckſilberſäule oder 10333 kg pro Quadratmeter die daneben ſtehenden Temperaturen nach Celſius. Die Regnaultſchen Verſuche mit Waſſerdampf reichen nur bis $t = 232{,}5°$, $p = 27{,}8$ Atmoſphären. Neuerdings haben Ramſay und Young [4], Cailletet und Colardeau [5] und noch umfaſſender Battelli [7] Verſuche bei höheren Temperaturen angeſtellt (bis zur kritiſchen Temperatur, ſ. d.). Die Reſultate ſchließen ſich denjenigen von Regnault gut an, wie der folgende Auszug durch Interpolation erhaltener Werte zeigt (Tabelle II.). Die Kurve $p = \varphi(t)$ verläuft danach etwa wie in beiſtehender Figur. Mit den Reſultaten Regnaults von 100—225° und ihren eignen Reſultaten von 225—365° konnten Cailletet und Colardeau genügend in Einklang bringen die empiriſche Formel von Bertrand [3]:



$$p = \frac{B\,T^m}{(C+T)^n}, \qquad \text{a.}$$

wenn geſetzt wurden: $C = 127$, $m = 57{,}074$, $n = 59{,}572$ und für p in Atmoſphären $\log n = 14{,}00527$, wie Tabelle II. zeigt. Zur Darſtellung der Regnaultſchen Verſuchsergebniſſe allein hatte Bertrand gewählt: $C = 126{,}37$, $m = 79{,}623$, $n = 88{,}578$ und für p in Atmoſphären $\log n = 34{,}21083$. Zur Verwendung bei Beſtimmung des Luftdrucks aus den Siedetemperaturen des Waſſers und der Siedepunkte von Thermometern aus Luftdruckbeobachtungen wurden im Auftrage der Phyſikaliſch-Techniſchen Reichsanſtalt die Tafeln von Wiebe [8] aufgeſtellt.

Um bei konſtantem Drucke p 1 kg gefättigten Dampf von der Temperatur $t°$ aus ebenſoviel Flüſſigkeit von 0° zu erzeugen, iſt eine Wärmemenge λ nötig, welche die Gefamtwärme (ſ. d.) des Dampfes heißt. Für Waſſerdampf kann man nach Regnault von 0 bis 230° ſetzen:

$$\lambda = 606{,}5 + 0{,}305\,t \text{ Kalorien.} \qquad 1.$$

Die Gefamtwärme zerfällt in die Flüſſigkeitswärme q (ſ. d.), zur Erhöhung der Flüſſigkeitstemperatur von 0 auf $t°$, und die Verdampfungswärme r (ſ. d. und Latente Wärme), zur Verwandlung der Flüſſigkeit von $t°$ in Dampf von $t°$,

$$\lambda = q + r, \qquad r = \lambda - q. \qquad 2.$$

Für Waſſerdampf hat man nach Regnault (die Reſultate verſchiedener Forſcher ſtimmen leider nicht gut überein): $q = t + 0{,}00002\,t^2 + 0{,}0000003\,t^3$ Kalorien. 3.

Dieſe Werte ſind in Kolumne 3 der Tabelle III. eingetragen. Aus 3. folgt die ſpezifiſche Wärme (ſ. d.) des Waſſers bei konſtantem Druck:

$$c = \frac{dq}{dt} = 1 + 0{,}00004\,t + 0{,}0000009\,t^2. \qquad 4.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tabelle II. Druck gefättigten Wafferdampfes.

Für t^0	Regnault mm	Regnault Atm.	Battelli mm	Battelli Atm.	Ramfay u. Young mm	Ramfay u. Young Atm.	Cailletet u. Colardeau Atm.	Nach a.	Nach a.
— 10	2,1	0,00	2,1	0,00				mit $C = 127$	0,00
0	4,6	0,01	4,4	0,01				$m = 57,074$	0,01
25	23,5	0,03	22,9	0,03				$n = 59,572$	0,03
50	92,0	0,12	90,4	0,12				$\log B =$	0,12
75	288,5	0,38	286,2	0,38				14,00527	0,38
100	760,0	1,00	760,4	1,00				1,0	1,00
125	1744	2,29	1757	2,31	1752	2,31		2,2	2,31
150	3581	4,71	3778	4,71	3568	4,69		4,5	4,78
175	6717	8,84	6674	8,78	6712	8,83		8,4	8,98
200	11689	15,38	11625	15,30	11625	15,30		14,8	15,56
225	19097	25,13	19124	25,16	19149	25,20	25,1	24,6	25,18
250			29951	39,41	29734	39,12	39,2	38,9	38,43
275			46816	61,60			59,4	59,1	mit $C =$
300			67620	88,97			86,2	86,2	126,37
325			94112	123,83			121,6	122,0	$m = 79,623$
350			126924	167,01			167,5	167,8	$n = 28,578$
365			149733	197,02			200,5	200,5	$\log B =$
									34,21083

Tabelle III. Gefättigte Wafferdämpfe.

1 p Atm. zu 760 mm	2 t Grad Celfius	3 q Kalorien	4 ϱ Kalorien	5 Apu Kalorien	6 u Kubikmeter	7 $\frac{\varrho}{u}$	8 γ Kilogramm
0,02	17,83	17,838	561,296	32,804	67,303	8,3398	0,0149
0,04	29,35	29,375	552,184	33,893	34,769	15,882	0,0288
0,06	36,56	36,601	546,481	34,569	23,641	23,116	0,0423
0,08	41,92	41,977	542,241	35,067	17,987	30,146	0,0556
0,10	46,21	46,282	538,848	35,464	14,552	37,029	0,0687
0,12	49,83	49,917	535,984	35,797	12,241	43,786	0,0817
0,15	54,37	54,477	532,393	36,213	9,9063	53,743	0,1009
0,2	60,45	60,589	527,584	36,764	7,5428	69,945	0,1326
0,3	69,49	69,687	520,433	37,574	5,1393	101,27	0,1945
0,4	76,25	76,499	515,086	38,171	3,9157	131,54	0,2553
0,5	81,71	82,017	510,767	38,637	3,1708	161,08	0,3153
0,6	86,32	86,662	507,121	39,045	2,6703	189,91	0,3743
0,7	90,32	90,704	503,957	39,387	2,3088	218,28	0,4329
0,8	93,88	94,304	501,141	39,688	2,0357	246,18	0,4910
0,9	97,08	97,543	498,610	39,957	1,8218	273,69	0,5486
1,0	100,00	100,500	496,300	40,200	1,6495	300,88	0,6059
1,1	102,68	103,216	494,180	40,421	1,5078	327,75	0,6628
1,2	105,17	105,740	492,210	40,626	1,3892	354,31	0,7193
1,3	107,50	108,104	490,367	40,816	1,2883	380,63	0,7756
1,4	109,68	110,316	488,643	40,993	1,2015	406,69	0,8316
1,5	111,74	112,408	487,014	41,159	1,1259	432,56	0,8874
1,6	113,69	114,389	485,471	41,315	1,0596	458,16	0,9429
1,7	115,54	116,269	484,008	41,463	1,0008	483,62	0,9982
1,8	117,30	118,059	482,616	41,602	0,9484	508,87	1,0533
1,9	118,99	119,779	481,279	41,734	0,9013	533,98	1,1083
2,0	120,60	121,417	480,005	41,861	0,8589	558,86	1,1629
2,1	122,15	122,995	478,779	41,981	0,8203	583,66	1,2176
2,2	123,64	124,513	477,601	42,096	0,7852	608,25	1,2719
2,3	125,07	125,970	476,470	42,207	0,7530	632,76	1,3263
2,4	126,46	127,386	475,370	42,314	0,7235	657,04	1,3803
2,5	127,80	128,753	474,310	42,416	0,6962	681,28	1,4343
2,6	129,10	130,079	473,282	42,515	0,6710	705,34	1,4881
2,7	130,35	131,354	472,293	42,610	0,6476	729,30	1,5418
2,8	131,57	132,599	471,328	42,702	0,6258	753,16	1,5954
2,9	132,76	133,814	470,387	42,791	0,6055	776,86	1,6488
3,0	133,91	134,989	469,477	42,876	0,5865	800,47	1,7021
3,1	135,03	136,133	468,591	42,960	0,5686	824,11	1,7556
3,2	136,12	137,247	467,729	43,040	0,5519	847,49	1,8086
3,3	137,19	138,341	466,883	43,119	0,5362	870,73	1,8615
3,4	138,23	139,404	466,060	43,196	0,5213	894,03	1,9147

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

1 p Atm. zu 760 mm	2 t Grad Celsius	3 q Kalorien	4 ϱ Kalorien	5 Apu Kalorien	6 u Kubikmeter	7 $\frac{\varrho}{u}$	8 γ Kilogramm
3,5	139,24	140,438	465,261	43,269	0,5072	917,31	1,9676
3,6	140,23	141,450	464,478	43,342	0,4940	940,24	2,0203
3,7	141,21	142,453	463,703	43,413	0,4814	963,24	2,0729
3,8	142,15	143,416	462,959	43,480	0,4695	986,07	2,1255
3,9	143,08	144,368	462,224	43,548	0,4581	1008,9	2,1780
4,0	144,00	145,310	461,496	43,614	0,4474	1031,6	2,2303
4,1	144,89	146,222	460,792	43,677	0,4371	1054,2	2,2826
4,2	145,76	147,114	460,104	43,739	0,4273	1076,8	2,3349
4,3	146,61	147,985	459,431	43,799	0,4179	1099,3	2,3871
4,4	147,46	148,857	458,759	43,859	0,4090	1121,7	2,4391
4,5	148,29	149,708	458,103	43,918	0,4004	1144,0	2,4911
4,6	149,10	150,539	457,462	43,975	0,3922	1166,3	2,5430
4,7	149,90	151,360	456,829	44,030	0,3844	1188,5	2,5949
4,8	150,69	152,171	456,204	44,085	0,3768	1210,6	2,6467
4,9	151,46	152,961	455,595	44,139	0,3696	1232,7	2,6984
5,0	152,22	153,741	454,994	44,192	0,3626	1254,7	2,7500
5,1	152,97	154,512	454,401	44,243	0,3559	1276,6	2,8016
5,2	153,70	155,262	453,823	44,293	0,3495	1298,5	2,8531
5,3	154,43	156,012	453,246	44,343	0,3433	1320,3	2,9046
5,4	155,14	156,741	452,684	44,392	0,3373	1342,1	2,9560
5,5	155,85	157,471	452,123	44,441	0,3315	1363,8	3,0073
5,6	156,54	158,181	451,577	44,487	0,3259	1385,4	3,0586
5,7	157,22	158,880	451,039	44,533	0,3205	1407,0	3,1098
5,8	157,90	159,579	450,501	44,579	0,3153	1428,5	3,1610
5,9	158,56	160,259	449,979	44,623	0,3103	1450,0	3,2122
6,0	159,22	160,938	449,457	44,667	0,3054	1471,5	3,2632
6,1	159,87	161,607	448,943	44,710	0,3007	1492,9	3,3142
6,2	160,50	162,255	448,444	44,753	0,2962	1514,2	3,3652
6,3	161,14	162,915	447,938	44,794	0,2917	1535,5	3,4161
6,4	161,76	163,553	447,448	44,836	0,2874	1556,7	3,4670
6,5	162,37	164,181	446,965	44,876	0,2833	1577,9	3,5178
6,6	162,98	164,810	446,483	44,916	0,2792	1599,0	3,5685
6,7	163,58	165,428	446,008	44,956	0,2753	1620,1	3,6192
6,8	164,18	166,047	445,534	44,994	0,2715	1641,2	3,6699
6,9	164,76	166,645	445,075	45,032	0,2678	1662,2	3,7206
7,00	165,34	167,243	444,616	45,070	0,2642	1683,0	3,7711
7,25	166,77	168,718	443,485	45,162	0,2556	1735,2	3,8974
7,50	168,15	170,142	442,393	45,250	0,2475	1787,1	4,0234
7,75	169,50	171,535	441,325	45,337	0,2400	1838,7	4,1490
8,00	170,81	172,888	440,289	45,420	0,2329	1890,1	4,2745
8,25	172,10	174,221	439,269	45,501	0,2263	1941,2	4,3997
8,50	173,35	175,514	438,280	45,578	0,2200	1992,1	4,5248
8,75	174,57	176,775	437,315	45,654	0,2141	2042,8	4,6495
9,00	175,77	178,017	436,366	45,727	0,2085	2093,3	4,7741
9,25	176,94	179,228	435,440	45,798	0,2031	2143,5	4,8985
9,50	178,08	180,408	434,539	45,868	0,1981	2193,5	5,0226
9,75	179,21	181,579	433,645	45,935	0,1933	2243,3	5,1466
10,00	180,31	182,719	432,775	46,001	0,1887	2293,0	5,2704
10,25	181,38	183,828	431,928	46,064	0,1844	2342,5	5,3941
10,50	182,44	184,927	431,090	46,127	0,1802	2391,7	5,5174
10,75	183,48	186,005	430,267	46,189	0,1763	2440,7	5,6405
11,00	184,50	187,065	429,460	46,247	0,1725	2489,5	5,7636
11,25	185,51	188,113	428,661	46,306	0,1689	2538,2	5,8864
11,50	186,49	189,131	427,886	46,362	0,1654	2586,8	6,0092
11,75	187,46	190,139	427,119	46,417	0,1621	2635,2	6,1318
12,00	188,41	191,126	426,368	46,471	0,1589	2683,4	6,2543
12,25	189,35	192,104	425,624	46,524	0,1558	2731,4	6,3765
12,50	190,27	193,060	424,896	46,576	0,1529	2779,3	6,4986
12,75	191,18	194,007	424,177	46,626	0,1500	2827,0	6,6206
13,00	192,08	194,944	423,465	46,676	0,1473	2874,5	6,7424
13,25	192,96	195,860	422,769	46,724	0,1447	2922,0	6,8642
13,50	193,83	196,766	422,080	46,772	0,1421	2969,3	6,9857
13,75	194,69	197,662	421,400	46,818	0,1397	3016,5	7,1072
14,00	195,53	198,537	420,736	46,864	0,1373	3063,4	7,2283

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Aus der Tabelle laffen fich ferner entnehmen:
die Verdampfungswärme $r=\varrho+Apu$ Kalorien, die Dampfwärme . . $J=q+\varrho$ Kalorien,
die Gefamtwärme . . . $\lambda=q+\varrho+Apu$ Kalorien, das Volumen von 1 kg $s=u+0{,}001$ cbm.
Die Verdampfungswärme r befteht aus der inneren Verdampfungswärme ϱ zur Vermehrung der Energie (f. d.) im verdampfenden Körper felbft und aus der äußeren Verdampfungswärme $r-\varrho$ für die Arbeit zur Ueberwindung des äußeren Drucks beim Uebergange vom Flüffigkeitsvolumen ins Dampfvolumen. Letztere ift gleich Apu, wenn

$$u=s-\sigma \qquad 5.$$

die Differenz der Volumen von 1 kg reinen Dampfes und reiner Flüffigkeit beim Drucke p und $1/A=W=424$ den Arbeitswert einer Wärmeeinheit in Meterkilogramm bedeuten (f. Wärmeäquivalent, mechanifches). Man hat alfo:

$$r=\varrho+Apu, \qquad 6.$$

während zwifchen der ganzen Verdampfungswärme r und der äußeren und inneren Verdampfungswärme die Clapeyronfche Gleichung (f. d.) befteht:

$$\frac{r}{Apu}=\frac{\varrho}{Apu}+1=\frac{T}{p}\frac{dp}{dt}. \qquad 7.$$

Für Waffердampf kann man nach Zeuner innerhalb der Grenzen der Regnaultfchen Verfuche bequemer fetzen:

$$\varrho=574{,}4-0{,}791\,t \text{ Kalorien}, \qquad 8.$$

während nach 2., 6. mit 1., 8. für die äußere Verdampfungswärme folgt:

$$Apu=31{,}1+1{,}096\,t-q \text{ Kalorien}. \qquad 9.$$

Die nach 8., 9. mit den q in Kolumne 3 der Tabelle III. berechneten Werte find in den Kolumnen 4 und 5 der letzteren eingetragen. Weiter enthält Tabelle III. die durch Divifion von Apu mit Ap ermittelten Differenzen u, die Quotienten $\varrho:u$ und die Gewichte

$$\gamma=\frac{1}{s}=\frac{1}{u+\sigma} \qquad 10.$$

von 1 kg reinem Dampfe, wobei, wie bei technifchen Berechnungen betreffend Dämpfe üblich, das Volumen von 1 kg Waffer konftant $\sigma=0{,}001$ cbm gefetzt wurde. Für s, γ gelten auch die am Schluffe des Art. „Dampf" erwähnten Näherungsformeln. Verfteht man noch unter Dampfwärme (f. d.) $J=q+\varrho$ denjenigen Teil der Gefamtwärme, der nicht zur Ueberwindung des äußeren Druckes verausgabt wird, fo läßt fich die Verteilung von λ aus folgendem Schema erfehen:

Gefamtwärme λ

Flüffigkeitswärme q	Innere Verdampfungswärme ϱ	Aeußere Verdampfungswärme Apu
Dampfwärme J		Verdampfungswärme r.

Bei Problemen betreffend gefättigten Dampf hat man es im allgemeinen nicht mit Dampf allein, fondern mit Dampf- und Flüffigkeitsgemifchen zu tun. In 1 kg Gemifch befinden fich dann x kg reiner Dampf (fpezififche Dampfmenge, f. Dampf) und $1-x$ kg reine Flüffigkeit, fo daß das Volumen von 1 kg, das fpezififche Volumen, fich ausdrückt:

$$v=xs+(1-x)\sigma=vu+\sigma. \qquad 11.$$

Für die gewöhnlich angenommenen Zuftandsänderungen (f. d. und Wärmetheorie, mechanifche) von Dampf- und Flüffigkeitsgemifchen, bei denen alle von außen zugeführte oder nach außen abgegebene Energie nur Wärme oder Arbeit ift, liefert die mechanifche Wärmetheorie folgende auf 1 kg bezogenen Hauptgleichungen [11], in denen dQ die Wärmezufuhr in Kalorien, dL die äußere Arbeit (f. d.) in Meterkilogramm und dU die Aenderung der Energie im Körper (Eigenenergie, innere Arbeit) in Meterkilogramm bedeuten:

$$dL=p\,dv, \qquad A\,dU=dq+d(\varrho x), \qquad 12.$$

$$dQ=A(dU+p\,dv)=dq+d(\varrho x)+A\,p\,dv, \qquad 13.$$

$$dQ=dq+d(rx)-\frac{rx}{T}dt=dq+T\,d\frac{rx}{T}, \qquad 14.$$

$$dQ=(1-x)\,c\,dt+r\,dx+h\,x\,dt. \qquad 15.$$

In 14. ift $T=273+t$ die abfolute Temperatur (f. d.), in 15. h die Clauſiusfche Temperaturfunktion (f. d.). Für die Aenderung der Entropie S (f. d.) hat man:

$$A\,dS=\frac{dQ}{T}=\frac{dq}{T}+d\frac{rx}{T}. \qquad 16.$$

Mittels diefer und der oben gegebenen Gleichungen können auch endliche Zuftandsänderungen von einem Anfangszuftand p_1, v_1 in einen Endzuftand p, v unterfucht werden, wobei zu beachten ift, daß t, T, c, q, ϱ, r, λ, s, γ nur vom Drucke p abhängen. Man erhält z. B. bei konftantem Drucke p (alfo auch konftanter Temperatur t):

$$v-v_1=u(x-x_1), \qquad L=pu(x-x_1),$$
$$U-U_1=W\varrho(x-x_1), \qquad Q=r(x-x_1),$$

bei konftantem Volumen v: $\quad xu=x_1u_1, \qquad L=0,$

$$Q=A(U-U_1)=q-q_1+\varrho x-\varrho_1x_1=q-q_1+x_1u_1\left(\frac{\varrho}{u}-\frac{\varrho_1}{u_1}\right),$$

und bei adiabatifchen Zuftandsänderungen (f. d.), d. h. Zuftandsänderung ohne Wärmezufuhr oder -abfuhr:

$$\tau+\frac{r}{T}x=\tau_1+\frac{r_1}{T_1}x_1, \qquad \text{mit } \tau=\int_0^t\frac{dq}{T}, \qquad L=U_1-U=W(q_1-q+\varrho_1x_1-\varrho x).$$

Für adiabatifche Zuftandsänderungen gefättigten Waffердampfes kann man übrigens nach Rankine und Zeuner genügend genau fetzen:

$$p\,v^k=p_1\,v_1{}^k \text{ mit } k=1{,}035+0{,}1\,x_1,$$

womit (vgl. Aeußere Arbeit):

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$$L = U_1 - U = \frac{p_1 v_1 - p v}{k-1} = \frac{p_1 v_1}{k-1}\left[1-\left(\frac{v_1}{v}\right)^{k-1}\right] = \frac{p_1 v_1}{k-1}\left[1-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right].$$

Selbſtverſtändlich gelten alle dieſe Gleichungen nur von $x=0$ bis $x=1$ oder von $v=\sigma$ bis $v=s$, d. h. ſo lange der Zuſtandspunkt p, v zwiſchen den Kurven σ und s liegt (vgl. Dampf). Mit Rückſicht auf die darin vorkommenden Größen $\frac{r}{T}$, τ, $\frac{dp}{dt}$, $h\,d\,t$ wird noch die Hilfstabelle IV nach Grashof [2], S. 168, und Zeuner [11], S. 62, beigefügt.

Tabelle IV. Gefättigte Waſſerdämpfe.

p Atmoſphären	t	Δt	$\frac{r}{T}$	Diff. für $\Delta t=1$	τ	Diff. für $\Delta t=1$	$\frac{dp}{dt}$ kg pro qm	$-\int_0^t h dt$
0,1	46,21		1,79917		0,15660			
		14,24		0,00749		0,00308		
0,2	60,45		1,69245		0,20047			
		9,04		0,00699		0,00298		
0,3	69,49		1,62927		0,22737			
		6,76		0,00668		0,00291		
0,4	76,25		1,58413		0,24707			
		5,46		0,00646		0,00287		
0,5	81,71		1,54888		0,26273		207,41	126,747
		4,61		0,00626		0,00283		
0,6	86,32		1,52000		0,27577			
		7,56		0,00607		0,00278		
0,8	93,88		1,47413		0,29681			
		6,12		0,00585		0,00274		
1,0	100,00		1,43834		0,31357		369,67	148,470
		5,17		0,00568		0,00270		
1,2	105,17		1,40899		0,32750			
		4,51		0,00554		0,00267		
1,4	109,68		1,38402		0,33954			
		4,01		0,00542		0,00264		
1,6	113,69		1,36230		0,35013			
		3,61		0,00531		0,00262		
1,8	117,30		1,34312		0,35959			
		3,30		0,00522		0,00260		
2	120,60		1,32588		0,36816		653,86	170,639
		7,20		0,00509		0,00257		
2,5	127,80		1,28924		0,38663			
		6,11		0,00493		0,00253		
3	133,91		1,25913		0,40207		909,22	183,778
		5,33		0,00479		0,00250		
3,5	139,24		1,23358		0,41537			
		4,76		0,00468		0,00247		
4	144,00		1,21129		0,42713		1146,57	193,163
		4,29		0,00458		0,00245		
4,5	148,29		1,19163		0,43763			
		3,93		0,00450		0,00242		
5	152,22		1,17395		0,44713		1371,00	200,457
		3,63		0,00442		0,00240		
5,5	155,85		1,15790		0,45586			
		3,37		0,00436		0,00239		
6	159,22		1,14322		0,46391		1585,43	206,394
		6,12		0,00426		0,00237		
7	165,34		1,11714		0,47841		1791,32	211,481
		5,47		0,00416		0,00234		
8	170,81		1,09441		0,49122		1990,00	215,862
		4,96		0,00406		0,00232		
9	175,77		1,07425		0,50272		2183,23	219,726
		4,54		0,00398		0,00230		
10	180,31		1,05618		0,51314		2370,92	223,178
		4,19		0,00391		0,00227		
11	184,50		1,03980		0,52267		2553,97	226,292
		3,91		0,00384		0,00226		
12	188,41		1,02477		0,53152		2732,60	229,134
		3,67		0,00378		0,00225		
13	192,08		1,01088		0,53976		2907,43	231,752
		3,45		0,00373		0,00223		
14	195,53		0,99802		0,54746		3078,75	234,165

Tabellen betreffend Waſſerdampf für Atmoſphären zu 10 000 kg pro Quadratmeter oder 1 kg pro Quadratzentimeter und Tabellen mit regelmäßig wachſenden Temperaturen t für Waſſer, Aether, Alkohol, Aceton, Chloroform, Chlorkohlenſtoff, Schwefelkohlenſtoff, Ammoniak, ſchweflige Säure, Kohlenſäure ſ. am Schluſſe von [11].

Literatur: [1] Regnault, Relation des expériences etc., I, Paris 1847, p. 465, 635, 729; II, Paris 1862, p. 365, 761. — [2] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, I: Hydraulik nebſt mechaniſcher Wärmetheorie etc., Leipzig 1875, S. 139. — [3] Bertrand, Thermodynamique, Paris 1887, p. 154. — [4] Ramſay und Young, On some of de Properties of Water and of Steam, Philo-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sophical Transactions, A, 1892, p. 107. — [5] Cailletet et Colardeau, Nouvelle méthode de détermination du point critique, Application de cette méthode au cas particulier de l'eau et de la recherche de la lois des tensions de la vapeur d'eau saturée, Annales de chimie et de physique 1892, p. 519. — [6] Poincaré, Thermodynamik, Berlin 1893, S. 137. — [7] Battelli, Étude de la vapeur d'eau en rapport avec les lois de Boyle et de Gay-Lussac, Annales de chimie et de physique 1894, p. 408. — [8] Wiebe, Tafeln über die Spannkraft des Waſſerdampfes zwiſchen 76 und 101,5°, Braunſchweig 1894. — [9] Landolt und Börnſtein, Phyſikaliſch-chemiſche Tabellen, Berlin 1894. — [10] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, II: Wärme, Breslau 1896, S. 480, 652, 697, 826. — [11] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, II, Leipzig 1901, S. 9. — [12] Wiebe, Die Spannung des Dampfes über 100°, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ing. 1904, S. 315 (Reduktion der Regnaultſchen Verſuchsreſultate auf das Meeresniveau und die Breite 45°). *Weyrauch.*

Dampf, überhitzter. Ueber dieſen Begriff ſ. Dampf.

Als Ueberhitzung τ wurde bezeichnet die Erhebung der augenblicklichen Temperatur t über die dem augenblicklichen Drucke p entſprechende Sättigungstemperatur t':

$$\tau = t - t' = T - T'. \qquad 1.$$

Die Zuſtandsgleichung (allgemeine Beziehung zwiſchen dem Drucke p, dem Volumen v und der Temperatur t) der überhitzten Dämpfe iſt nicht genau bekannt. Diejenigen Gleichungen, die das Verhalten der letzteren möglichſt vollſtändig wiedergeben ſollen (ſ. Gasförmige Körper), ſind nach v vom dritten oder einem durch Verſuche feſtzuſtellenden Grade, ſie liefern bei ihrer Verwendung in den wärmetheoretiſchen Formeln für techniſche Zwecke ungeeignete Beziehungen. Man war daher genötigt, nach bequemeren Näherungsgleichungen zu ſuchen, die das Verhalten der wichtigſten Dämpfe, insbeſondere des Waſſerdampfes, innerhalb der bei praktiſchen Fragen in Betracht kommenden Grenzen mit hinreichender Genauigkeit wiedergeben ſollten.

So entnahm der Verfaſſer [5], [16] aus den von Hirn [2] für verſchiedene p, t erhaltenen ſpezifiſchen Volumen v und den p entſprechenden Sättigungsvolumen s des Waſſerdampfes (Tabelle S. 540) die Zuſtandsgleichung $p(v - s) = R\tau$, $\qquad 2.$

worin R eine Konſtante, nämlich für p in Atmoſphären (zu 760 mm) $R = 0{,}004924$, für p in Kilogramm pro Quadratmeter $R = 50{,}880$. Die genügende Uebereinſtimmung mit Hirns Beobachtungen zeigt folgende Zuſammenſtellung:

Für p	und t	oder τ	nach Hirn v	nach 2. v
1 Atm.	118,5°	18,5°	1,74 cbm/kg	1,742 cbm/kg
1	141	41	1,85	1,852
2,25	200	75,65	0,92	0,936
3	200	66,09	0,697	0,696
3,5	196	56,76	0,591	0,588
3,5	246,5	107,26	0,657	0,659
4	165	21	0,482	0,474
4	200	56	0,522	0,517
4	246	102	0,575	0,574
5	162,5	10,28	0,376	0,374
5	205	52,78	0,414	0,416

Gleichung 2. läßt ſich auch ſchreiben:

$$pv = RT - f(p), \qquad 3.$$

worin $f(p)$ eine zunächſt beliebige Funktion des Druckes p bedeutet. Denn ſubtrahiert man von 2. den bei gleichem Druck dem Sättigungspunkt entſprechenden Ausdruck $ps = RT' - f(p)$, ſo ergibt ſich bei Beachtung von 1. wieder Gleichung 2. Ferner kann man nach 2. mit 1. ſetzen:

$$pv = R(T - P) \qquad 4.$$

und gelten dann in 3. und 4.: $f(p) = RT - ps = RP$, $\qquad 5.$

ſo daß auch P nur vom Drucke p abhängt. Für Waſſerdampf erhalten wir beiſpielsweiſe die in der folgenden Tabelle angeführten Werte.

Druck p	nach Regnault t'	nach Regnault s	nach 5. P
0,1	46,21	14,553	23,66
0,5	81,71	3,1718	32,63
1	100,00	1,6505	37,81
2	120,60	0,8599	44,33
3	133,91	0,5875	48,97
4	144,00	0,4484	52,74
5	152,22	0,3636	56,01
6	159,22	0,3064	58,87
7	165,34	0,2652	61,33
8	170,81	0,2339	63,79
9	175,77	0,2095	65,85
10	180,31	0,1897	68,05
11	184.50	0,1735	69,91
12	188,41	0,1599	71,73
13	192,08	0,1483	73.55
14	195,53	0,1383	75,31
Atm.	Grad C.	cbm/kg	Grad C.

Auf vorſtehende Formeln führen auch die übrigen Zuſtandsgleichungen, die gegenwärtig bei techniſchen Problemen in Gebrauch ſind, ſie bilden ſpezielle Fälle von 2. und 3. Während jedoch $f(p)$ und P durch 5. bereits beſtimmt ſind, machen dieſe Zuſtandsgleichungen noch beſondere Annahmen, wodurch mitunter Widerſprüche entſtehen können.

Nach Zeuner [3], [12] ſetzt man mit konſtanten R, C, μ: $pv = RT - Cp^{\mu}$, $\qquad 6.$

wonach in 3. und 4. gewählt werden:

$$f(p) = Cp^{\mu}, \qquad P = \frac{C}{R}p^{\mu}. \qquad 7.$$

Für Waſſerdampf ſoll $\mu = \frac{AR}{c_p}$ ſein, womit auch c_p konſtant angenommen wird. Auf Grund der Verſuche von Hirn und Regnault wären in 6., 7. zu verwenden für p in Atmoſphären (zu 760 mm), v in Kubikmetern pro Kilogramm:

$R = 0{,}004924$, $C = 0{,}18536$, $\mu = 0{,}25$, womit $P = 37{,}644\sqrt[4]{p}$,

für p in Kilogramm pro Quadratmeter, v in Kubikmetern pro Kilogramm:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$R = 50{,}880$, $C = 189{,}970$, $\mu = 0{,}25$, womit $P = 3{,}7337\sqrt[4]{p}$, oder auch die nur wenig davon abweichenden in [12], S. 221, gegebenen Werte. Gleichung 6. läßt ſich aus 2. oder 3. ableiten, wenn man c_p konſtant und eine gewiſſe Integrationskonſtante gleich Null einführt.

Neuerdings wird auch vielfach die von Tumlirz [11] zur Darſtellung der umfaſſenden Verſuchsreſultate mit Waſſerdampf von Battelli [9] gewählte Zuſtandsgleichung herangezogen:

$$p(v + c) = RT, \tag{8.}$$

worin R, c konſtant. Man ſetzt damit in 3. und 4.:

$$f(p) = cp, \qquad P = \frac{c}{R}p, \tag{9.}$$

und erhält dann c_p, c_v nur von der Temperatur abhängig und $c_p - c_v = AR$. Nach Tumlirz ſind für Waſſerdampf in 8., 9. anzunehmen für p in Atmoſphären (zu 760 mm), v in Kubikmetern pro Kilogramm: $R = 0{,}004520$, $c = 0{,}008402$, womit $P = 1{,}85885\,p$,
für p in Kilogramm pro Quadratmeter, v in Kubikmetern pro Kilogramm:
$R = 46{,}700$, $c = 0{,}008402$, womit $P = 0{,}0001799\,p$.

Die Verſuche, auf welchen dieſe Zahlen beruhen, fanden bei Temperaturen von -6 bis 231^0 und Drücken von 0,003 bis 28 Atmoſphären ſtatt. In der Nähe des Sättigungspunktes führen ſie auf Widerſprüche mit den Regnaultſchen Verſuchsergebniſſen [11], S. 1064; [15], S. 1883; [16], S. 25.

Für die gewöhnlichen Zuſtandsänderungen der Wärmetheorie, bei denen alle von außen zugeführte oder entzogene Energie nur Wärme oder Arbeit iſt, liefert die mechaniſche Wärmetheorie (ſ. d.) unter Vorausſetzung der Zuſtandsgleichungen 2.—4. folgende auf 1 kg des Dampfes bezogene Hauptgleichungen [5], [16], in denen dQ die Wärmezufuhr in Kalorien, dL die äußere Arbeit (ſ. d.) und dU die Aenderung der inneren Energie (Eigenenergie, innere Arbeit) in Meter/Kilogramm, $A = 1/W = 1/424$ das kaloriſche Arbeitsäquivalent bedeuten:

$$dL = p\,dv, \tag{10.}$$

$$A\,dU = c_v dT + \frac{c_p - c_v - AR}{R}\,p\,dv = (c_p - AR)\,dT + A\,p\,d\frac{f(p)}{p}, \tag{11.}$$

$$dQ = c_p dT - ART\frac{dp}{p} = c_v\,dT + \frac{c_p - c_v}{R}\,p\,dv, \tag{12.}$$

wozu die Aenderung der Entropie (ſ. d.) kommt:

$$dS = \frac{dQ}{AT} = \frac{c_p}{A}\frac{dT}{T} - R\frac{dp}{p}. \tag{13.}$$

Bei Verwendung dieſer Gleichungen pflegt die Bezeichnung eingeführt zu werden:

$$k = \frac{c_p}{c_p - AR}, \qquad \frac{AR}{c_p} = \frac{k-1}{k}, \qquad c_p - AR = \frac{AR}{k-1}, \tag{14.}$$

wonach k mit c_p veränderlich iſt. Wenn jedoch für c_p ein Mittelwert eingeführt wird, ſo hat dies nach 14. auch für k zu geſchehen. Dieſer Mittelwert kann entſprechend demjenigen von c_p je nach Umſtänden verſchieden ſein. Mit Mittelwerten von c_p, c_v erhält man für einen Uebergang von p_1, v_1, t_1 in p, v, t beiſpielsweiſe nach 11. die Aenderung der inneren Arbeit:

$$U - U_1 = \frac{c_v}{A}(t - t_1) + \frac{c_p - c_v - AR}{AR}L, \tag{15.}$$

nach 12. die Wärmezufuhr:

$$Q = c_v(t - t_1) + \frac{c_p - c_v}{R}L, \tag{16.}$$

und nach 13. die Aenderung der Entropie:

$$S - S_1 = \frac{c_p}{A}\log n\frac{T}{T_1} - R\log n\frac{p}{p_1}. \tag{17.}$$

Während die Gleichungen 10.—16. auch vom Standpunkte der Zuſtandsgleichungen von Zeuner und Tumlirz aus gelten, kommen auf Grund der Zuſtandsgleichung 6. von Zeuner weiter hinzu:

$$dU = \left(\frac{c_p}{AR} - 1\right)d(pv) = \frac{d(pv)}{k-1}, \tag{18.}$$

$$dQ = \frac{A}{k-1}(v\,dp + k\,p\,dv). \tag{19.}$$

Solange c_p, k nach Zeuner als konſtant gelten, ergibt 18. wie bei Gaſen die Aenderung der Energie U proportional der Aenderung des Produkts pv (aber nicht wie bei Gaſen proportional der Temperaturänderung) und die iſodynamiſche Kurve als Hyperbel. Es empfiehlt ſich jedoch, auch in 18. je nach Umſtänden verſchiedene Mittelwerte k zu verwenden, wodurch gute Uebereinſtimmung mit 11. erreicht werden kann. Bei beliebigem konſtanten k liefert 18. für einen Uebergang von p_1, v_1, t_1 in p, v, t unter Beachtung von 4.:

$$U - U_1 = \frac{pv - p_1v_1}{k-1} = \frac{R}{k-1}(T - P - T_1 + P_1). \tag{20.}$$

Auf Grund der Zuſtandsgleichung 8. von Tumlirz kommen zu 10.—17. die Gleichungen:

$$c_p - c_v = AR = c_v(k-1), \qquad k = \frac{c_p}{c_v}, \tag{21.}$$

$$dU = Wc_v\,dT = \frac{R\,dT}{k-1} = \frac{d[p(v+c)]}{k-1}, \tag{22.}$$

$$dQ = \frac{A}{k-1}[(v+c)\,dp + k\,p\,d(v+c)].$$

Nach 12. läßt ſich wegen 8. und 21. einfacher ſchreiben:

$$dQ = c_p\,dT - A(v+c)\,dp = c_v\,dT + A\,p\,dv. \tag{23.}$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Alle diese Gleichungen stimmen mit den entsprechenden für Gase überein, nur daß $v + c$ an Stelle von v getreten ist, wobei zu beachten, daß $d(v + c) = dv$. Soweit Mittelwerte von c_p, c_v, k verwendet werden, liefert 22. die Aenderung der Energie U wie bei Gasen proportional der Temperaturänderung (aber nicht wie bei Gasen proportional der Aenderung des Produkts pv) und die isodynamische Zustandsänderung übereinstimmend mit der isothermischen Zustandsänderung. Für einen Uebergang von p_1, v_1, t_1 in p, v, t hat man nach 22. bei beliebigem konstantem k:

$$U - U_1 = W c_v (t - t_1) = \frac{p(v + c) - p_1 (v_1 + c)}{k - 1}. \qquad 24.$$

Die vorstehenden Zustandsgleichungen und wärmetheoretischen Hauptgleichungen können nun wie die entsprechenden Beziehungen für Gase (s. d.) und gesättigte Dämpfe (s. S. 539) auf besondere Zustandsänderungen angewandt werden. Bei den meisten Anwendungen derselben interessieren in erster Linie die Werte der spezifischen Wärmen. Wir fassen im folgenden speziell den Wasserdampf ins Auge.

Nach Versuchen von Regnault [1], S. 167, bei Temperaturen von 122—231° konnte man für $p = 1$ Atmosphäre im Mittel setzen:

$$c_p = 0{,}48.$$

Dieser Wert wurde bisher meist auch für andre Drücke verwendet. Indessen liefern die wärmetheoretischen Hauptgleichungen auf Grund der Zustandsgleichung 2., 3. und der Versuchsresultate von Hirn und Regnault [5], [16], S. 27:

$$c_p = 0{,}430 + 0{,}000378\, t, \qquad 25.$$

$$c_v = c_p - \frac{0{,}12\, T}{w + \tau}, \qquad 26.$$

worin beispielsweise:

für $p =$	0,1	0,5	1	2	3	4	5	6	Atmosphären
$w =$	297,33	347,48	342,81	359,65	370,28	378,17	384,46	389,77°	
für $p =$	7	8	9	10	11	12	13	14	Atmosphären
$w =$	394,51	398,46	402,26	405,44	408,56	411,40	413,95	416,32°	

und für beliebige Drücke aus den bekannten Tabellen für gesättigte Dämpfe zu erhalten:

$$w = A p u \frac{T'}{r} + \frac{ps}{0{,}005242}. \qquad 27.$$

Im Ausdrucke ps ist p in Atmosphären einzusetzen. Die Beziehung 26. ist unabhängig von 25. und wäre also unter den erwähnten Voraussetzungen auch bei andern Ausdrücken von c_p zulässig.

Versuche von Mallard und Le Chatelier [6] über die Verbrennung explosibler Gasgemische bei Temperaturen bis 3000° ergaben:

$$c_p = c_v + 0{,}111 = 0{,}423 + 0{,}000365\, t, \qquad a.$$

welche Formel später infolge nochmaliger Berechnung mit Berücksichtigung andrer Resultate wie folgt abgeändert wurde [7], [10], S. 394:

$$c_p = c_v + 0{,}111 = 0{,}432 + 0{,}000318\, t. \qquad b.$$

Auf ähnliche Weise wie Mallard und Le Chatelier hat Langen [14] ermittelt:

$$c_p = c_v + 0{,}111 = 0{,}439 + 0{,}000239\, t, \qquad c.$$

während Grindley und später Grießmann [15] bei Drosselversuchen noch stärkere Zunahmen von c_p mit der Temperatur erhielten, jedoch innerhalb zu enger Grenzen, um Formeln daraus abzuleiten. Die Resultate der drei letzten Ausdrücke stimmen mit denjenigen von 25. gut überein, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

	für $t =$	0	50	100	150	200	300	500	1000°
nach 25.	$c_p =$	0,430	0,449	0,468	0,487	0,506	0,544	0,619	0,808
„ a.	$c_p =$	0,423	0,441	0,460	0,478	0,503	0,532	0,605	0,788
„ b.	$c_p =$	0,432	0,448	0,464	0,478	0,494	0,527	0,591	0,750
„ c.	$c_p =$	0,439	0,451	0,463	0,475	0,478	0,511	0,578	0,678

Doch ist zu beachten, daß bei Ableitung von a., b., c. vom Boyle-Gay-Lussacschen Gesetze (s. d.) und vom Avogadroschen Gesetze (s. Gase) Gebrauch gemacht wurde, die für Wasserdampf nur bei sehr hohen Temperaturen genügend zutreffen, nicht bei solchen, wie sie beispielsweise bei Dampfmaschinen vorkommen.

Während nach obigen mit den gebräuchlichen Zustandsgleichungen im Einklang stehenden Ausdrücken die spezifische Wärme c_p bei konstantem Drucke unabhängig von diesem Drucke mit zunehmender Temperatur fortdauernd wachsen würde, haben neue Versuche von Lorenz [17] bei gewöhnlichen Ueberhitzungen eine Abnahme von c_p mit wachsender Temperatur und eine Zunahme mit wachsendem Druck ergeben. Seine Resultate ließen sich annähernd durch folgende Formel darstellen [19]:

$$c_p = 0{,}430 + 3600000 \frac{p}{T^3}, \qquad 28.$$

worin p in Kilogramm pro Quadratzentimeter (Neuatmosphären) einzusetzen, wie die nebenstehende Zusammenstellung zeigt.

Grad C. t	kg pro qcm p	Versuch c_p	Nach 28. c_p
207,6	6,82	0,622	0,651
279,3	6,82	0,568	0,575
321,0	6,94	0,555	0,547
222,4	8,97	0,698	0,696
262,0	8,98	0,640	0,640
313,8	8,98	0,570	0,590
205,4	4,31	0,583	0,572
295,0	4,05	0,484	0,510
338,9	3,94	0,478	0,492
207,6	1,93	0,531	0,493
294,0	1,89	0,492	0,467

Den Versuchen von Lorenz ist insofern besonderes Gewicht beizulegen, als die Werte von c_p unmittelbar nach dem Begriffe der spezifischen Wärme (s. d.) durch Messung zusammengehöriger Werte der Wärmezufuhr und Temperaturerhöhung erhalten wurden. Dieterici [20] fand die Beobachtungen von Lorenz im allgemeinen bestätigt, indem er auf Grund der Versuche von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ramſay und Young [8] und verſchiedener empiriſcher Ausdrücke die Energie U des überhitzten Waſſerdampfes bei mehreren konſtanten Temperaturen berechnete, die entſprechenden U-Iſothermen für v als Abſziſſe, U als Ordinate graphiſch auftrug und aus dem Verlaufe dieſer Kurven Schlüſſe auf die Art der Veränderlichkeit von c_p, c_v zog. Empiriſche Formeln für die ſpezifiſchen Wärmen haben ſich bei dieſem Verfahren bis jetzt nicht ergeben.

Zu beachten iſt, daß 25. und 28. die wirkliche ſpezifiſche Wärme bei konſtantem Druck in irgendeinem Zuſtand p, v, t ausdrücken ſollen, während die mittlere ſpezifiſche Wärme bei konſtantem Drucke zwiſchen zwei Zuſtänden p_1, v_1, t_1 und p, v, t nach 25. allgemein:

$$c_p = 0{,}430 + 0{,}000189\,(t + t_1), \tag{29.}$$

und nach 28. beiſpielsweiſe für eine Zuſtandsänderung bei konſtantem Drucke p:

$$c_p = 0{,}430 + 1800000\,p\,\frac{T + T_1}{T^2 T_1^2} \tag{30.}$$

und bei konſtanter Temperatur T: $c_p = 0{,}430 + 1800000\,\frac{p + p_1}{T^3}$. (31.)

Um bei konſtantem Drucke p 1 kg überhitzten Dampf von der Temperatur t oder Ueberhitzung τ aus ebenſoviel Flüſſigkeit von 0° zu erzeugen, iſt eine Wärmemenge λ nötig, welche die Geſamtwärme des Dampfes heißt. Sie läßt ſich ausdrücken:

$$\lambda = \lambda' + c_p \tau, \tag{32.}$$

worin die Geſamtwärme des geſättigten Dampfes vom Drucke p (ſ. Dampf, geſättigter):

$$\lambda' = q + \varrho + Apu \tag{33.}$$

und c_p die mittlere ſpezifiſche Wärme bei konſtantem Drucke, während des Ueberhitzens von t' bis t. Von der Geſamtwärme λ wird ein Teil zu äußerer Arbeit verbraucht, ausgedrückt bei Berückſichtigung von 2.:

$$AL = Apu + AR\tau, \tag{34.}$$

wovon Apu bis zum Beginn des Ueberhitzens, $AR\tau$ während des Ueberhitzens, der Reſt

$$J = q + \varrho + (c_p - AR)\tau \tag{35.}$$

[5], [16] dient zur Erhöhung der Eigenenergie U der Flüſſigkeit und des Dampfes und heißt nach Zeuner die Dampfwärme. Die Werte von q, ϱ, Apu, λ' für Waſſerdampf laſſen ſich aus der Tabelle S. 540 entnehmen, doch können auch empiriſche Formeln verwendet werden (ſ. Dampf, geſättigter), beiſpielsweiſe nach Regnault:

$$\lambda' = 606{,}5 + 0{,}305\,t'. \tag{36.}$$

Aus Beobachtungen der Geſamtwärme λ kann nach 32. auch die mittlere ſpezifiſche Wärme c_p von t' bis t erhalten werden. So fand Bach [13] bei Verſuchen über die Wärmeabgabe des überhitzten Waſſerdampfes durch zwei von Kühlwaſſer umſpülte Spiralen von je ca. 50 m Länge und 6 qm Oberfläche:

für Verſuch		I	II	III	IV
mit	$t =$	325,9	327,1	325,6	324,6°
und	$t' =$	128,0	146,3	160,5	170,5°
alſo	$p =$	2,6	4,4	6,4	8,2 kg/qcm
nach 32., 36	$c_p =$	0,624	0,574	0,534	0,536,

während ſich ergeben würde:

aus 25.	$c_p =$	0,516	0,520	0,522	0,524
aus 30.	$c_p =$	0,511	0,558	0,607	0,649.

Mit Rückſicht auf die bei den Temperaturen des Kühlwaſſers und des Verſuchsraums trotz der angewandten ſtarken Wärmeſchutzſchicht nicht ganz zu vermeidende Wärmeabgabe nach außen war anzunehmen, daß der erſte Verſuchswert etwas zu groß, die drei weiteren Werte etwas zu klein ſeien.

Literatur: [1] Regnault, Relation des expériences etc., II, Paris 1862, S. 167. — [2] Hirn, Théorie mécanique de la chaleur, Paris 1865, S. 202. — [3] Zeuner, Theorie der überhitzten Waſſerdämpfe, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1867, S. 41. — [4] Hirn et Cazin, Mémoire sur la détente de la vapeur surchauffée, Annales de chimie et de physique 1867, X, p. 349. — [5] Weyrauch, Von den überhitzten Dämpfen, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1876, S. 1, 71, 193; 1877, S. 241. — [6] Mallard et Le Chatelier, Sur les températures des combustions et les chaleurs spécifiques des gaz aux températures élevées, Annales des mines 1883, IV, p. 379 (insbeſondere S. 528). — [7] Wiedemanns Annalen, Beibl. 1890, S. 364. — [8] Ramſay und Young, On some of the Properties of Water and of Steam, Philosophical Transactions, A, 1892, S. 107. — [9] Battelli, Sulle proprietà termiche dei vapori, IV: Studio del vapor d'aqua, Memorie della reale accademia delle scienze di Torino, Serie II, Bd. 43, 1893, S. 63. — [10] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, II: Wärme, Breslau 1896, S. 389, 839. — [11] Tumlirz, Die Zuſtandsgleichung des Waſſerdampfes, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiſſenſch. in Wien, 1899, Bd. 108, Abt. IIa, S. 1058. — [12] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, II, Leipzig 1901, S. 187. — [13] Bach, Zur Frage des Wärmewerts des überhitzten Waſſerdampfes, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1902, S. 729. — [14] Langen, Unterſuchungen über die Drücke, die bei Exploſion von Waſſerſtoff und Kohlenoxyd in geſchloſſenen Gefäßen entſtehen, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1903, S. 622. — [15] Grießmann, Die Erzeugungswärme des überhitzten Waſſerdampfes und ſein Verhalten in der Nähe der Kondenſationsgrenze, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1903, S. 1852, 1880. — [16] Weyrauch, Ueber die ſpezifiſchen Wärmen des überhitzten Waſſerdampfes, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1904, S. 24, 50. — [17] Lorenz, Die ſpezifiſche Wärme des überhitzten Waſſerdampfes, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1904, S. 698. — [18] Lorenz, Techniſche Wärmelehre, München 1904, S. 273. — [19] Lorenz, Neuere Verſuche über die ſpezifiſche Wärme des überhitzten Waſſerdampfes, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1904, S. 1189. — [20] Dieterici, Die kaloriſchen Eigenſchaften des Waſſers und ſeines Dampfes bei hohen Temperaturen, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1905, S. 362.

Weyrauch.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dampfabgangsrohr, f. Dampfleitungen für Schiffe.

Dampfabſperrventil, f. Dampfleitungen für Schiffe.

Dampfaſchwinde, f. Aſchtransportvorrichtung.

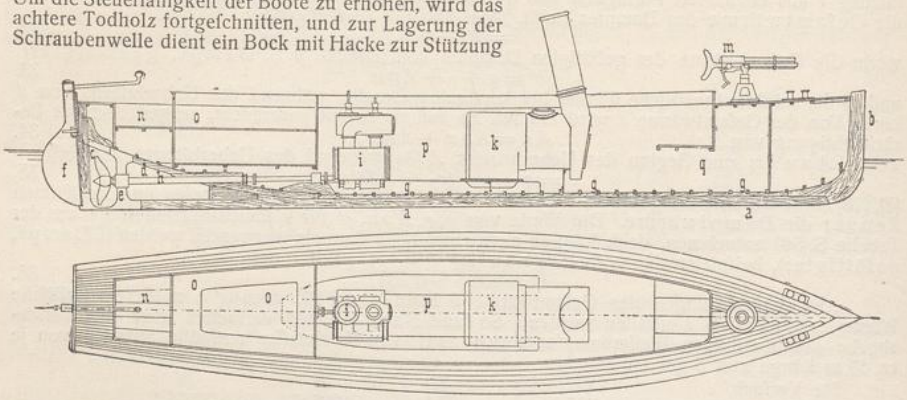
Dampfaufzüge, f. Aufzüge, Bd. 1, S. 376.

Dampfbarkaſſe, f. Dampfbeiboote.

Dampfbeiboote, kleinere Dampfer, die an Bord größerer Schiffe mitgeführt werden und für den Schiffsdienſt Verwendung finden. Sie ſind hauptſächlich bei Kriegsſchiffen und Dampfjachten in Gebrauch.

Derartige Dampfbeiboote ſind zurzeit in allen Kriegsmarinen eingeführt. Sie werden faſt durchweg wie die Barkaſſen und Pinaſſen aus Holz nach dem Diagonalſyſtem erbaut, und hierher entſtammt auch die Bezeichnung Dampfbarkaſſe und Dampfpinaſſe. Zur Sicherheit des Bootes bei ſchlechtem Wetter wurden früher an den Enden und zur Seite Luftkäſten eingebaut; neuerdings verzichtet man auf letztere und gibt dem Boot dafür eine größere Freibordhöhe und ein teilweiſes Deck, um es ſeefähiger zu geſtalten.

Um die Steuerfähigkeit der Boote zu erhöhen, wird das achtere Todholz fortgeſchnitten, und zur Lagerung der Schraubenwelle dient ein Bock mit Hacke zur Stützung



a Kiel. *b* Vorſteven. *c* Hinterſteven. *d* Gillung. *e* Schraubenbock. *f* Ruder. *g* Spanten. *h* Stevenrohr. *i* Maſchine. *k* Lokomotivkeſſel. *l* Aſchfall. *m* Revolverkanone. *n* Steuerluke. *o* Sitzraum. *p* Heizraum. *q* Munitionsraum.

des Heckruders. Dieſe Konſtruktion wurde zuerſt von White in Cowes eingeführt, und ſind die White-Boote faſt in allen Marinen vertreten. Die Beibootsmaſchinen werden durchweg als Hammermaſchinen konſtruiert. Die früheren Maſchinen waren ein- oder zweizylindrige Hochdruckmaſchinen, und der Abdampf puffte in den Schornſtein oder in eine Waſſerziſterne aus. Neuerdings ſind nur Compoundmaſchinen mit Kondenſation in Anwendung, um das Geräuſch das abgehenden Dampfes zu verhüten. Der Dampf kondenſiert entweder in einem Oberflächenkondenſator wie bei den Schiffsmaſchinen, oder er ſchlägt ſich in einem Kondenſationsrohr nieder, das am Kiel des Bootes außenbords entlang geführt iſt und vom Seewaſſer gekühlt wird. Die Größe der Dampfbeiboote ſchwankt von 7 bis 16 m Länge bei einem Geſamtgewicht von 1500 bis 16000 kg und einer Geſchwindigkeit von 6 bis 14 Knoten pro Stunde. Die größeren Boote finden auf Kriegsſchiffen als Wacht- oder Depeſchenboote Verwendung und werden zu dieſem Zweck mit einem Schnellfeuergeſchütz bezw. einem Torpedorohr zum Lancieren von Whitehead-Torpedos ausgerüſtet. Größere Beiboote zeigen ſchon den Typ der Torpedoboote. Dieſelben werden auch an Bord der Kriegsſchiffe geführt, dann aber aus Stahlblech gefertigt, und ſind unter dem Namen Torpedoboote 2. Klaſſe eingeführt.

Literatur: Brix, Bootsbau, Berlin 1892; Hauſer, Cours de construction navale, Paris 1886; Dick und Kretſchmer, Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1902; Mitteilungen aus dem Gebiet des Seeweſens 1887, S. 502; Klamroth, Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902; Dampfbeiboot Kl. A der K. Marine, Zeitſchrift Schiffbau 1900, Nr. 4. *T. Schwarz.*

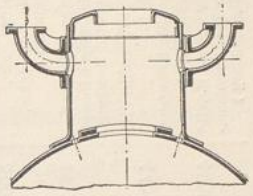
Dampfbremſe, f. Bremſen (für Eiſenbahnfahrzeuge), S. 269.

Dampfchloren, eine Operation der Zeugdruckerei, der die bedruckten Stückwaren unterworfen werden, um das Weiß der Stoffe zu regenerieren.

Durch das Seifen (bezw. andre Paſſagen) der bedruckten und gedämpften Waren wird ſelbſt bei den echteſten Farben und bei vorſichtigem Arbeiten das Weiß beeinflußt. — Man unterſcheidet Dampfchloren und Trockenchloren. Beim Dampfchloren werden die Stücke auf der Klotzmaſchine mit einer ſchwachen Chlorkalklöſung, der man etwas in Waſſer ſuspendiertes Ultramarinblau zuſetzt, imprägniert, worauf die Stücke durch einen mit Waſſerdampf gefüllten Kaſten gehen. Die nicht bedruckten Stellen benetzen ſich mehr als die bedruckten; hieraus folgt, daß das Chlor auf die unbedruckt gebliebenen Stellen mit größerer Intenſität einwirkt. Die Stärke der Chlorkalklöſung richtet ſich nach der Chlorechtheit der beim Druck angewendeten Farben. Anilinfarben werden in der Regel dem Dampfchlor nicht ausgeſetzt. Das Dampfchloren findet beim Druck von Alizarinroſa und Türkiſchrot viel Anwendung. *Ad. Singer.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dampfdom, ein auf Dampfkeſſeln bezw. Oberkeſſeln aufgeſetzter, mehr oder weniger großer, geſchloſſener Zylinder, der als Erweiterung des Dampfraumes dient. Er ſoll die Dampfentnahme in möglichſt großer Entfernung vom Waſſerſpiegel des Keſſels zur Erzielung trockenen Dampfes ermöglichen, weshalb die Dampfleitungen ſtets an den Dom anſchließen.



Die Figur zeigt einen Dampfdom, wie er für ortsfeſte Keſſel faſt immer ausgeführt wird. Zur Aufnahme der Sicherheitsventile und der Ventile für die Dampfleitungen ſind gußeiſerne oder Stahlgußſtutzen mit untergelegten Stemmblechen angenietet. Die ovale Einſteigöffnung am Dom in den Abmeſſungen 300 × 400 bezw. 350 × 450 mm wird durch einen Mannlochdeckel verſchloſſen. Der Ausſchnitt im Keſſelmantel in denſelben Abmeſſungen iſt durch einen aufgenieteten Flacheiſen- oder Winkeleiſenring verſtärkt; hierbei ſoll mit Rückſicht auf die geringere Schwächung dieſes Mantels die kurze Seite der elliptiſchen Oeffnung in der Längsrichtung des Keſſels liegen. Erfahrungsgemäß wird die Erzielung trockenen Dampfes auf dem Dampfdom nur in unvollkommener Weiſe erreicht und wird an deſſen Stelle beſſer in der ganzen Länge des Waſſerſpiegels ein Dampfentnahmerohr in den Dampfraum des Keſſels eingebracht, das durch die in ſeinem oberen Teil befindlichen Längsſchlitze den ſich entwickelnden Dampf gleichmäßig abziehen läßt.

G. Schwarz.

Dampfdreſchmaſchine, ſ. Dreſchmaſchine.

Dampfdruckkurve, ſ. v. w. Druckkurve, ſ. Aeußere Arbeit.

Dampfdruckreduzierventile, ſ. Druckverminderungsventile.

Dampfdynamo, ſ. Dynamomaſchinen.

Dampfegge, ſ. Maſchinenpflug.

Dampfentöler, ſ. Oelabſcheider.

Dampfentwäſſerungsapparate, ſ. Dampfwaſſerableiter.

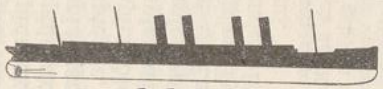
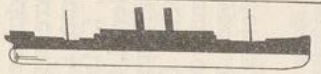
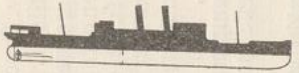
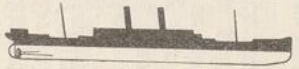
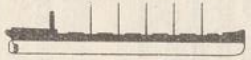
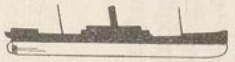
Dampfertypen. Die Benutzung der Dampfkraft zur Fortbewegung der Schiffe hat im Laufe der Zeit, den verſchiedenen Zwecken entſprechend, die mannigfachſten Typen von Dampfern geſchaffen, die teilweiſe nach der Art des treibenden Motors, teilweiſe nach dem Hauptverwendungszweck benannt worden ſind.

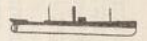
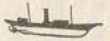
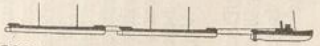
Je nach dem Motor unterſcheidet man Schraubendampfer, Raddampfer und Turbinendampfer, nach der Konſtruktion des Schiffes für Fluß- oder Seeſchiffahrt Fluß- und Seedampfer. Zu erſteren gehören im beſonderen die Hinterrad- oder Heckraddampfer, die mit einem Schaufelrad am Heck verſehen ſind, um enge Flußläufe, Schleuſen u. ſ. w. paſſieren zu können. Die Seedampfer gliedern ſich in Frachtdampfer oder Transportdampfer, die für die Beförderung von Gütern beſtimmt ſind; in gemiſchte Fracht- und Paſſagierdampfer, die im beſonderen für Maſſengüter, Paſſagiere und Auswanderer eingerichtet ſind, in Schnelldampfer mit großer Geſchwindigkeit für den Paſſagierverkehr, ſowie die verſchiedenen Poſtdampfer für große und kleine Fahrt. Für Sport und Vergnügungszwecke gibt es Dampfjachten und mannigfache Luftfahrzeuge mit Maſchinenbetrieb. — Für den Hafendienſt dienen die Lotſendampfer, Eisbrecher, Schleppdampfer (Bugſierdampfer) und Fährdampfer. Die Bergungsdampfer ſind dazu beſtimmt, Rettungsdienſte zu verrichten bei geſtrandeten bezw. havarierten Schiffen; zu gleichem Zweck dienen die Pumpendampfer. — Fiſchdampfer ſind ſogenannte Dampfquatzen, d. h. Dampfer, deren Laderaum zur Aufnahme lebender Seefiſche eingerichtet iſt. Die Spezialiſierung und Gliederung der Dampferflotten in beſondere Schiffstypen verdankt ihre Entſtehung dem ſtetig ſich ſteigernden Maſſentransport von Rohmaterialien und Einheitswaren wie Kohle, Erze, Petroleum, Holz, Getreide, Baumwolle, Fleiſch, lebendes Vieh u. dergl., ſowie der gewaltigen Zunahme des Perſonenverkehrs für die transatlantiſchen Fahrten [2]. Dem Maſſentransport dienen die Erzdampfer mit zahlreichen breiten Luken, die Petroleumtankdampfer mit zahlreichen Tanks zur Aufnahme des Petroleums bezw. Oels, die Kohlen- und Getreidedampfer mit Einrichtungen, um das Ueberſchießen der Ladung zu vermeiden, die Dampfer für Vieh- und Fleiſchtransport mit Einrichtungen zum Aufſtellen des Viehes und Kühlräumen für die Konſervierung des friſchen Fleiſches. Der neueſte Frachtdampfer für Erze, Auguſtus B. Wolvin, für die nordamerikaniſchen Binnenſeen, beſitzt bei einer Schiffslänge von 170 m im ganzen 33 Ladeluken von 2,7 m Länge und 10 m Breite [3]. Für den Perſonenverkehr allein eingerichtet ſind die modernen transatlantiſchen Schnelldampfer mit Geſchwindigkeiten bis zu 24 Seemeilen pro Stunde über den Ozean, während die kombinierten Fracht- und Paſſagierdampfer mit Geſchwindigkeiten bis zu 17 Seemeilen wegen ihrer Größe vom reiſenden Publikum ſtetig mehr bevorzugt werden [4]. Ein modernes Verkehrsmittel ſind die Seeſchlepper, die als Schleppzüge mit 2—3 Seeleichtern die Oſtſee befahren und in Amerika einen Güterverkehr zwiſchen den Häfen der Union vermitteln. Vgl. die Tabelle S. 550 und [1].

Literatur: [1] Schwarz, T. und Halle, E. v., Die Schiffsbauinduſtrie in Deutſchland und im Auslande, Berlin 1902. —]2] Nauticus, Der Einfluß des Schiffbaus auf die Wirtſchaftlichkeit der Schiffahrtsbetriebe, Berlin 1902. — [3] Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1904, S. 1052. — [4] Nauticus, Der transatlantiſche Schnelldampferbetrieb und ſeine vorausſichtliche Weiterentwicklung.

T. Schwarz.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

	Größe	Maschinenleistung	Geschwindigkeit	
	Brit. Reg.-T.	in P S.	Seemeilen	
Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II." . . . . (Norddeutscher Lloyd, Bremen.)	20000	38000	24	
Fracht- u. Passagierdampfer „Großer Kurfürst" . . (Norddeutscher Lloyd, Bremen.)	13182	8250	16	
Fracht- u. Passagierdampfer „Graf Waldersee" . . (Hamburg-Amerikan. Paketfahrt-Aktiengesellschaft.)	13148	5000	13	
Fracht- u. Passagierdampfer „Moltke" und „Blücher" (Hamburg-Amerikan. Paketfahrt-Aktiengesellschaft.)	etwa 12600	9500	17	
Fracht- u. Passagierdampfer „Barbarossa" . . . . (Norddeutscher Lloyd, Bremen.)	10769	7000	14,5	
Erzdampfer	6000	2250	10	
Fracht- u. Passagierdampfer „Kronprinz" . . . . (Deutsch-Ostafrika-Linie, Hamburg.)	5645	3200	15	
Frachtdampfer . . . . (Ostasiatische Kompagnie, Kopenhagen.)	5000	2200	11	
Frachtdampfer „Tijuca" . (Hamburg-Südamerikan. Dampfschiffahrtsgesellsch., Hamburg.)	4801	2000	11	
Dampfjacht „Prinzessin Viktoria Luise" . . . . (Hamburg-Amerikan. Paketfahrt-Akiengesellschaft.)	4409	3600	16	
Tankdampfer „Aug. Korff" (Deutsch-Amerikan. Petroleumgesellschaft, Hamburg.)	4055	1650	10	

	Größe	Maschinenleistung	Geschwindigkeit	
	Brit. Reg.-T.	in PS.	Seemeilen	
Eisenbahnfähre Warnemünde-Gjedser	2382	2400	13,5	
Frachtdampfer „Bingen" . . (Dampfschiffsgesellschaft „Argo", Bremen.)	1221	600	10	
Passagierdampfer „Nixe" . . (Norddeutscher Lloyd, Bremen.)	843	1900	15	
Eisenbahnfähre Stralsund-Rügen	703	620	9,5	
Passagierdampf. „Prinz Sigismund" (Sartori & Berger, Kiel)	697	1400	15	
Ostseedampfer (Sprenger, Stettin)	677	400	9	
Bergungsdampfer, Schlepper u. Eisbrecher „Haidamak"	500	2000	13,5	
Gouvernem.-Dampfer „Kaiser Wilhelm II." (Ausw. Amt, Berlin)	495	450	12	
Dampfjacht „Lensahn" . . (S.K.H. d. Großherzog von Oldenb.)	420	1000	14,5	
Küstendampf. „Epe" u. „Oyo" (Woermann-Linie, Hamburg.)	326	220	8	
Wasserfahrzeug . . . . . (Kaiserliche Werft, Kiel.)	220	150	8	
Seeschlepper	175	500	11	
Zwei Seeleichter	320	—	—	
Fischdampfer	160	300	11	
Spritzendampfer . . . . . (Kaiserliche Werft, Kiel.)	20	50	7,5	

UNIVERSITÄTS-BIBLIOTHEK PADERBORN

Dampffarben, folche Druckfarben, die zu ihrer Fixierung und Entwicklung der Einwirkung des Dampfes bedürfen.

Dampffarben werden heute in der Zeugdruckerei mit Ausnahme von einigen wenigen Fällen (Aetzen von Küpenblau und Türkifchrot, Anilinoxydationsfchwarz, auf der Faſer erzeugte Azofarbſtoffe) faſt ausfchließlich angewendet. Die Dampffarben erhalten außer dem betreffenden Farbſtoff bezw. der Farbſäure eine oder mehrere Beizen, mit geeigneten Löfungsmitteln verfetzt; beim Dämpfen findet Lackbildung und Fixierung auf der Faſer ſtatt. — Alle Anilinfarbſtoffe, Alizarinfarben, Albuminfarben u. f. w. werden als Dampffarben aufgedruckt, und diefelben finden fowohl für Baumwolle als auch für Wolle, Seide und Halbſeide Anwendung. *Ad. Singer.*

Dampffaß, ſ. Spiritusfabrikation.

Dampffeuchter, Vorrichtung zum Feuchten, Matrifieren des endlofen Papiers in der Papiermafchine (ſ. Papierfabrikation).

Dampffeuerſpritze, ſ. Feuerfchutz und Feuerrettungswefen.

Dampfgarantien, ſ. Dampfverbrauchsziffer.

Dampfgraber, eine Straßenlokomotive, die an einer Seite oder hinten ein Syſtem von Grabgabeln befitzt, die bei der Fortbewegung der Mafchine in Tätigkeit treten und den Boden in ähnlicher Weife bearbeiten follen, wie es mit dem Spaten von Hand gefchieht.

Von folchen Apparaten find zu nennen der 1879 in England vorgeführte „Pedeſtrian“ von Darby und der 1886 erſtmals in Deutfchland in Arbeit gezeigte Dampfſpatpflug von Frank Proctor. — Auf der Weltausſtellung Paris 1900 war ein Apparat von Nuba Pafcha, Kairo, ausgeſtellt, bei dem zwei mit Zinken befetzte Scheiben am hinteren Ende der Lokomotive quer zur Bewegungsrichtung rotierten und das Erdreich dabei in Streifen zerlegen und teilweife umwenden ſollten. — Diefe Apparate haben für unſre Verhältniſſe keinen praktifchen Wert, weil ſie den größten Teil der verfügbaren Kraft zu ihrer eignen Fortbewegung verbrauchen, durch die breiten Räder das Erdreich, das ſie lockern ſollen, feſtdrücken und ungleiche Arbeit liefern fowie den Boden ungenügend umwerfen. Der hohe Preis im Verein mit der geringen Maximalleiſtung fchließen jeden Wettbewerb mit den Mafchinenpflügen (ſ. d.) aus. Ob die neuerdings von verfchiedenen Seiten aufgenommenen Verfuche, die Dampfmafchine durch Explofionsmotore zu erfetzen und dadurch die tote Laſt herabzufetzen, zu brauchbaren Refultaten führen werden, läßt ſich zurzeit noch nicht beurteilen. *Wrobel.*

Dampfgummi, gleichbedeutend mit Dextrin, befonders jener Sorte, die gelbliche, glafige Stücke vom Ausfehen des arabifchen Gummis bildet; ſ. Dextrinfabrikation. *Reinitzer.*

Dampfhämmer. Bei den zu den Parallel- oder Rahmenhämmern gehörigen Dampfhämmern (ſ. Hammer) wird der Hammerbär oder Fallblock durch Dampfdruck auf einen durch eine Kolbenſtange mit dem Bär verbundenen Kolben gehoben. Der Bär fällt entweder nur durch ſein Eigengewicht herab oder wird außerdem durch Dampfdruck nach abwärts gefchleudert. Wagerecht arbeitende Dampfhämmer (ſ. unten) ſind nur in geringer Anzahl zur Ausführung gelangt. Die Vorzüge der Dampfhämmer gegenüber den Hebel-(Aufwerf-) Hämmern (Bd. 1, S. 371) beſtehen darin, daß die Hammerbahn zur Amboßbahn unabhängig von der Stärke des Werkſtücks ſtets parallel iſt, und daß die Schlagſtärke beliebig geändert werden kann, entweder durch Veränderung der Hubhöhe oder durch Droſſelung des Abdampfes oder durch Gegendampf unter dem Kolben.



Fig. 1.

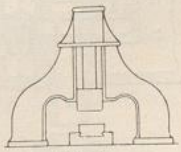


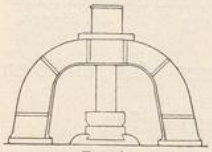
Fig. 2.

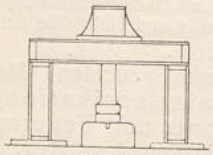
Die Dampfhämmer werden in ausgedehntem Maße in Hüttenwerken zum Schmieden der Luppen und Pakete, in Gußſtahlfabriken, Mafchinenfabriken, Eifenbahnwerkſtätten, Gewehrfabriken, Schmieden, Kupferfchmieden, Keſſelfchmieden u. f. w. verwendet. Ihrer verfchiedenen Verwendungsart entſprechend fchwankt das Fallgewicht bei kleinen Hämmern von 25 bis 1600 kg, bei großen von 1000 bis 15000 kg und mehr. Große Dampfhämmer werden heute vielfach durch Schmiedepreſſen (ſ. d.) verdrängt.

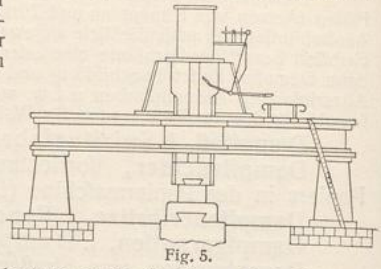
Die Dampfhämmer beſtehen aus dem Hammergerüſt, aus der Schabotte (ſ. d.) mit dem Amboß und Fundament, aus dem Hammerbär oder Fallblock und dem Dampfzylinder mit der Steuerung.

Das Hammergerüſt muß möglichſt kräftig und fchwer ausgebildet ſein, um vermöge ſeiner Maſſe die Stöße und Erfchütterungen gut aufnehmen zu können. Es dient zum Tragen des Dampfzylinders und zur Führung des Fallblocks. Für kleine Dampfhämmer bis etwa 800 kg Fallgewicht wählt man einen einzigen Ständer, für große Dampfhämmer einen Doppelſtänder; erſterer wird meiſtens als Hohlguß hergeſtellt, letzterer auch aus genieteten Blechträgern oder aus Säulen. In Fig. 1—8 ſind häufig vorkommende Gerüſtformen dargeſtellt. Fig. 1 iſt ein überhängender Ständer für kleine Dampfhämmer. Der Ständer iſt zuweilen durchbrochen, um lange Schmiedeſtücke von vorn hindurchführen zu können. Fig. 2 zeigt ein gabelförmiges Gerüſt. Es wird auch mit geraden Schenkeln ausgeführt und gleicht dann dem Geſtell einer

ſtehenden Dampfmaſchine. Die Hämmer Fig. 3—5 dienen zur Bearbeitung ſehr großer Schmiedeſtücke, zur Anfertigung von Rädern und Kupferarbeiten. Das bogenförmige Gerüſt Fig. 3 beſteht aus einzelnen zuſammengeſetzten Gußſtücken, das Gerüſt Fig. 4 iſt aus Blechen zuſammengenietet; bei dem Gerüſt Fig. 5 ruht ein genieteter Träger auf Säulen. Bei dem Hammer Fig. 6 gleitet der Hammerklotz zwiſchen ſchmiedeeiſernen Säulen; der Hammer dient beſonders zur Herſtellung von Gegenſtänden in


Fig. 3.


Fig. 4.


Fig. 5.

Matrizen. Der hängende Hammer Fig. 7 findet zur Bearbeitung großer Gefäße, z. B. in Kupferſchmieden, oder zum Schweißen von Keſſelröhren Verwendung. Mit dem Doppelhammer Fig. 8 kann ein Arbeitsſtück gleichzeitig an verſchiedenen Stellen bearbeitet werden. Beide Hämmer arbeiten voneinander unabhängig. Ebenſo werden auch drei und mehr Hämmer zuſammengeſetzt. Der Hammer Fig. 9 [1] dient zum Schweißen der Feuerzüge von Dampfkeſſeln.

Nach der Wirkungsweiſe des Dampfes unterſcheidet man einfach wirkende und doppelt wirkende Dampfhämmer. Bei den erſten fällt der Hammerbär durch ſein eignes Gewicht herab, bei letzteren wird die Fallwirkung durch Dampfdruck vermehrt. Erſtere arbeiten nur mit Unterdampf, letztere mit Unter- und Oberdampf. Der Ober-

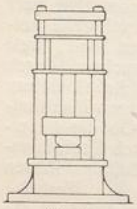
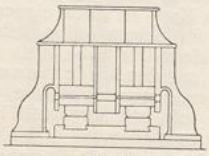
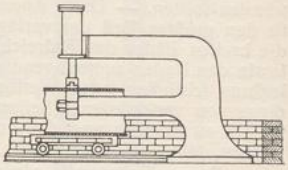

Fig. 6.


Fig. 7.


Fig. 8.


Fig. 9.

dampf tritt entweder von der unteren Kolbenſeite auf die obere über und kommt hier durch ſeine Expanſion zur Wirkung, oder es wird friſcher Dampf auf die obere Kolbenfläche geleitet. Hierbei wirkt der Unterdampf dauernd oder periodiſch wie bei doppeltwirkenden Dampfmaſchinen. Es ergibt ſich hiernach folgende Einteilung:

I. Einfach wirkende Dampfhämmer, die nur mit Unterdampf arbeiten;

II. Doppelt wirkende Dampfhämmer, die mit Unter- und Oberdampf arbeiten, und zwar 1. mit übertretendem Oberdampf, 2. mit friſchem Oberdampf und α) mit dauernd wirkendem Unterdampf, β) mit periodiſch wirkendem Unterdampf.

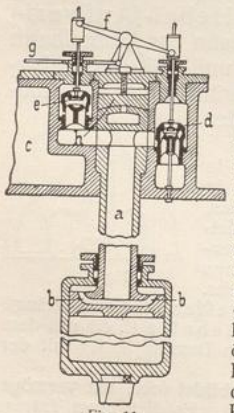


Fig. 11.

Zu **Gruppe I** gehören die Dampfhämmer von Naſmyth, Condie, Cavé und Morriſon.

Bei dem Naſmyth-Hammer (Fig. 10) [3] tritt der Dampf nach Oeffnung des Einlaßſchiebers *a* durch den Hebel *b* in die Ventilkammer. Das Einlaßventil *c* und das Auslaßventil *d* werden abwechſelnd durch den Doppelhebel *e* geſchloſſen oder geöffnet. Dieſer wird mit Hilfe des Geſtänges *f* entweder durch den Handhebel *g* oder durch einen am Hammerbär befindlichen Anſchlag bewegt. Bei geöffnetem Einlaßventil *c* tritt der Dampf durch den Kanal *h* unter den Kolben. Das über dem Kolben befindliche Luft- und Dampfgemiſch entweicht durch die Oeffnungen *k* in den Auspuffraum. Sobald der aufwärtsgehende Kolben die Oeffnungen *k* überſchritten hat, wird das Gemiſch über dem Kolben zuſammengepreßt und bildet ein elaſtiſches Widerlager. Bei Umſteuerung der Ventile tritt der Dampf aus dem Kanal *h* durch das Ventil *d* und den Austrittskanal *i* in den Auspuffraum. Damit der Kolben ſeine höchſte Stellung nicht überſchreitet, iſt ein Ventil *l* angeordnet, durch das dem Kolben aus dem Rohr *m* Friſchdampf entgegentritt, ſobald es von dem Kolben in die Höhe geſtoßen wird. Um den Schlag des

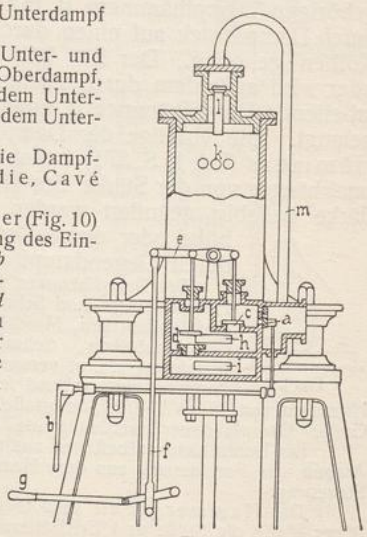


Fig. 10.

Hammers zu mildern, kann man dem Kolben, bevor er seinen Weg zurückgelegt hat, Frischdampf entgegentreten lassen. Der Nasmyth-Hammer ist vielfachen Aenderungen unterworfen worden; so ist an Stelle der Ventilsteuerung Schiebersteuerung getreten. Der Hammer führt starke oder schwache Schläge aus, je nachdem der Handhebel früher oder später ausgeschaltet wird. Er arbeitet mit voller Kraft, wenn der Hebel vom Arbeiter unberührt bleibt. Die Nachteile des Nasmyth-Hammers sind große Hubhöhe, daher langsames Arbeiten, langer Hammerbär und geringe Stabilität.

Der Condie-Hammer (Fig. 11)[3] ist die kinematische Umkehrung des Nasmyth-Hammers. Der Dampfzylinder bildet den Hammerbär. Die Kolbenstange und der Kolben sind fest mit dem Hammergestell verbunden. Durch die hohle Kolbenstange *a* und die Kanäle *b* tritt der Dampf über den Kolben und hebt den Zylinder. In dem gußeisernen Kasten *c* befindet sich das Einlaßventil *d* und das Auslaßventil *e*, die durch den Hebel *f* abwechselnd geöffnet und geschlossen werden. Die unter Federdruck stehende Zugstange *g* sucht das Einlaßventil stets zu öffnen. Die Umsteuerung erfolgt durch einen Anschlag selbsttätig oder von Hand. Die Kolbenstange ist kugelförmig gelagert, um eine geringe Bewegung der Kolbenstange zu ermöglichen und Brüche zu vermeiden. Das Hohlstück *h* wird durch eine Schraube gehalten und ist so stark gewählt, daß es zerbricht, wenn der Kompressionsdruck unter dem Kolben einen bestimmten Höchstwert erreicht. Der Condie-Hammer ist aus dem Bestreben entstanden, durch Verringerung der Hammerhöhe eine größere Stabilität zu erzielen. Seine Nachteile bestehen darin, daß der Zylinder sehr lang ausfällt, daß die Dichtung der Kolbenstange wegen ihrer Stärke schwierig ist, daß der Zylinder als Fallbär starken Stößen ausgesetzt ist und daß der Raum unter dem Hammer wegen der großen Ausdehnung des Zylinders und der tief herabreichenden Führungen beschränkt ist.

Fig. 12.

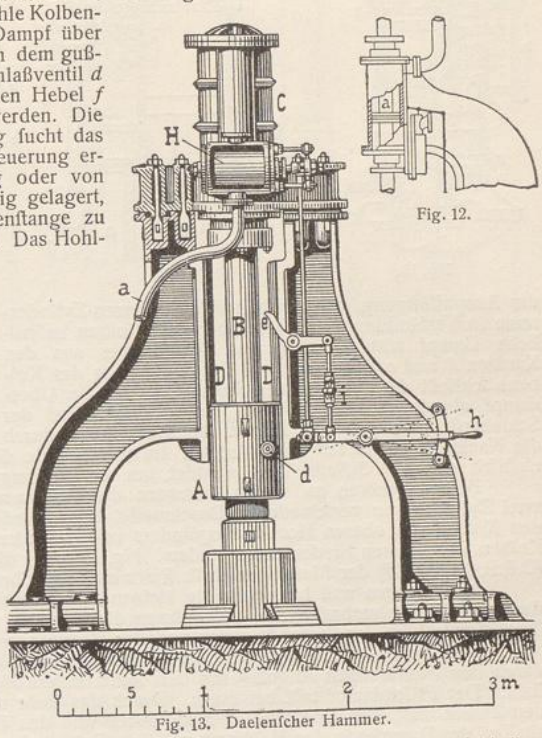


Fig. 13. Daelensicher Hammer.

Der Cavésche Hammer unterscheidet sich von dem Nasmyth-Hammer nur durch die Anordnung der Ventile und Ventilkammern. Es sind zwei getrennte Ventilkammern für Eintritt und Austritt vorhanden. In jeder wird durch einen gemeinsamen Hebel ein Doppelsitzventil geöffnet oder geschlossen.

Der Morrison-Dampfhammer (Fig. 12) hat eine sehr starke, durchgehende Kolbenstange *a*, so daß die Stopfbüchsen im oberen und unteren Zylinderdeckel dem Hammer hinreichende Führung geben. Dadurch wird eine Führung des Hammerbärs entbehrlich. Um den Hammer gegen Verdrehen zu sichern, erhält der obere Teil der Kolbenstange eine Abflachung. Die Vorzüge des Hammers sind geringe Höhe, daher große Stabilität, und wegen der fortfallenden Führungen ein freier Arbeitsraum unter dem Hammer; ein Nachteil ist die schlechte Abdichtung der Stopfbüchse wegen der abgeflachten Kolbenstange.

Zur **Gruppe II,** 1 gehören zunächst die Hämmer von Daelen und Türk. Bei ihnen wird der zum Heben des Hammers verwendete Dampf dadurch zur Vergrößerung der Fallwirkung verwendet, daß er auf die entgegengesetzte, um den Querschnitt der Kolbenstange größere Kolbenfläche trifft und infolge des dadurch hervorgerufenen Ueberdruckes den Kolben abwärts schleudert. Beide Hämmer haben eine sehr starke Kolbenstange. Die Steuerungsvorrichtung bei dem Daelen-Hammer (Fig. 13) besteht aus dem Wilson-Hahn (Fig. 14 und 15). Der Dampf tritt bei *a* in das Innere *b* des Hahns und von hier unter den Kolben. Der über dem Kolben befindliche Dampf entweicht bei *c*. Wenn der Steuerhebel *e* durch den Anschlag *d* bewegt wird, so wird der Hahn *H* (Fig. 13) in die Stellung der Fig. 14 gedreht, wodurch der unter dem Kolben befindliche Dampf abgesperrt wird. Durch die weitere Drehung des Hahnes in die Stellung nach Fig. 15 werden die Räume über und unter dem Kolben in Verbindung gebracht, so daß der Unterdampf in den oberen Zylinderraum strömt und hier expandiert. Die Steuerung erfolgt aus freier Hand oder selbsttätig. Der Hammer wird stillgesetzt, wenn der Hahn in seine mittlere Stellung Fig. 14

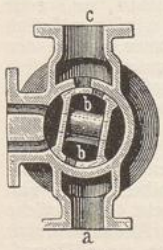


Fig. 15.

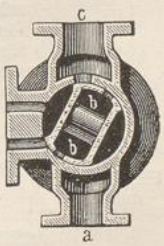


Fig. 14.

gebracht wird. Durch vorzeitige Oeffnung des Kanals läßt sich der Schlag durch Gegendampf mildern.

Beim Türk-Hammer (Fig. 16) [3] tritt der Dampf durch den Kanal *a* in den Zylinder unter den Kolben und durch den Kanal *b* in den Schieberkaſten. Beim Heben des Kolbens überdeckt der Schieber die Kanäle *c* und *d*, von denen der erſte mit

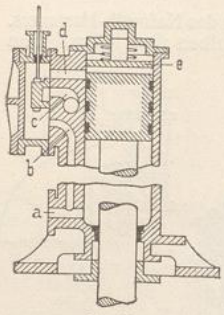


Fig. 16.

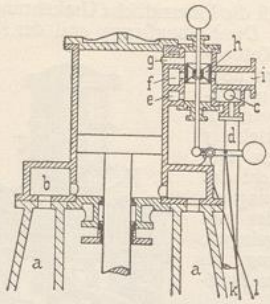


Fig. 18.

Fig. 20.

Fig. 19.

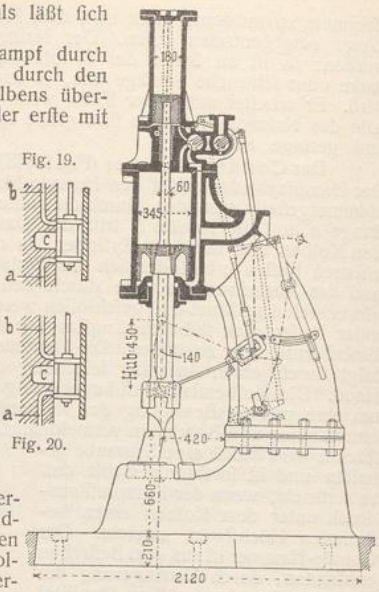


Fig. 17.

der Auspufföffnung, der zweite mit dem oberen Zylinderraum in Verbindung ſteht. Der über dem Kolben befindliche Dampf tritt während des Kolbenhubes aus den Kanälen *d* und *c* aus. Kurz vor der Endſtellung des Kolbens ſchließt der Schieber den Kanal *d*, ſo daß der Oberdampf abgeſperrt wird und als Puffer dient. Bei der Schieberſtellung nach Fig. 16 tritt der Unterdampf durch die Kanäle *b* und *d* auf die Oberſeite. Im oberen Teile des Zylinders iſt eine durch eine Feder elaſtiſch gelagerte Scheibe *e* angeordnet, um die Wirkung des Dampfkiſſens zu verſtärken.

Ferner gehören zu dieſen Hämmern die Verbunddampfhämmer. Bei ihnen ſind zwei Zylinder von verſchiedenem Durchmeſſer übereinander angeordnet. Der Dampf tritt unter den Kolben des oberen Hochdruckzylinders und, nachdem er den Bär gehoben hat, über den Kolben des unteren Niederdruckzylinders. Fig. 17 zeigt die Konſtruktion eines Verbundhammers (D.R.P. Nr. 50712) der Maſchinenfabrik Reinecker, Chemnitz [4].

Alle neueren und beſonders die kleinen Dampfhämmer arbeiten mit friſchem Oberdampf. Wenig verbreitet ſind unter ihnen die Hämmer mit dauernd wirkendem Unterdampf. Zu dieſen gehört der Farcot-Hammer und der Hammer von Türk.

Der Farcot-Hammer (Fig. 18) [3] beſitzt ein hohles, mit Dampf gefülltes Gerüſt *a*, das durch den ringförmigen Anguß *b* mit dem Raum unterhalb des Kolbens dauernd in Verbindung ſteht. Der Friſchdampf tritt bei *c* ein. Durch das Rohr *d* und ein Druckausgleichventil, das den Zweck hat, den Dampfzufluß zum Geſtell und den Druck in demſelben zu regeln, wird ein Teil des Dampfes in den Hohlraum geleitet. Beim Aufgang des Kolbens ſchließt der Schieber *h* den Kanal *e*, und der Dampf über dem Kolben tritt durch die Kanäle *g* und *f* zur Ausſtrömöffnung *i*. Bei der höchſten Kolbenſtellung wird der Schieber durch das Geſtänge *k*, *l* umgeſteuert, ſo daß Dampf über den Kolben treten kann. Der unter dem Kolben zuſammengepreßte Dampf tritt durch das Ausgleichventil und das Rohr *d* in den oberen Zylinder. — Während beim Farcot-Hammer der Schlag durch den verſchieden ſtarken Dampfdruck hervorgebracht wird, iſt beim Türkſchen Hammer der Dampf auf beiden Seiten des Kolbens gleich geſpannt. Wegen der ſtarken Kolbenſtange übertrifft der auf dem Kolben ruhende Druck den unteren. Nur der obere Kanal wird abwechſelnd geöffnet und geſchloſſen. Der Unterdampf wird beim Fall des Hammers in den Schieberkaſten zurückgepreßt, der Oberdampf puffit aus.

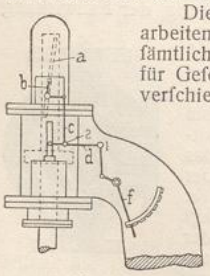


Fig. 21.

Die Hämmer mit Oberdampf und periodiſchem Unterdampf arbeiten in derſelben Weiſe wie doppelt wirkende Dampfmaſchinen, und zwar ſämtlich mit Handſteuerung und ſelbſttätiger Steuerung. Erſtere wird gewöhnlich für Geſenkarbeit, letztere für Streckarbeit verwendet. Die Hämmer ſind in den verſchiedenſten Konſtruktionen zur Ausführung gekommen. Sie unterſcheiden ſich im weſentlichen durch die Steuerung. Die Art der Dampfverteilung geht aus Fig. 19 und 20 hervor. Wenn ſich der Schieber nach oben bewegt, geht der Kolben herunter. In Fig. 19 ſteht der Schieber in ſeiner oberſten Stellung, der Dampf ſtrömt durch den Kanal *a* unter den Kolben und hebt dieſen, der Dampf über dem Kolben tritt durch den Kanal *b* in die Ausſtrömöffnung *c*. In der höchſten Stellung des Kolbens wird umgeſteuert und der Schieber in die Lage Fig. 20 gebracht. Der friſche Dampf tritt durch den Kanal *b* über den Kolben, der Abdampf durch Kanal *a* zum Auspuff. Der Schieber hat gegenüber einer Dampfmaſchinenſteuerung eine andre, und zwar eine geringere Ueberdeckung, alſo größere Eröffnung für den Oberdampf. Die Kolbenſtangen dieſer Hämmer ſind ſehr ſtark gehalten, da ſie im Gegenſatz zu den nur auf Zug beanſpruchten Kolbenſtangen älterer Hämmer auch zur Druckübertragung dienen. Der Bär iſt verhältnismäßig klein. Beim Sellerſchen

Dampfhammer (Fig. 21) dient eine in der Verlängerung der Kolbenſtange angeordnete, ſpitzwinklig zur Kolbenſtange verlaufende Nut *a* zur Steuerung. Bei der Bewegung des Hammers wird der Hebel *b* durch einen in der Nut gleitenden Anſatz nach rechts und links gedreht und dadurch mit Hilfe der Stange *c* und der im Drehpunkt 1 ſich drehenden Stange *d* die Schieberſtange hin und her bewegt. Durch den Handhebel *f* läßt ſich der Drehpunkt 1 verſtellen. In der höchſten Lage des Hebels

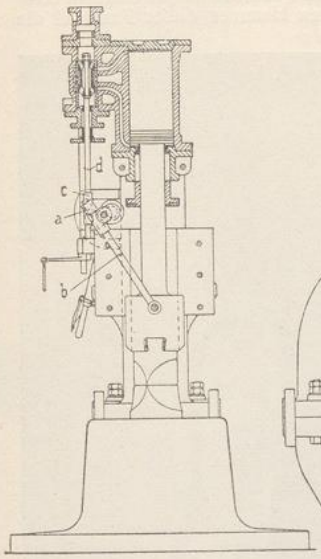


Fig. 25.

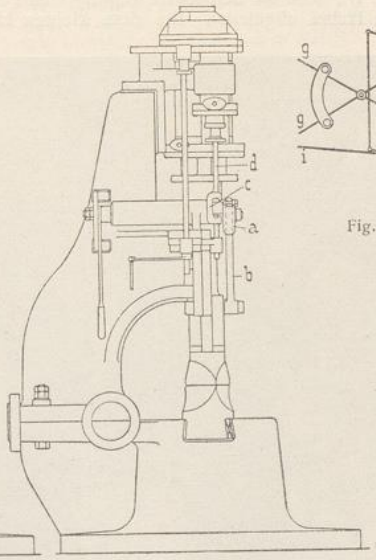


Fig. 26.

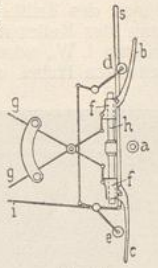


Fig. 22.

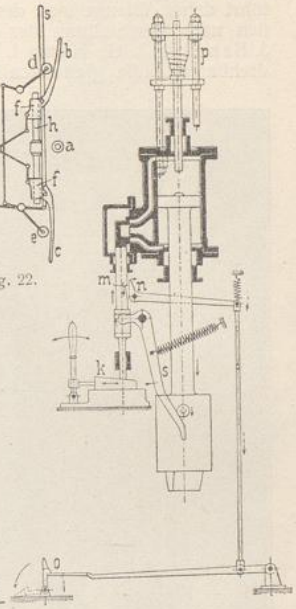


Fig. 23.

beginnt die Einſtrömdauer für den Oberdampf frühzeitig, für den Unterdampf ſpät oder gar nicht, in der tiefſten Lage umgekehrt. Im erſten Falle ſind die Schläge ſtark, im zweiten ſchwach. Soll von Hand geſteuert werden, ſo wird der Handhebel *f* bewegt; die Stange *d* ſchwingt dann um den Drehpunkt 2, der nunmehr feſt iſt, da der Hebel *b* wegen der Nut *a* in der Kolbenſtange an ſeitlicher Bewegung gehindert iſt. — Die Steuerung des Dampfhammers von Naylor, dem erſten Konſtrukteur dieſer Hämmer, zeigt Fig. 22. Bei der ſelbſttätigen Steuerung ſchlägt die am Hammerbär befeſtigte Rolle *a* beim Auf- und Abgehen des Bärs gegen die Hebel *b* und *c*. Wenn der Hebel *b* die Rolle *d* nach links drückt, hebt ſich durch Hebelverbindung die Schieberſtange *s*; wird die Rolle *e* nach links gedrückt, ſo ſenkt ſich der Schieber. Die Hebel *b* und *c* ſind in Hülſen *f* gelagert, die ſich durch die Hebel *g g* an der Stange *h* verſtellen laſſen, wodurch der Hub des Hammers geregelt werden kann. Zur Steuerung von Hand dient der Handhebel *i*. — Beim Ringhoffer-Dampfhammer wird die Steuerungsbewegung vom Hammerbär durch einen Gelenkhebel abgeleitet. — Bei dem Univerſaldampfhammer von Henckels [2] (Fig. 23) wird, ähnlich wie beim Naylor-Hammer, die Bewegung des Bärs dadurch auf den Schieber übertragen, daß eine Rolle an einem unter Federdruck ſtehenden Hebel *s* entlang gleitet, von deſſen Form, ſoweit die Rolle den Hebel berührt, die Steuerung

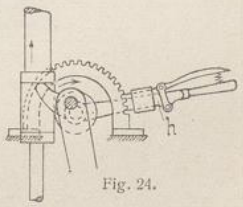


Fig. 24.

abhängig iſt. Die ſtarke, wie ein Dampfkolben wirkende Schieberſtange hat das Beſtreben, den Schieber ſtets nach unten zu bewegen; beim Niedergang des Bären wird der Schieber nach oben gedrückt. Wird durch einen Keil *k* die Schieberbewegung nach unten begrenzt, ſo daß nur wenig Dampf von oben eintreten kann, ſo ſpielt der Hammerbär auf und ab, ohne das Werkſtück zu treffen. Je weiter der Keil zurückgezogen wird, um ſo mehr Dampf tritt ein und um ſo kräftiger wird der Hammerſchlag. Bei ganz zurückgezogenem Keil kommt der Dampf voll zur Wirkung. Um zu verhüten, daß der Kolben gegen den Deckel ſchlägt, bevor er Oberdampf erhalten hat, was beim Inbetriebſetzen des Hammers vorkommen kann, da der Schieber ſich bei längerem Stehen feſtſetzt, hat der Zylinder eine Pufferfeder *p* erhalten, die den Stoß abfängt. Der Schlepphebel *s* verläuft an ſeinem unteren Ende parallel zur Kolbenſtange. Dadurch wird erreicht, daß auch in den tieferen Stellungen des Bärs der Schieber unabhängig von der Stärke des Werkſtückes in ſeiner Lage bleibt. Die Achſe des Schlepphebels *s* iſt exzentriſch gelagert (Fig. 24). Durch Drehen des Steuerhebels *h* wird die Achſe und der Schieber gehoben und ſo die Einſtrömung für den Unter- oder Oberdampf dem jeweiligen Zweck angepaßt. Der Hebel *h* dient auch zum Anwärmen der Maſchine. — Um einzelne Schläge ausführen zu können, hat die Schieberſtange eine Einkerbung *m* erhalten, in die ſich eine unter Federdruck ſtehende Klinke *n* einlegen kann, die gewöhnlich durch den Haken *o* zurückgehalten wird. Sobald dieſer

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zurückgelegt wird, greift die Klinke in die Einkerbung *m* ein und hält den Schieber in der oberen Lage feſt, wodurch der Kolben von untenher Dampf erhält. Wird die Klinke ausgerückt, ſo gleitet der Schieber nach unten, und der Kolben führt den Schlag aus. Der Schieber wird hierdurch wieder umgeſteuert, ſo daß der Kolben Unterdampf erhält und ſofort wieder nach oben bewegt wird. Durch die Klinke wird er dann in ſeiner Lage feſtgehalten. Der Hammer führt daher, ſolange man den Tritthebel niedergedrückt hat, einzelne Schläge aus, deren Stärke ſich nach der Stellung des Keiles *k* richtet. — Bei den Dampfhämmern der Maſchinenfabrik J. Banning A.-G., Hamm i. W., wird die Schieberbewegung vom Fallblock durch einen in einer drehbaren Muffe gleitenden Hebel abgeleitet. Bei dem kleinen Hammer dieſer Firma iſt die

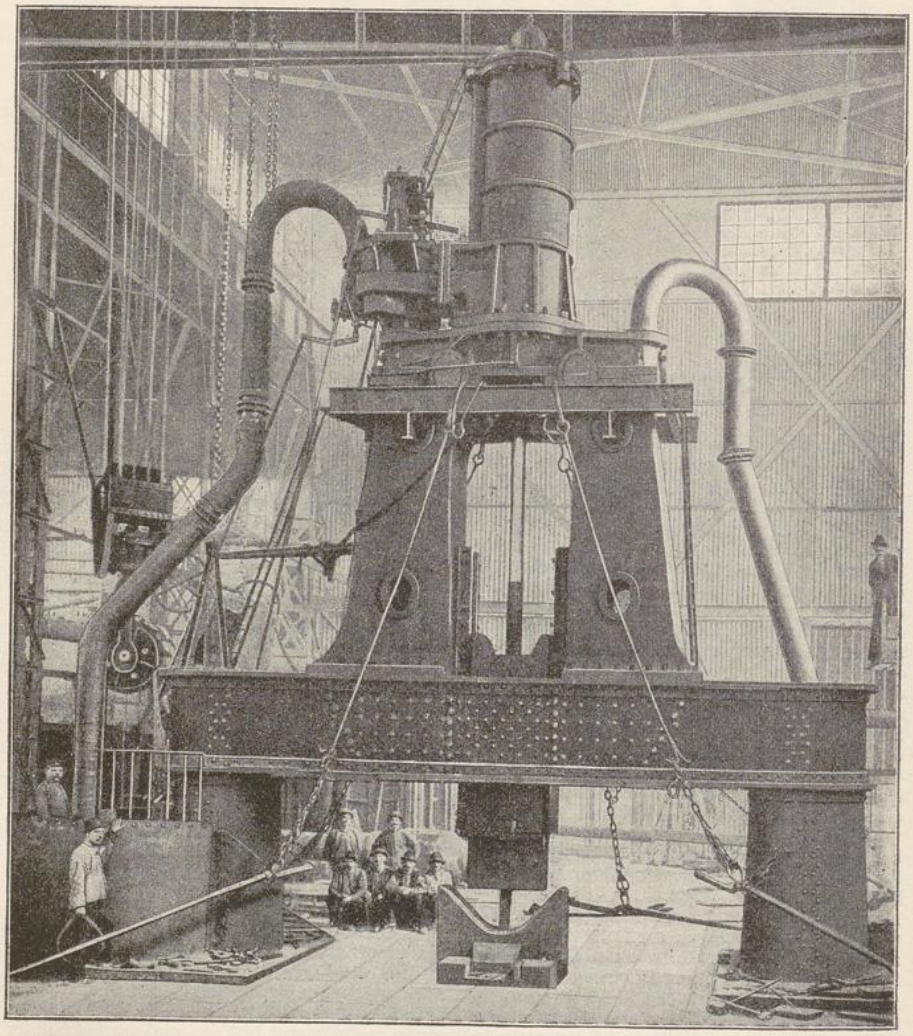


Fig. 27. Dampfhammer von 15000 kg Fallgewicht, ausgeführt von J. Banning, A.-G., Hamm i. W., für das Borſigwerk, Oberſchleſien.

Schabotte mit dem Hammergerüſt aus einem Stück gegoſſen. Beim größeren Hammer ruht die Schabotte auf einem beſonderen Fundament. Der Kolben, die Kolbenſtange und der Bär ſind aus einem Stück hergeſtellt, ſo daß der untere Zylinderdeckel und die Stopfbüchſe zweiteilig gebaut werden müſſen. Die Steuerung des Hammers, wie Fig. 25 und 26 zeigen, erfolgt mittels einer ſchwingenden Hülſe *a*, in der eine am Bär angelenkte Stange *b* gleitet. An dieſer Hülſe ſitzt ein Daumen, der in eine Ausſparung *c* der Schieberſtange *d* eingreift und ſie nach oben drückt. Nach unten wird die Schieberſtange durch eine Feder bewegt. Nach Ausſchaltung der Selbſtſteuerung kann mit Handſteuerung gearbeitet werden. Der große Dampfhammer derſelben Firma (Fig. 27) von 15000 kg Fallgewicht hat Ventilſteuerung und kann mit und ohne Oberdampf arbeiten. — Bei den Dampfhämmern Fig. 28 und 29 von G. Brinkmann & Co., Witten a. d. Ruhr,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ist an den Bär die Steuerstange *a* angelenkt, die in der um den Zapfen *b* schwingenden Hülse *c* gleitet. Die Hülse ist durch die Stange *d* mit dem doppelarmigen Hebel *e* verbunden, der die Stange *f* des Röhrenschiebers bewegt. Am Bolzen *g* des Hebels *e* greift der einarmige Hebel *h* an, der mit der Welle *i* ein Stück bildet. An der andern Seite des Hammers trägt die Welle *i* den Hebel *k*, der durch den Handhebel *l* bewegt wird. Durch den Hebel *k*

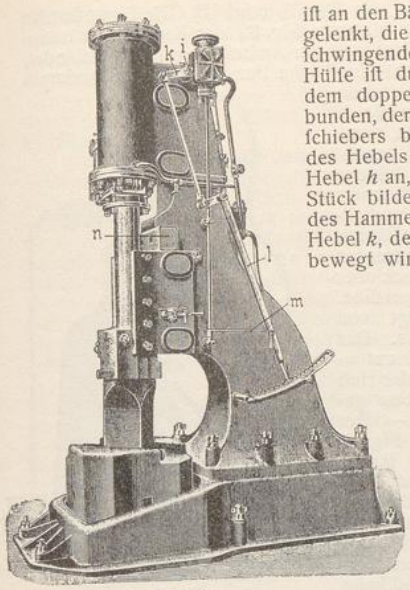


Fig. 29.



Fig. 31.

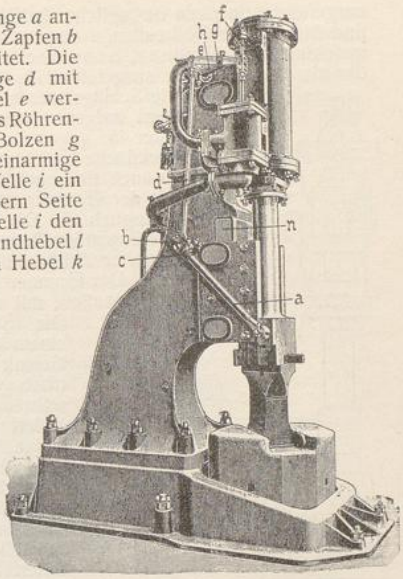


Fig. 28.

kann daher der Drehpunkt des Hebels *e* gehoben und gesenkt und dadurch die Schlagstärke geregelt werden. Durch den Hebel *l* lassen sich Einzelschläge ausführen. In der höchsten Lage des Drehpunktes wird der Bär in seiner höchsten Stellung gehalten. Durch die Handkurbel *m* wird das Dampfeinlaßventil bewegt. Der Hub des Bärs ist oben durch einen Prellklotz *n* begrenzt. — Fig. 30 zeigt einen Brinkmann-Hammer von 500 kg Fallgewicht mit seinem Unterbau. Die Schabotte und der Hammer haben getrenntes Fundament. Elastische Holzplatten übertragen den Stoß auf dasselbe. Das Hammergestell besteht aus Hohlguß, der Dampfeintritt erfolgt durch das Rohr *a*, der Austritt durch *b*. Zur Steuerung dient ein entlasteter Kolbenschieber; *c* sind Schächte im Fundament, von denen aus sich die Fundamentschrauben und die Verankerung untersuchen lassen. — Von derselben Firma werden auch Dampfhämmer

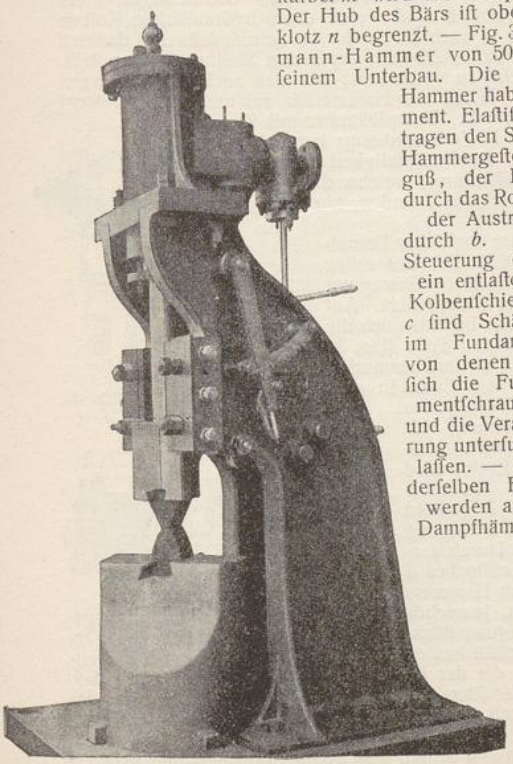


Fig. 32.

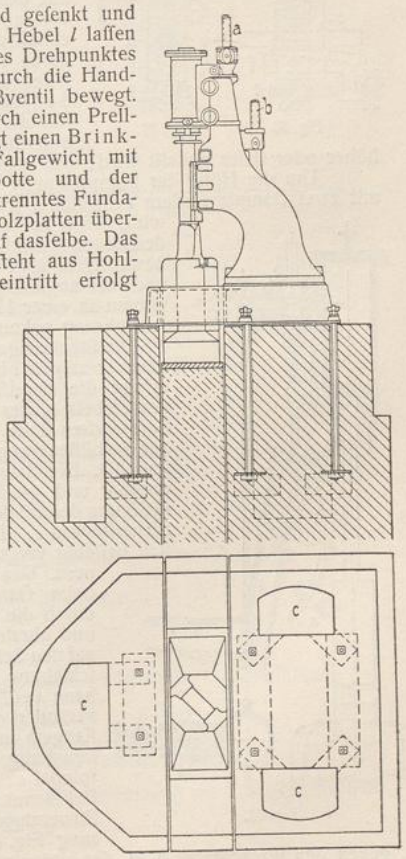
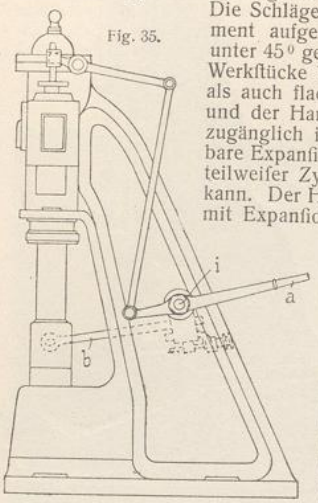


Fig. 30.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ausgeführt, die ohne bewegliche Zwiſchenteile arbeiten, wie Fig. 31 zeigt [2]. Die Dampfkanäle ſind hier in der Kolbenſtange angeordnet. — Bei dem Hammer Fig. 32 der Kalker Werkzeugmaſchinenfabrik Breuer, Schumacher & Co. A.-G., Kalk, iſt der Amboß vom Hammerſtänder, der als Doppelſtänder ausgebildet iſt, getrennt und geht durch die Fundamentplatte hindurch.

Fig. 35.



Die Schläge werden von einem Holzfundament aufgenommen. Der Hammerbär iſt unter 45° gegen die Führung geneigt, damit Werkſtücke beliebiger Länge ſowohl gereckt als auch flach geſchmiedet werden können und der Hammer von zwei Seiten bequem zugänglich iſt. Die Hämmer haben verſtellbare Expanſionsſteuerung, ſo daß der Bär mit teilweiſer Zylinderfüllung gehoben werden kann. Der Hammer fällt mit Volldruck oder mit Expanſion, mit und ohne Kompreſſion.

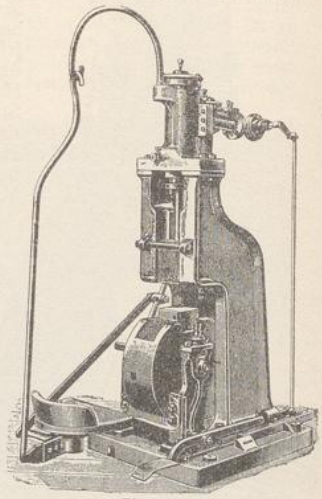


Fig. 33.

Die Steuerung erfolgt von einem Gelenkhebel aus. Das Gelenk des Hebels iſt exzentriſch gelagert, ſo daß der Hub während des Betriebes geändert werden kann. — Der kleine Dampfhammer Fig. 33 der Maſchinenfabrik Fritz Hürxthal, Remſcheid, hat eine drehbare Schabotte und einen am Zylinder hängenden beweglichen Sitz für den Arbeiter. Der Schmied hat hierbei beide Hände frei und kann mit dem linken Fuß den Sitz vor- und rückwärts ſchieben, mit dem rechten Fuß das Dampfeinlaßventil und damit die Anzahl der Schläge und die Schlagſtärke regeln. Die Schabotte kann auch feſt geſtellt und als feſter Amboß benutzt werden. — Der Hammer der Firma Schwarzkopff (Fig. 34) arbeitet mit 400—800 Schlägen in der Minute. Der Amboß *a* iſt durch einen hydrauliſchen Kolben unterſtützt, der je nach der Stärke des Schmiedeſtückes dadurch höher oder tiefer geſtellt wird, daß man den Tauchkolben *c* durch den Stellhebel *d* verſtellt.

Fig. 36.

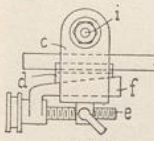
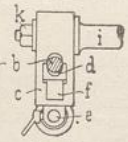


Fig. 37.



Um die Höhe der Dampfhämmer möglichſt zu verringern, hat man auch Dampfhämmer mit zwei Dampfzylindern ausgeführt, zwiſchen denen der Hammerbär auf und nieder bewegt wird. Man hat auch verſucht, Dampfhämmer mit Kondenſatoren auszuführen. Dieſe Anordnung hat ſich gut bewährt, iſt aber wegen der Koſtſpieligkeit der Anlage und der ungünſtigen Aufſtellung, welche die Kondenſatoren in einer Hammerſchmiede finden, nur ſelten zur Ausführung gekommen.

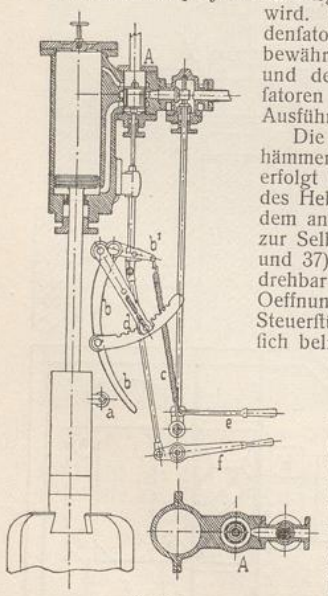


Fig. 38.

Die Steuerungen zweier engliſcher Dampfhämmer zeigen Fig. 35—38. Bei der erſten erfolgt die Handſteuerung durch Bewegung des Hebels *a*, der auf der Welle *i* ſitzt. Auf dem andern Ende der Welle befinden ſich die zur Selbſtſteuerung dienenden Teile (Fig. 36 und 37). Die Stange *b* [5] iſt im Hammerbär drehbar und greift mit dem Ende in eine Oeffnung des auf der Achſe *i* ſitzenden Steuerſtückes *c*. Die Oeffnung läßt ſich beliebig vergrößern und verkleinern. Das Steuerſtück *c* wird beim Gang des Hammers durch die Stange *b* gedreht und überträgt die Bewegung auf den Schieber. Durch Verſchiebung des Keilſtückes *d* kann der Hub des Hammers verändert werden, je nachdem der Spielraum für die Steuerungsſtange *b* im Steuerungsſtück *c* kleiner oder größer iſt. Die Verſchiebung des Keilſtückes erfolgt durch Drehung der Schraubenſpindel *e*, durch die der Keil *f* vor- oder zurückgezogen wird. Bei Benutzung der Handſteuerung wird die Schraube *k*, die das Steuerungsſtück mit der Welle *i* verbindet, gelöſt. Bei der Steuerung Fig. 38 [6] ſtößt beim Aufgang des Kolbens die Rolle *a* gegen den Winkelhebel *b*, *b*¹, der hinten zwiſchen den beiden Seitenwänden des Gerüſtes gelagert iſt und mit dem Verteilungsſchieber in Verbindung ſteht. Dieſer wird daher gehoben, der Dampf-

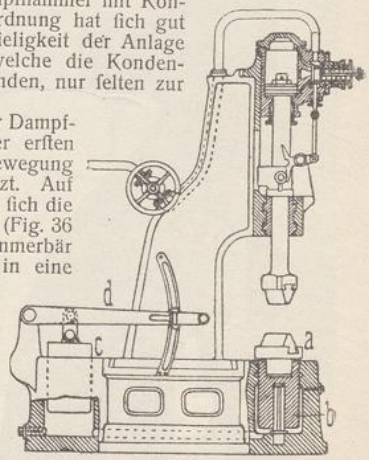


Fig. 34.

raum unter dem Kolben mit dem Abzugsrohr in Verbindung gefetzt und in den Raum über dem Dampfkolben Frifchdampf geleitet. Sobald die Rolle *a* den Steuerungshebel verläßt, kehrt diefer durch die Spiralfeder *c* in feine frühere Stellung zurück. Dadurch, daß man die Stellung des Steuerungshebels *b*, b^1 mit Hilfe des Stellarmes *d* verändert, wird die Hubhöhe des Hammers verringert oder vergrößert. Wird der Winkelhebel ganz zurückgezogen, fo läßt fich der Hammer durch den Handgriff *f* fteuern. Der Abfperrfchieber wird durch den Hebel *e* mit Hilfe einer Zugftange verftellt.

Bei den **wagerecht arbeitenden Hämmern** werden zwei gleichfchwere auf Rollen oder Schienen gleitende Hammerbären durch Dampfdruck gegeneinander bewegt. In der Mitte zwifchen ihnen befindet fich das Werkftück, das gleichzeitig von beiden Seiten den Schlag erhalten muß. Um dies zu erreichen, werden die Steuerungen der beiden Zylinder und die Hammerbewegungen voneinander abhängig gemacht. Dies gefchieht bei einem liegenden Dampfhammer von Ramsbottom durch eine unter dem Hammer angeordnete Spindel mit fteilem Rechts- und Linksgewinde, auf der fich eine an jedem Bär befeftigte Mutter verfchiebt. Da beide Gewinde gleiche Steigung haben, fo find auch die Wege der Hammerbären einander gleich. — Bei einem andern wagerecht arbeitenden Dampfhammer von Ramsbottom werden beide Hammerbären durch Gelenkftangen, die vom Kopfe der Kolbenftange eines in der Mitte unter ihnen fenkrecht aufgeftellten Dampfzylinders ausgehen, gleichmäßig bewegt.

Die Vorzüge der wagerechten Hämmer liegen in dem Fortfall der Schabotte und der fchweren Fundamentierung, da die auftretenden Stöße fich gegenfeitig aufheben, ferner in der geringen Raumbeanfpruchung und dem freien Arbeitsraume, die Nachteile darin, daß die Werkftücke nur fchwer gleichzeitig von beiden Hammerbären getroffen werden, und in der Schwierigkeit, die Stopfbüchfen der ftarken, auf Druck beanfpruchten Kolbenftangen dicht zu machen.

Ueber Fundamentierung von Dampfhämmern f. Schabotte.

Arbeitsverhältniffe und Berechnung von Dampfhämmern. Mit wachfendem Fallgewicht wächft auch die Hubhöhe und nimmt die Hubzahl ab. Folgende Tabelle [7] gibt ungefähr das Verhältnis von Fallgewicht zu Fallhöhe und Hubzahl an:

Fallgewicht in kg	Fallhöhe in mm	Hubzahl in 1 Minute	Fallgewicht in kg	Fallhöhe in mm	Hubzahl in 1 Minute
50	150	500	500	800	180
75	200	500	600	800	170
100	320	400	750	870	150
150	340	375	1000	910	100
200	400	350	2000	1210	80
250	470	300	3000	1520	60
300	550	250	4000	1680	50
400	630	200			

Die Hubzahl fteigt bei kleinen Hämmern fogar bis auf 800.

A. Ledebur gibt folgende Tabelle:

Anwendung der Dampfhämmer	Fallgewicht kg	Hubhöhe mm	Schlagzahl pro Minute
In Schmiedewerkftätten, für kleine Gegenftände . .	50—500	150—600	200—400
für größere Gegenftände .	500—1000	600—1000	100—200
In Puddelwerken zum Verdichten der Luppen . .	1500—2500	1000—1500	80—100
In Eifenwalzwerken zum Schweißen und Verdichten für mittlere Gegenftände	2500—5000	1250—1800	80—100
für größere Gegenftände (Brammenhämmer) .	5000—10000	1500—2400	60—80
In Beffemerwerken und Gußftahlfabriken für mittlere Gegenftände .	10000—20000	2000—3000	60—80
für größere Blöcke . . .	20000—50000	3000—3200	60

Die Hubhöhe H beträgt etwa $H = 0{,}025\sqrt{G}$, wenn G das Fallgewicht ift. — Nach Kick verhalten fich zur Erzielung ähnlicher Formänderungen an ähnlichen Körpern aus demfelben Metall die Schlagarbeiten wie die Rauminhalte der Körper.

Berechnung nach v. Hauer (nach „Hütte“).

Bezeichnet allgemein

G das Fallgewicht des Hammers mit Kolben und Kolbenftangen in Kilogramm,
H die Hubhöhe des Hammers in Metern,
H_1 die Hubhöhe, bei der die Umfteuerung erfolgt, in Metern,
R den Reibungswiderftand in Kilogramm,
d den Kolbendurchmeffer in Metern,
F die ganze Kolbenfläche in Quadratmetern,
rF die Kolbenfläche nach Abzug des Kolbenftangenquerfchnittes, in Quadratmetern,
$A = 10000$ kg/qm den Druck von 1 Atmofphäre,
p die abfolute Spannung des einftrömenden Dampfes in Atmofphären,
p' die abfolute Spannung des abftrömenden Dampfes in Atmofphären,
e den Expanfionsgrad des Unterdampfes (= Hubhöhe : Volldruckhöhe),
$e' = \dfrac{H - H_1 + z}{z}$ den Kompreffionsgrad, worin z die Entfernung der höchften Kolbenftellung vom oberen Zylinderdeckel in Metern,

$$\beta = \frac{1 + \log n\, e}{e} \text{ und } \beta' = \frac{e' \log n\, e'}{e' - 1}.$$

Für	$e = 1{,}25$	1,5	1,75	2
ift	$\beta = 0{,}979$;	0,937;	0,891;	0,847.
Für	$e' = 3$	4	5	6
ift	$\beta' = 1{,}648$;	1,848;	2,012;	2,150,

fo ift für:

a) Hämmer mit Expanfion.

α) Hämmer ohne Oberdampf und Prellung.

$$F > \frac{G+R}{A\,[r\,(\beta p-1)+1-p']}; \qquad H_1 = H\,\frac{G+R+AF\,(p'-1)\,(1-r)}{AFr\,(\beta p-p')}.$$

Für $r = 0{,}97$, $p' = 1{,}1$ und $R = 0{,}08\,G$ wird:

$$F > \frac{G}{8981\,[\beta p-1{,}103]}; \qquad H_1 = H\,\frac{G+27{,}8\,F}{8981\,F\,(\beta p-1{,}1)}.$$

β) Hämmer ohne Oberdampf, mit Prellung.

$$F > \frac{G+R}{A\,[r\,(\beta p-1)+1-p']} \qquad H_1 = H\,\frac{G+R-AF\,(rp'+1-r-\beta' p')}{AF\,[r\,(\beta p-p')+p'\,(\beta'-1)]}.$$

Für $r = 0{,}96$, $p' = 1{,}1$ und $R = 0{,}08\,G$ ift:

$$F > \frac{G}{8888\,(\beta p-1{,}104)}; \qquad H_1 = H\,\frac{G+10185\,F\,(\beta'-0{,}996)}{10185\,F\,(0{,}873\,\beta p+\beta'-1{,}96)}.$$

γ) Hämmer mit Oberdampf und Expanfion des Unterdampfs.

$$F > \frac{G+R}{A\,[r\,(\beta p-1)+1-p']}; \qquad H_1 = H\,\frac{G+R+AF\,(p-rp'+r-1)}{AF\,[r\,(\beta p-p')+p-p']}.$$

Für $p' = 1{,}1$ und $R = 0{,}08\,G$ wird:

$$F > \frac{G}{9259\,[r\,(\beta p-1)-0{,}1]}; \qquad H_1 = H\,\frac{G+9259\,F\,[p-0{,}1\,r-1)}{9259\,F\,[r\,(\beta p-1{,}1)+p-1{,}1]}.$$

δ) Hämmer mit expandierendem Oberdampf (nach Daelen).

$$F = \frac{1}{A}\,\frac{(G+R)\,H}{H_1\,(rp-1)+H\,(2-p'-r)-M\log n\,c},$$

worin $c = \dfrac{H-H_1\,(1-r)}{rH}$ und $M = H_1\,(rp-p')+Hp'$ ift.

H_1 ift um fo kleiner gegen H zu wählen, je größer die Anzahl und Stärke der Schläge werden foll.

Für $p' = 1{,}1$ und $R = 0{,}08\,G$ ift:

$$F = \frac{GH}{9259\,H_1\,(rp-1)+H\,(0{,}9-r)-M\log n\,c}.$$

b) Hämmer ohne Expanfion.

Für diefe Hämmer gelten die vorftehenden allgemeinen Formeln, wenn $e = 1$, alfo auch $\beta = 1$ gefetzt wird.

Die Berechnung nach Grashof ift in [8] nachzufehen.

Der Durchmeffer der Kolbenftange beträgt für Dampfhämmer mit dicker Kolbenftange $^1/_2$—$^5/_8\,d$, für Dampfhämmer mit dünner Kolbenftange:

bei einem Hube von	zum Schmieden von Eifen	zum Schmieden von Stahl
weniger als 1 m	$^1/_{12}$—$^1/_{10}\,d$	$^1/_{10}$—$^1/_8\,d$
1—2 m	$^1/_{10}$—$^1/_8\,d$	$^1/_8$—$^1/_6\,d$
mehr als 2 m .	$^1/_8$—$^1/_6\,d$	$^1/_6$—$^1/_5\,d$;

bei Anwendung von frifchem Oberdampf nehme man den Durchmeffer der Kolbenftange etwa 25 % ftärker.

Literatur: Weisbach-Herrmann, Ingen.- u. Mafchinenmechanik, 3. Teil, Braunfchweig 1888; v. Hauer, Die Hüttenwefensmafchinen, Wien 1867; Redtenbacher, Refultate f. d. Mafchinenbau, 6. Aufl. (v. Grashof), Heidelberg 1875; Killer, O., Riedler, A., und Seeburg, L., Dampfhämmer, Graz 1871; Ledebur, Mechanifche Technologie, Braunfchweig 1905; Beckert, Th., Leitfaden der Eifenhüttenkunde, Berlin 1885; Bulletin Technologique, Paris, Janvier 1888; Codron, C., Procédés de Forgeage, Paris 1898. — [1] Maffey, B. u. S., Manchefter, Katalog Dampfhämmer. — [2] Haedicke, Die Technologie des Eifens, Leipzig 1900. — [3] Ihering, A. v., Mechanifche Technologie, Leipzig 1904. — [4] Specht, K., Die Maffenfabrikation im Mafchinenbau, Berlin 1893. — [5] Zeitfchr. f. Werkzeugmafchinen und Werkzeuge 1897—98, S. 70. — [6] Ebend., 1896—97, S. 204. — [7] v. Hoyer, Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes, Wiesbaden 1897. — [8] Uhland, W. H., Handbuch für den praktifchen Mafchinenkonftrukteur, Berlin. — Ferner Zeitfchr. des Vereins deutfcher Ingen. 1877, S. 229; 1896, S. 544; 1890, S. 1386; 1891, S. 880; 1902, S. 384; Zeitfchr. f. Werkzeugmafchinen und Werkzeuge 1896—97, S. 22, 52 und 188; 1897—98, S. 369; 1901—02, S. 458; 1902—03, S. 69; 1903—04, S. 229. Von Patenten über Dampfhämmer find folgende zu nennen: D.R.P. Nr. 54155 (Expanfionsfchieber, während des Ganges einftellbar), D.R.P. Nr. 91183 (Verbunddampfhammer), Nr. 97225 (Uebergang von Handfteuerung zur Selbftfteuerung durch Drehen eines Handfchiebers), Nr. 147207 (Dampfhammerfchieber zur Verminderung ftarker Kompreffion unter dem herabgehenden Kolben).

Dalchow.

Dampfhafpel (Dampffördermafchine), f. Schachtförderung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dampfheizung, ſ. Heizung geſchloſſener Räume.

Dampfheizung auf Schiffen hat ſich auf Paſſagierdampfern und Kriegsſchiffen in neuerer Zeit allgemein eingebürgert. Sie bietet nicht allein eine Annehmlichkeit für den Bordbewohner, ſondern iſt auch für die Erhaltung der Maſchinen und Schiffskeſſel zweckmäßig. Die Dampfheizung beſteht aus kupfernen Dampfrohren, die den Heizdampf von den Schiffskeſſeln oder vom Hilfskeſſel zu den Heizkörpern leiten, und einer Kondenswaſſerleitung, die das Kondenswaſſer zu den Kondenstöpfen und der Ziſterne führen. Von der Ziſterne wird das Kondenswaſſer wieder den Keſſelſpeiſepumpen zugeführt. Die Heizkörper beſtehen aus gezogenen kupfernen Schlangenrohren. Die Dampfheizung arbeitet mit einer Dampfſpannung bis zu 2 Atmoſphären, reguliert durch ein Druckreduzierventil. Die Größe der Heizkörper richtet ſich außer nach der Größe der Räume im beſonderen danach, ob dieſelben an der Außenhaut liegen und mit Holz oder Kork iſoliert ſind. Sie ſind ſo bemeſſen, daß man bei ſtrengem Winter eine Wärme von 10—15° C. erreichen kann. Im Maſchinen- und Heizraum genügt eine Temperatur von 5° C.

Literatur: Dick, C., und Kretſchmer, O., Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1902; Klamroth, Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. *T. Schwarz.*

Dampfholzſchliff (brauner Holzſchliff), eine namentlich zur Herſtellung von braunem Packpapier, dem ſogenannten Leder- oder Lignitpapier, verwendete, aus zerfaſertem, gedämpftem Holze beſtehende Maſſe.

Sie wird in der Weiſe hergeſtellt, daß man aus mittels Kreisſägen kleingemachtem Holz durch Dämpfen unter einem Druck von 4—6 Atmoſphären in 8—14 Stunden in einem (gewöhnlich ſtehenden) Keſſel und durch darauffolgendes Kochen das Lignin vollkommen löſt und entfernt und demzufolge mittels des nun folgenden Zerfaſerns des Holzes weiche, biegſame, leicht verfilzbare, längere Holzfaſern erhält, die für ſich ohne Beimengung von Hadernzeug zur Herſtellung eines Papieres geeignet ſind. Da ſich in den Kochern auch Ameiſenſäure bildet, müſſen dieſe im Innern mit einem gewöhnlich aus Kupfer beſtehenden Ueberzuge verſehen werden. Die Konſtruktion der Kocher iſt überhaupt der wichtigſte und ſchwierigſte Teil des Betriebes, da die Anwendung des gegen chemiſche Einflüſſe widerſtandsfähigeren Gußeiſens wegen der hohen Innenſpannung nur unter beſonderen Sicherheitsmaßregeln zuläſſig iſt. Als Rohmaterial wird Fichten- und Kiefernholz verwendet, das in vielen Fällen zuerſt gedämpft, dann zu Würfeln zerſchnitten, in Kollermühlen zerkleinert und endlich im Raffineur verfeinert wird. Je nachdem die Zeit des Dämpfens geändert wird, zeigt auch der Stoff verſchiedene Nuancen von Braun. S. a. Holzzeug.

Literatur: Dropiſch, B., Holzſtoff und Holzcelluloſe, 1877, S. 67; Hoyer, E. v., Die Fabrikation des Papiers, Braunſchweig 1887, S. 181; Schubert, Die Holzſtoff- oder Holzſchliff-fabrikation, 1898, S. 86. *Maxim. Kraft.*

Dampfindikator (Dampfmeſſer, Spannungsmeſſer), ſ. Indikator.

Dampfjacke, ſ. v. w. Dampfmantel (ſ. d.).

Dampfkalomel, ſ. Queckſilber.

Dampfkeſſel dienen zur Erzeugung von Betriebs- oder Heizdampf. Je nach der Bauart unterſcheidet man liegende und ſtehende Keſſel; die letzteren finden nur für Spezialzwecke und kleinere Heizflächen Verwendung. Nach der Art ihrer Aufſtellung zerfallen ſie in ortsfeſte Keſſel, von denen die einzelnen Syſteme hier beſchrieben werden und in bewegliche Keſſel als Lokomobil-, Lokomotiv-, Dampfſtraßenwalzen- und Schiffskeſſel, die in beſonderen Artikeln behandelt werden ſollen.

Waſſer- und Dampfraum. Jeder Keſſel beſitzt zwei durch den Waſſerſpiegel getrennte Räume, den Waſſer- und den Dampfraum, deren Größe ſich jeweils nach der Beſtimmung des Keſſels richtet. Der im Keſſel befindliche Waſſerinhalt ermöglicht einen Ausgleich der unvermeidlichen Schwankungen; je größer dieſer Inhalt, um ſo kleiner die Schwankungen in der Dampfſpannung, je größer aber auch die Zeit zum Anheizen des Keſſels. Die Größe der verdampfenden Oberfläche iſt auf die Beſchaffenheit des Dampfes, ob trocken oder naß, von Einfluß: je größer der Waſſerſpiegel, deſto trockener der Dampf. Als Speiſeraum wird der abwechſelnd mit Waſſer und Dampf gefüllte Keſſelraum zwiſchen dem höchſten und tiefſten Waſſerſtande bezeichnet. Sein Inhalt, der von der Oberfläche des Waſſers abhängig iſt, wirkt ausgleichend ſowohl auf die Dampfentnahme als auf die Speiſung. Keſſel mit großem Waſſer- und Speiſeraum eignen ſich daher für Betriebe, in denen plötzlich große Mengen Dampf benötigt werden, beſſer als ſolche, bei denen dieſe Räume klein ſind. Im Dampfraume wird der Dampf von etwa mitgeriſſenem Waſſer befreit; erhält der Keſſel einen Dampfdom (ſ. d.) oder Dampfſammler, ſo wird der Dampf dieſem als höchſt gelegenen Punkte entnommen.

Feuerung. Als feſte Brennſtoffe kommen für Dampfkeſſelfeuerungen vornehmlich die Steinkohlen in Betracht. Braunkohlen und Torf finden hierfür mehr örtliche Verwendung, gleichwie die Holzabfälle und Späne in Sägereien und die Lohe in Gerbereien; Koks wird ſelten unter Dampfkeſſeln verbrannt. Von den flüſſigen Brennſtoffen werden Rohpetroleum ſowie die Rückſtände von der Brennöl- und Schmieröldeſtillation verwendet. Die Verwendung beſchränkt ſich indeſſen der Transportkoſten und der Zölle wegen nur auf Gegenden in der Nähe des Fundortes. Dampfkeſſel mit Gasfeuerung kommen auf Hüttenwerken vor; ſoweit es ſich um Krafterzeugung handelt, werden aber in neuerer Zeit die aus Hochöfen oder Koksöfen entweichenden Gaſe direkt und mit ungleich größerer thermiſcher Ausbeute in Gasmotoren verbrannt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die feſten Brennſtoffe gelangen auf einem Roſte zur Verbrennung. Derſelbe beſteht in der Regel aus einer Anzahl nebeneinander gelegter Stäbe, zwiſchen denen die Verbrennungsluft durch die Roſtſpalten zutritt. Der meiſtverbreitete iſt der horizontal oder wenig nach hinten geneigt liegende Planroſt (ſ. Fig. 3, 6, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19 und 22). Große Planroſte, bei denen die gleichmäßige Aufgabe des Brennſtoffes über die ganze Roſtfläche ſchwierig iſt, werden durch mechaniſche Vorrichtungen beſchickt, bezw. werden die Roſtſtäbe wie beim Kettenroſt aus vielen Gliedern gebildet, die als breites Band über zwei ſich langſam drehende und mechaniſch angetriebene Rollen gelegt ſind, auf denen der Brennſtoff außen aufgegeben, allmählich nach innen transportiert und verbrannt wird. Bei der Schrägroſtfeuerung, wie ſie die Tenbrink-Feuerung und die Kuhnſchen Keſſel (Fig. 4) beſitzen, werden die Kohlen von außen durch einen Fülltrichter aufgegeben und gleiten bei der Verbrennung langſam auf den Roſtſtäben nach unten. Der Vorzug dieſes Roſtes beſteht darin, daß die von unten aufſteigenden glühenden Verbrennungsgaſe den friſchen Brennſtoff anwärmen und die hierbei frei werdenden Kohlenwaſſerſtoffgaſe mit geringem Luftüberſchuß faſt vollſtändig verbrennen, wodurch neben Rauchverminderung eine hohe Ausnutzung des Brennſtoffes erzielt wird. Der Schrägroſt iſt leicht zu bedienen; bei forciertem Feuer und ſtark ſchlackender Kohle iſt aber darauf zu achten, daß die Roſtſtäbe in ihrem unteren Teil nicht verbrennen. Der Treppenroſt findet Verwendung bei der Verbrennung von Braunkohlen, Sägeſpänen, Lohe, Steinkohlengrus und des bei der Kohlenwäſche abfallenden naſſen Schlammes. Der Roſt iſt unter einem Neigungswinkel von ca. 30° eingebaut, die Roſtſpalten ſind wagerecht angeordnet, um das Durchfallen des Brennſtoffes zu verhindern. Der Brennſtoff wird meiſtens durch Fülltrichter aufgegeben, bei Sägeſpäne- und Lohefeuerung erhält der Trichter einen als Speiſeorgan dienenden Haſpel, den Füllhaſpel. Eine Abart des Treppenroſtes iſt der ſpeziell für die Verbrennung der oberbayriſchen Klarkohle eingerichtete Münchner Stufenroſt. Minderwertige, grieſige oder auch ſehr ſchlackenreiche Kohlen können gemahlen und unter Dampfkeſſeln in den ſogenannten Kohlenſtaubfeuerungen mit Vorteil verbrannt werden. Der Kohlenſtaub wird mit Luft vermiſcht in den vorher durch ein Holzfeuer hoch erhitzten Verbrennungsraum mittels beſonderer Vorrichtungen eingeblaſen. Die Verbrennung erfolgt ſehr vollkommen unter geringem Luftüberſchuß, der Staub muß aber fein gemahlen und ſehr trocken ſein. Je nachdem der Roſt ſich vor, unter oder im Keſſel befindet, bezeichnet man die Feuerung als Vor-, Unter- oder Innenfeuerung. (S. a. Brennſtoffe und Feuerungsanlagen.)

Heizfläche und Wärmeübertragung. Die auf dem Roſte bei der Verbrennung entſtehende Wärme wird an das Keſſelwaſſer durch Vermittlung der Heizfläche übertragen. Die Heizfläche iſt derjenige Teil des Keſſelmantels oder der Keſſelrohre, der auf der einen Seite der Oberfläche vom Keſſelwaſſer beſpült und auf der andern Seite von den Heizgaſen beſtrichen wird. Von der Größe dieſer Heizfläche hängt unter ſonſt gleichen Umſtänden die Verdampfungsfähigkeit des Keſſels in erſter Linie ab. Man unterſcheidet direkte oder indirekte Heizfläche, je nachdem die Keſſelfläche vom Feuer ſelbſt oder nur von den Heizgaſen berührt wird. Die Wärmeaufnahme erfolgt durch Strahlung vom Feuer, durch Leitung bei der Berührung mit den Heizgaſen und durch Rückſtrahlung vom heißen Mauerwerk aus; die Wärmeabgabe findet ſtatt durch Berührung der Wandungen mit Waſſer oder Dampf. Hinſichtlich der Bewegungsrichtungen der Heizgaſe einerſeits und des Keſſelwaſſers anderſeits kann der Wärmeübergang ſich im Parallel-, Gegen- oder Querſtrom vollziehen. Beim Parallelſtrom haben Heizgaſe und Waſſer die gleiche Richtung, beim Gegenſtrom ſind ſie einander entgegengeſetzt, und beim Querſtrom treffen die Gaſe die Heizflächen ſenkrecht. Der Wärmeübergang iſt bei Gegen- und Querſtrom größer als bei Parallelſtrom; man ſucht daher die Heizgaſe möglichſt nach der erſteren Art zu führen, wenn nicht — wie bei Waſſerrohrkeſſeln — andre Gründe dagegen ſprechen. Die Zugführung geſtaltet ſich durch die Einmauerung meiſtens ſo, daß an einem Keſſel alle drei Richtungen vorkommen. Die Keſſel mit gemeinſchaftlichem Waſſer- und Dampfraum liefern geſättigten, mehr oder weniger naſſen Dampf. Zur Erzeugung von überhitztem Dampf, wie ſolcher mit Vorteil in Dampfmaſchinen oder für beſtimmte Heiz- und Trockenvorrichtungen zur Anwendung kommt, werden beſondere Ueberhitzer in direkter Verbindung mit dem Keſſel in die Feuerzüge eingebaut. Dieſelben beſtehen in der Hauptſache aus Rohrſchlangen, in denen der aus dem Keſſel kommende geſättigte oder noch geringe Mengen Waſſer mit ſich führende Dampf getrocknet und überhitzt wird. (S. a. Ueberhitzer.)

Vorwärmer (ſ. d.), in denen das Speiſewaſſer vor ſeinem Eintritt in den Keſſel erwärmt wird und die durch die Abgaſe geheizt werden, erweiſen ſich bei vielen Keſſelanlagen als ſehr vorteilhaft. Dieſelben werden in den letzten Zug oder in eine Erweiterung des Fuchſes gelegt; ſie ſind meiſtens aus einer größeren Anzahl Rohren von Schmiede- oder Gußeiſen, ſeltener Kupfer, zuſammengeſetzt, durch die das Speiſewaſſer langſam fließt, während ſie von außen von den abziehenden Gaſen beheizt werden.

Keſſelſyſteme. Eine Keſſelanlage muß den örtlichen Verhältniſſen ſowohl hinſichtlich des zur Verfügung ſtehenden Baugrundes als der Eigenſchaften des Brennmaterials und des Speiſewaſſers angepaßt werden; maßgebend für die Wahl des Keſſels bezw. des Syſtems ſind neben der rationellen Ausnutzung des Brennſtoffes, bequemen inneren und äußeren Reinigung und einfachen Bedienung eine für die in Ausſicht genommene Dampfſpannung große Betriebsſicherheit gewährende und wenig Reparatur erfordernde Konſtruktion. Bei den im Maſchinenbetrieb verwendeten Keſſeln kommen in Anwendung: Walzenkeſſel (Bouilleur- oder Siederohrkeſſel), Flammrohrkeſſel, Rauch- und Waſſerröhrenkeſſel.

Der **Walzenkeſſel** oder Wattſche Keſſel (Fig. 1) iſt ein einfacher Zylinderkeſſel mit Unterfeuerung und einfachem Feuerzug. Derſelbe iſt nur für ſehr kleine Keſſelanlagen verwendbar; die Heizfläche und Heizgasausnutzung iſt zu gering, letztere beſonders dann, wenn die Gaſe, ſtatt in Schlangenlinien geführt zu werden, glatt unter dem Keſſel durchziehen. Ein Haupt-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nachteil dieſer Keſſel iſt, daß ſich Keſſelſtein und Schlamm vornehmlich im vorderen über dem Roſt liegenden Teil anſammeln, weil infolge der ſtarken Verdampfung über der Feuerplatte dort fortwährend Waſſer aus dem hinteren Teil nachſtrömt, wodurch der Schlamm nach vorn geſchleppt wird. Dieſer Keſſel wird, wie auch der aus einem Walzenkeſſel und zwei oder mehreren Siedern zuſammengeſetzte Bouilleurkeſſel (ſ. d.), jetzt kaum mehr ausgeführt. — Dagegen findet der mehrfache Walzenkeſſel als Batterie- oder Etagenkeſſel (ſ. d.) noch vielfach Anwendung. Derſelbe gibt trotz des umfangreichen Keſſelgemäuers bei Kammereinmauerung mit ſchlangenförmiger Führung der Heizgaſe eine Ausnutzung des Heizwertes der Kohle bis zu 68%, er iſt verhältnismäßig billig in der Herſtellung, leicht zu reinigen und verwendbar für hohe Dampfſpannungen bei minderwertigem Brennſtoff.

Einen beſſeren Wirkungsgrad haben die **Flammrohrkeſſel,** die engliſchen Urſprungs ſind, woher auch die Bezeichnung Cornwallkeſſel für den Einflammrohrkeſſel und Lancaſhirekeſſel für den Zweiflammrohrkeſſel ſtammen. Der Flammrohrkeſſel bildet namentlich im Vergleich zum Walzenkeſſel trotz ſeiner Kompliziertheit und Koſtſpieligkeit das meiſtverbreitete Keſſelſyſtem. Infolge kleineren Waſſerraums läßt er ſich leichter anheizen und entwickelt raſcher Dampf. Die auf den Quadratmeter Heizfläche entwickelte Dampfmenge iſt infolge der Innenfeuerung und des geringeren Mauerwerks größer als beim Walzenkeſſel; auch wird die Einmauerung weit einfacher. — Bei der Konſtruktion der Flammrohrkeſſel muß auf die verſchiedenartige Ausdehnung der einzelnen Keſſelteile beſonders Rückſicht genommen werden, da namentlich die Flammrohre weſentlich höheren Heizgastemperaturen ausgeſetzt ſind als der Keſſelmantel und dieſer ſelbſt noch bei mehrfachen Feuerzügen verſchieden ſtark erwärmt wird. Die ungleiche Erwärmung hat hauptſächlich bei glatten Flammrohren und gewölbten Keſſelböden leicht Undichtwerden der Nietnähte zur Folge. Zur Verhütung dieſes Uebelſtandes empfiehlt es ſich, das Flammrohr vor dem Einnieten und während desſelben etwas anzuwärmen, weil hierdurch der nachteilige Einfluß der höheren Erwärmung der Flammrohre im Betrieb von den Nietverbindungen teilweiſe ferngehalten werden kann.

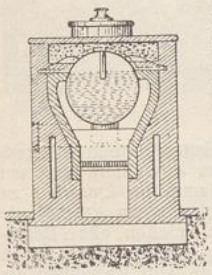


Fig. 1.

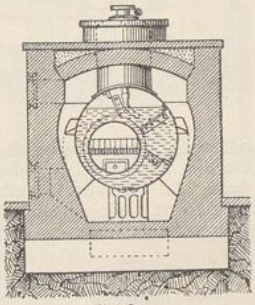


Fig. 2.

Beim Einflammrohrkeſſel legt man häufig das Flammrohr aus der vertikalen Mittellinie ſeitlich gegen den Keſſelmantel (Fig. 2). Man gewinnt hierdurch an Raum zum Befahren des Keſſels und eine beſſere Waſſerzirkulation, da das Waſſer an der engeren Stelle ſtärker erwärmt wird als an der entgegengeſetzten Seite. Die Führung der Feuergaſe wird verſchieden gewählt: gewöhnlich ſtreichen ſie durch die Flammrohre, teilen ſich nach beiden Teilen des Keſſelmantels und ziehen am unteren Teile des Keſſelmantels nach dem Schornſtein. Es iſt dieſe Heizgasführung zweckmäßiger als jene, bei der die Heizgaſe aus den Flammröhren erſt an einer Seite des Keſſels vorbeiziehen und dann an der andern zum Schornſtein. Als empfindliche Schattenſeite der Flammrohrkeſſel wird die Beanſpruchung der Flammrohre auf äußeren Druck betrachtet. Die einzelnen Flammrohrſchüſſe werden daher ſtets durch Winkelringe oder Umbörtelung der Ränder verſteift. Eine ſehr wirkſame Verſteifung glatter Flammrohre läßt ſich durch die ſogenannten Gallowayſtutzen (vgl. a. Gallowaydampfkeſſel), die als koniſche Röhren in die Flammröhren quer eingeſetzt und mit dieſen vernietet werden, erzielen (Fig. 3).

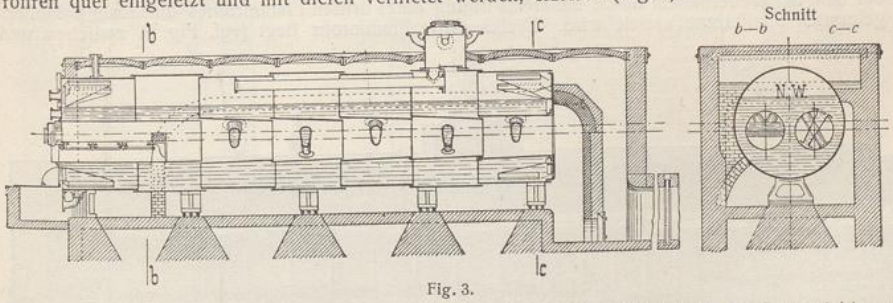


Fig. 3.

Größeren Widerſtand gegen äußeren Druck und größere Elaſtizität in der Längsrichtung als die glatten Flammrohre bieten die Wellrohre, die für größere Flammrohrkeſſelanlagen allgemein üblich geworden ſind. Die Widerſtandsfähigkeit der Wellrohre auf äußeren Druck iſt ungefähr gleich derjenigen der glatten, auf inneren Druck beanſpruchten zu ſetzen. Durch die Wellrohre und die Querſtutzen wird eine Vergrößerung der direkten Heizfläche ſowie eine beſſere Ausnutzung der Heizgaſe inſofern erreicht, als letztere beim Durchſtreichen der Flammrohre in Wirbelung geraten bezw. der Kern der Heizgaſe durch die Querſtutzen ebenſo ausgenutzt wird als der am Flammrohrmantel vorbeiſtreichende Teil.

Zur Verminderung von Rauch und zu beſſerer Ausnutzung des Brennmaterials werden von G. Kuhn G. m. b. H. in Stuttgart-Berg Flammrohrkeſſel mit Schrägroſtfeuerung gebaut.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Flammrohr dieſer Keſſel (Fig. 4) hat an ſeinem vorderen Ende einen erweiterten Schuß, in den das als Feuerbrücke dienende liegende Querrohr eingenietet iſt. Die Verbrennungstemperatur iſt am unteren Ende des Roſtes am größten, die hocherhitzten Feuergaſe ſtrömen über die durch einen Fülltrichter aufgegebenen Kohlen nach rückwärts und wärmen dieſelben an, wobei die entſtehenden Deſtillationsprodukte von der aufſteigenden Flamme entzündet und teilweiſe

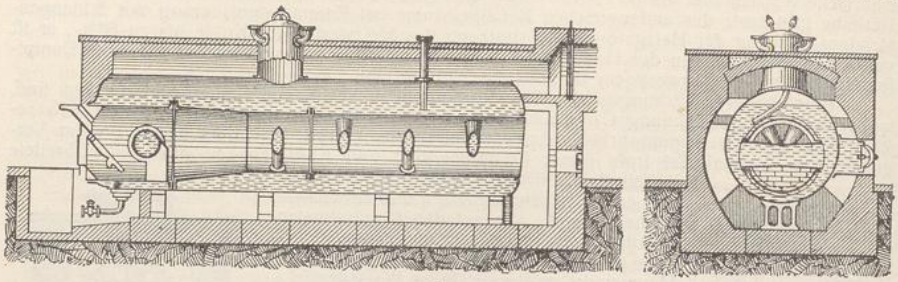


Fig 4.

oder ganz verbrannt werden. Das geſchweißte Querrohr iſt nach beiden Seiten koniſch erweitert, um den raſchen Abzug der ſich hier reichlich bildenden Dampfblaſen zu erleichtern und um durch das lebhafte Nachſtrömen von Waſſer die Ablagerung von Schlamm im Querrohr zu verhindern. Die Ausnutzung des Brennſtoffes beträgt bei dieſen Keſſeln, wenn gute Kohle verfeuert wird, bis zu 80 % des Heizwertes und darüber. Sie können indeſſen ohne Beeinträchtigung der guten Verbrennung nur mäßig forciert werden, auch muß mit Rückſicht auf das leichte Feſtbrennen von Keſſelſtein im Querrohr das Speiſewaſſer gut gereinigt ſein. Denſelben Zweck wie der Kuhnſche Keſſel verfolgen die Tenbrink-Keſſel (ſ. d.).

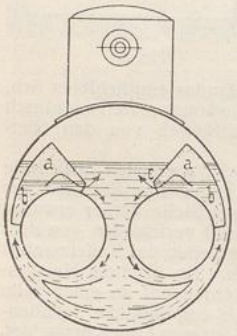


Fig. 5.

Der bekanntlich nur geringe Waſſerumlauf im Zweiflammrohrkeſſel wird zuweilen durch Einſetzen beſonderer Vorrichtungen zu verbeſſern geſucht. Eine derartige Vorrichtung iſt die Waſſerumlaufkappe nach Patent Voigt. Wie aus Fig. 5 erſichtlich, ſind über den beiden Flammrohren zwei nach oben geſchloſſene Kappen *a* angebracht. Der unter dieſen ſich entwickelnde Dampf drückt den Waſſerſpiegel bis an die Mündungsunterkante bei *c* herab und entweicht durch die außen überſtehende Waſſermenge nach dem Dampfraum. Das ſchnelle Abſtrömen von Dampf und Waſſer an dieſer Stelle bewirkt ein lebhaftes Nachſtrömen der unteren kalten Waſſermengen, die, durch die unterhalb der Flammrohre eingebauten Zungen und die Scheidewände *b* geführt, in rotierende Bewegung geraten und ſtetig um die Flammrohre kreiſen. Durch dieſen zwangläufigen Waſſerumlauf ſoll das Anbrennen von Keſſelſtein an den heißen Blechen vermieden und die Verdampfung geſteigert werden.

Um die Temperaturen im Keſſelwaſſer möglichſt raſch und vollſtändig auszugleichen, baut die Firma H. Pauckſch, A.-G. in Landsberg a. W., einen Dreiflammrohrkeſſel D.R.P., bei dem der Waſſerumlauf durch die Heizwirkung eines dritten Flammrohres und einer beſonders geformten Speiſerinne erzielt wird. Dieſes dritte Flammrohr liegt (vgl. Fig. 6) zwiſchen und

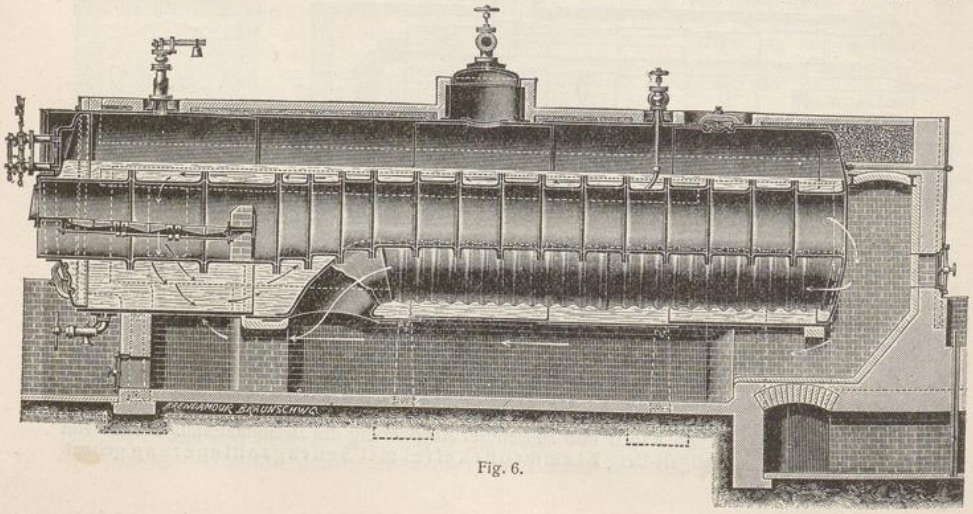


Fig. 6.

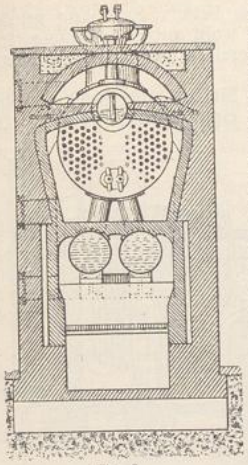


Fig. 8.

unter den beiden äußeren durchgehenden Flammrohren, in denen die Roſte eingebaut ſind; es iſt, wie dieſe, in den hinteren Boden eingenietet und mündet auf etwa ein Drittel der Keſſellänge vom andern Boden entfernt in einem Krümmer unten am Keſſelmantel aus. Die aus den beiden eigentlichen Flammrohren kommenden Gaſe werden dem dritten Flammrohr entweder ganz oder nur teilweiſe zugeführt, zu welchem Zweck im Unterzug eine Regulierklappe angeordnet iſt. Oberhalb der Flammrohre iſt eine an beiden Enden geſchloſſene Speiſerinne ſo eingebaut, daß deren Ränder faſt bis an den Waſſerſpiegel heranreichen. Das Speiſewaſſer tritt am hinteren Ende in die Rinne ein und gelangt in dieſer vorgewärmt durch ihre nach unten gekehrte Mündung in den vorderen Teil des Keſſels. Der Auftrieb der über dem dritten Rohr aufſteigenden Dampfblaſen und das in der Nähe des Krümmers niederſinkende Speiſewaſſer bewirken einen lebhaften Waſſerumlauf in der Längsrichtung des Keſſels. Da die ganze Waſſermaſſe hierdurch ziemlich raſch und annähernd überall gleiche Temperatur annimmt, ſo wird die Zeit zum Anheizen bei dieſen Keſſeln erheblich abgekürzt. Infolge der wirkſamen Erwärmung des Speiſewaſſers in der Rinne ſcheiden ſich ſeine feſten Beſtandteile vornehmlich in dieſer aus und lagern ſich in ihr ab. Die Rinne muß daher je nach der Beſchaffenheit des Speiſewaſſers und wenn ſie ihren Zweck als Zuleitungsorgan dauernd erfüllen ſoll, entſprechend oft gereinigt werden.

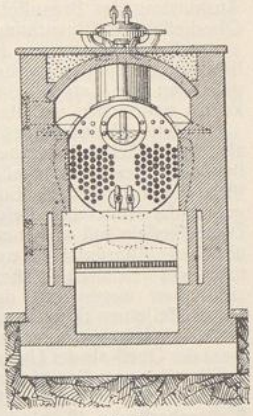


Fig. 7.

Heiz- oder Rauchröhrenkeſſel. Dieſe Keſſel ſind, wie Fig. 7 zeigt, mit einer größeren Anzahl kleiner Rohre durchzogen, die im Innern die Heizgaſe führen und außen von Waſſer umſpült ſind. Die Rohre werden in den Rohrwänden bezw. Keſſelböden durch Einwalzen, ſeltener auch noch durch Umbördeln befeſtigt. Der äußere Durchmeſſer der Rohre ſchwankt zwiſchen 50 und 100 mm bei einer Länge bis zu 5 m, der Luftzug iſt bei weiten Rohren beſſer als bei engen, auch laſſen ſich die erſteren leichter reinigen, dagegen nutzen enge Rohre die Wärme beſſer aus. Damit in einem Keſſel von gegebenem Durchmeſſer tunlichſt viele Rohre untergebracht werden können und für das ungehinderte Aufſteigen der Dampfblaſen möglichſt ſenkrechte Zwiſchenräume zwiſchen den Rohren verbleiben, wählt man für die Anordnung der Rohre häufig die Einteilung im Sechseck, wie ſie aus den Figuren 7 und 8 erſichtlich iſt. Die Zugführung bei dem mit Unter- oder Vorfeuerung verſehenen Rauchrohrkeſſel nach Fig. 7 erfolgt ſo, daß die Gaſe zuerſt unter dem Keſſelmantel hinziehen, dann durch die Rohre zurückkommen und zuletzt über dem Keſſel nach der Eſſe abziehen. Die Rohre ſind in zwei Gruppen untergebracht, mit einem Zwiſchenraum von 300—350 mm, der zum Befahren des Keſſels dient.

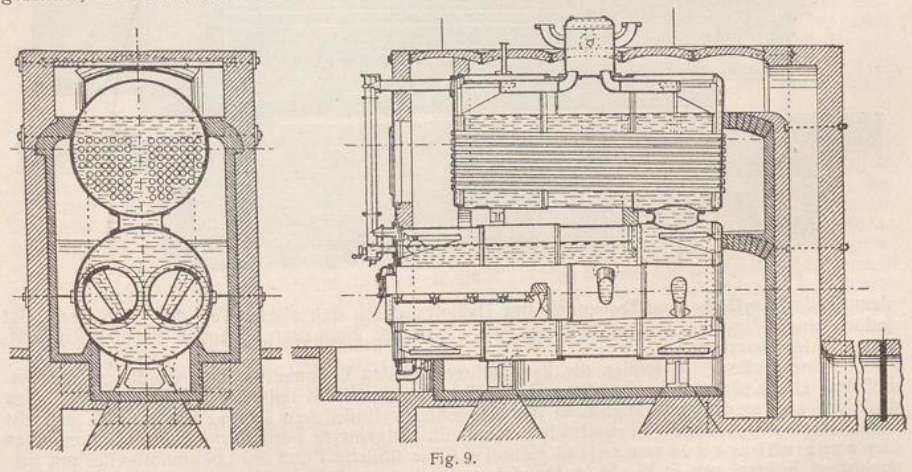


Fig. 9.

Um die Befeſtigungsſtellen der Rauchrohre mehr zu ſchonen, führt man bei großen Keſſeln und ſoweit es der Roſt und die Feuerzüge geſtatten, zuweilen die Gaſe zuerſt durch den Unterzug, dann durch zwei Seitenzüge zurück und ſchließlich durch die Rohre wieder nach hinten.

Die Rauchröhrenkeſſel beanſpruchen bei großer Heizfläche ſehr wenig Platz und laſſen ſich ſchnell anheizen. Sie ſind aber ſchwer zu reinigen und verlangen deshalb möglichſt

weiches, keinen Keſſelſtein abſetzendes Speiſewaſſer. Sie werden behufs Erſtellung großer Heizflächen auf beſchränktem Baugrunde und in beſonderen Fällen wohl auch zur geſteigerten Ausnutzung des Brennſtoffes mit Walzen- oder Flammrohrkeſſeln vereinigt, wobei ſie dann als Oberkeſſel der Einwirkung der direkten Flammen entzogen ſind.

Fig. 8 zeigt einen Rauchröhrenkeſſel in Verbindung mit zwei Siedern, die durch je zwei Stutzen mit erſterem verbunden ſind. Der Keſſel wird am beſten ſo eingemauert, daß die Heizgaſe, von den Unterkeſſeln kommend, zuerſt den Mantel des Oberkeſſels beſtreichen und dann durch die Heizrohre abziehen.

Ein Flammrohrkeſſel als Unterkeſſel mit darüberliegendem Heizrohroberkeſſel iſt in Fig. 9 dargeſtellt. Entgegen der früher bei dieſen Doppelkeſſeln faſt allgemein üblichen Anordnung, wonach der beſſeren Waſſerzirkulation wegen nur der Oberkeſſel einen Dampfraum hatte, iſt jetzt meiſtens ſowohl der Ober- als der Unterkeſſel mit einem Dampfraum verſehen. Die verdampfende Waſſeroberfläche iſt hierbei doppelt ſo groß, der Keſſel liefert daher trockeneren Dampf als im erſteren Falle. Ober- und Unterkeſſel ſind hinten durch einen weiten Stutzen verbunden. Der Dampfraum im Unterkeſſel wird durch den Einbau einer Scheidewand gebildet und iſt durch deren unteren Rand, bis zu dem der Dampf den Waſſerſpiegel herunterdrückt, begrenzt. Der im Unterkeſſel erzeugte Dampf gelangt durch das an der vorderen Stirnſeite befindliche Ueberſtrömrohr nach dem Oberkeſſel. Die Speiſung geſchieht mit Vorteil in den Unterkeſſel, damit die Schlammablagerung von dem ſchwer zu reinigenden Oberkeſſel nach Möglichkeit ferngehalten wird.

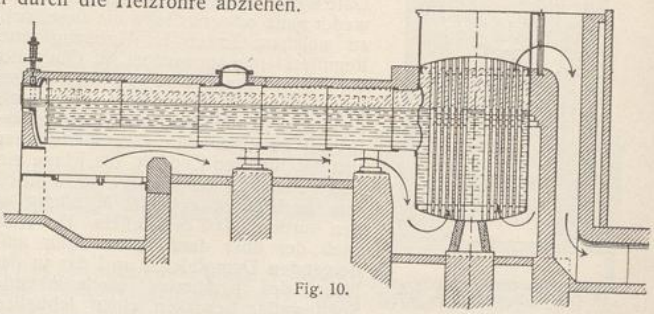


Fig. 10.

Der Dupuis-Keſſel (Hammerkeſſel, Fig. 10) beſteht ebenfalls aus einem horizontal liegenden Walzenkeſſel, der an ſeinem hinteren Ende an einen ſtehenden Röhrenkeſſel ſich anſchließt. Die Konſtruktion ergibt große verdampfende Oberfläche und Trocknung des Dampfes durch den oberen Teil der Heizrohre, zeigt jedoch ungünſtige Schlammablagerung und ſchwierige Einmauerung ſowie leichtes Undichtwerden der Heizröhren.

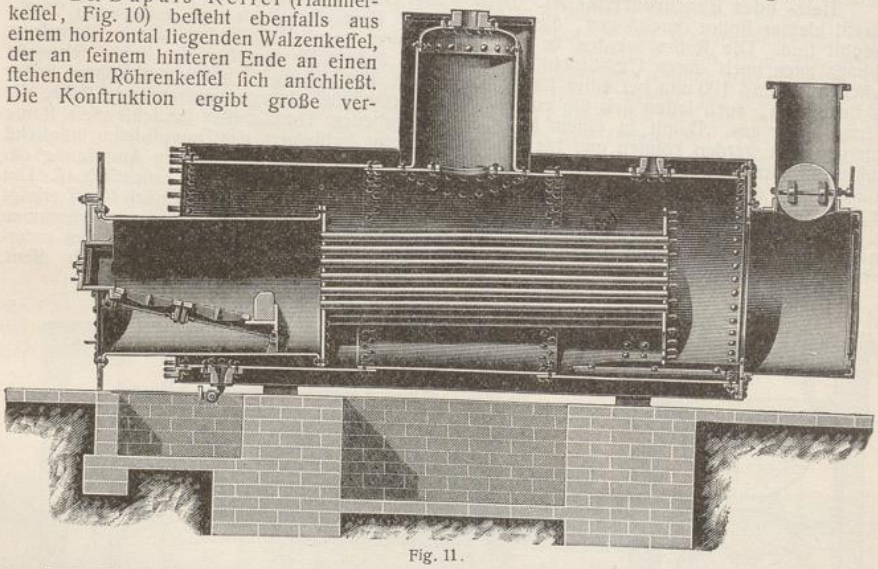


Fig. 11.

Eine große Rolle ſpielen die Rauchröhren bei den Lokomotiv-, Lokomobil- und Schiffskeſſeln. Die Keſſel der Lokomotiven, Dampfſtraßenwalzen und teilweiſe auch der Lokomobilen beſtehen aus einem von Heizrohren durchzogenen zylindriſchen Langkeſſel, an den ſich die rechteckige doppelwandige Feuerbüchſe anſchließt. Allgemeine Verbreitung hat bei Lokomobilen der ausziehbare Röhrenkeſſel gefunden. Die übliche Form der Lokomobilkeſſel mit ausziehbaren Röhren von R. Wolf in Magdeburg-Buckau zeigt Fig. 11, in der das Röhrenbündel bereits vom Keſſelmantel getrennt dargeſtellt iſt. Der Roſt iſt im Innern einer zylindriſchen Feuerbüchſe untergebracht, an die ſich in der Verlängerung ein Heizröhrenbündel anſchließt. Feuerbüchſe ſamt Röhrenſyſtem werden mit dem Keſſelmantel bezw. mit der hinteren Keſſelwand nicht vernietet, ſondern verſchraubt und die Auflagfläche der Flanſchen mit umſponnenen Gummiringen abgedichtet. Durch Löſen dieſer beiden Verſchraubungen kann die Feuerbüchſe

mit dem Röhrenbündel herausgezogen werden und letzteres iſt dadurch für die Reinigung vollkommen freigelegt und zugänglich gemacht. An den Keſſel ſchließt ſich nach hinten eine Rauchkammer an, die gewöhnlich auch den eiſernen Schornſtein trägt. Der Dampfraum und der Waſſerſpiegel ſind bei dieſen Keſſeln verhältnismäßig klein, der erzeugte Dampf wird daher leicht naß. Der geringe Waſſerumlauf im Verein mit dem Fehlen einer Beheizung des Mantels verurſacht leicht Lecken des letzteren. Beſonders während des Anheizens erfährt der Mantel durch die erheblichen Temperaturunterſchiede zwiſchen ſeiner oberen und unteren Oberfläche ungleiche Ausdehnung, wodurch Spannungen entſtehen, die auf ein Undichtwerden der Nietnähte hinwirken.

Schiffskeſſel mit Flammrohren, Feuerkiſte und rückkehrenden Heizrohren, die auch nur geringen Waſſerumlauf haben und dadurch ebenfalls unter den vorerwähnten Mißſtänden leiden, werden neuerdings faſt allgemein mit Vorrichtungen verſehen, die einen ſchnellen Temperaturausgleich im Keſſelwaſſer bewirken ſollen. Eine ſolche Vorrichtung, die ſich auch in die gewöhnlichen ortsfeſten Rauchröhrenkeſſel bezw. Lokomobilkeſſel einbauen läßt, iſt der Howaldſche Temperaturausgleicher. Dieſer beſteht aus einer am Boden des Keſſels gelegenen Rohrſchlange, deren nach oben gebogene Enden in den Dampfraum geführt ſind. Sobald ſich Dampf im Keſſel entwickelt, wird das untere Keſſelwaſſer durch die Rohrſchlange erwärmt; das hierbei in der Schlange ſich bildende Kondenswaſſer wird nach außen durch einen vorgeſchalteten Kondenstopf abgeleitet und der Speiſepumpe wieder zugeführt. — Dem gleichen Zweck dient die Waſſerumlaufvorrichtung von Altmayer. Dieſe beginnt zwar ihre Tätigkeit erſt bei einer gewiſſen Geſchwindigkeit der aufſteigenden Dampfblaſen, bewirkt aber dann nicht nur einen ſchnellen Temperaturausgleich des ganzen Keſſelinhaltes, ſondern ſchafft auch einen geſteigerten Waſſerumlauf. Die aus Fig. 12 erſichtliche Einrichtung liefert die beſten Ergebniſſe, wenn ſie ſaugend und drückend wirkt. Zu dieſem Zwecke wird der ſaugende Doppeltrichter hinten an der Feuerbüchſe angebracht, an der eine ſtarke Verdampfung ſtattfindet. Die unter dem Trichter aufſteigenden Dampfblaſen treten mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit durch den Trichterhals nach oben aus und ſaugen hierdurch den Rohrinhalt an. Das Rohr mit drückender Wirkung wird vorn an der Stirnwand eingebaut, an der die Feuergaſe den Keſſel verlaſſen und die Verdampfung nur eine mäßige iſt. Die obere Ausmündung des Trichters liegt hierbei im Dampfraum, und es wird die ſchwer verſtändliche, aber tatſächlich beobachtete Wirkungsweiſe ſo erklärt, daß die mit nur mäßiger Geſchwindigkeit durch den Trichterhals tretenden Dampfblaſen hier genügend Zeit finden, um das mitgeriſſene Waſſer auszuſcheiden, und daß die Stauung der Dampfblaſen hinreicht, um dieſes Waſſer nach unten zu führen.

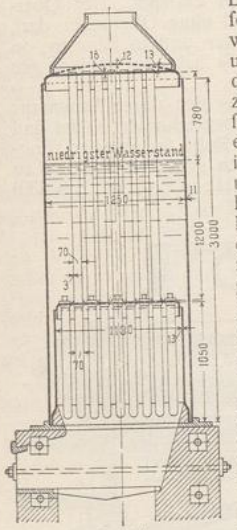


Fig. 14

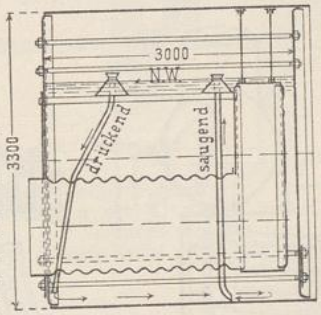
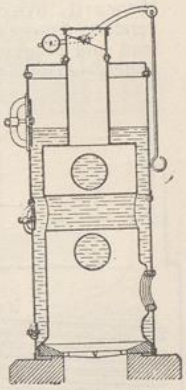


Fig. 12.


Fig. 13.

Für Dampfkrane, Rammen, Schiebebühnen u. ſ. w. kommen infolge der geringen Platzinanſpruchnahme vielfach ſtehende Feuerbüchskeſſel mit Querſiedern oder Heizrohren zur Anwendung. — Der Lachapelle-Keſſel (Fig. 13) hat eine zylindriſche Feuerbüchſe, in der übereinander und verſetzt eine Anzahl Querſieder eingeſchweißt oder eingenietet, bei kleineren Rohren auch eingewalzt und umgebördelt ſind. — Beim Field-Keſſel ſind die am unteren Ende zugeſchweißten Siederohre mittels koniſcher Bunde leicht in die Feuerbüchsdecke eingetrieben und werden durch den Dampfdruck abgedichtet. In dieſen Rohren hängen engere, an beiden Enden offene Blechrohre, die beinahe bis auf den Boden der äußeren Rohre reichen und einen Waſſerumlauf in dieſen hervorrufen ſollen. Fig. 14 zeigt einen ſolchen mit durchgehenden Heizrohren kombinierten Keſſel. — Die ſtehenden Feuerbüchskeſſel beanſpruchen wenig Platz, ſie geben aber mit ihrer geringen verdampfenden Oberfläche naſſen Dampf, auch roſtet die Feuerbüchſe unten leicht durch.

Waſſerröhrenkeſſel. Dieſelben haben im Verhältnis zu ihrer Heizfläche einen ſehr kleinen Waſſerraum — gehören zu den Kleinwaſſerraumkeſſeln — und ſind daher für plötzlich größere Dampfentnahmen ſowie für ſehr wechſelnden Betrieb nicht geeignet. Ihre Hauptvorteile beſtehen in der Anwendung hoher Dampfſpannung bei geringer Exploſionsgefahr und Beanſpruchung ſehr geringen Raumes für große Keſſelheizflächen. Die Waſſerröhrenkeſſel ſind wegen ihrer Vielgliedrigkeit konſtruktiv komplizierter wie die Großwaſſerraumkeſſel, in der Herſtellung jedoch nicht ſelten einfacher. Die Anlagekoſten beider Syſteme für gleiche Leiſtung unterſcheiden ſich heute bei gleich guter Ausführung nicht mehr weſentlich. Ein beſonderer Vorzug der Waſſerröhrenkeſſel beſteht noch in ihrer leichten Transportfähigkeit, und ſind ſie daher für überſeeiſche Anlagen und ſolche in hochgelegenen Gebirgsorten beſonders geeignet. Waſſer-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

röhrenkeſſel wurden ſchon anfangs des vorigen Jahrhunderts angewendet. — Die verſchiedenen Syſteme unterſcheiden ſich konſtruktiv in der Verbindungsweiſe der einzelnen Rohre untereinander und mit den Dampfſammlern.

1. Verbindung der einzelnen Rohre unter ſich durch Kappen zu einfachen oder doppelten, ſtehenden Elementen. Zu dieſen gehören die Ausführungen von Belleville (ſ. Belleville-Keſſel), De Nayer, Root u. a. — In Fig. 15 iſt die Verbindungsweiſe der Röhren und Kappen eines Root-Keſſels ſchematiſch wiedergegeben, und in Fig. 16 ein Root-Keſſel mit Oberkeſſel dargeſtellt. Die 100 mm weiten, ſchmiedeeiſernen Rohre ſind an beiden Enden mit Kopfſtücken feſt verbunden, die ihrerſeits durch gußeiſerne Knieſtücke derart verbunden ſind, daß der ſich entwickelnde Dampf durch ſie direkt nach dem Dampfſammler entweichen kann. Die Dichtung in den Rohrverbindungen iſt metalliſch mittels doppelt koniſcher Ringe, die ſich teils in die Kappen, teils in die Knieſtücke einlegen; die Speiſung erfolgt in das unterſte Querrohr. Ein über den oberen Dampfrohren liegendes Röhrenbündel dient zur Vorwärmung des Speiſewaſſers. Werden ein oder mehrere Oberkeſſel als Dampfſammler über dem Röhrenſyſtem angelegt, ſo bleibt letzteres ſowie ein Teil der Dampfſammler ganz mit Waſſer gefüllt. Die Waſſer- und Dampfzirkulation läßt ſich dadurch wirkſamer geſtalten ſowie trocknerer Dampf erzielen. Der Oberkeſſel wird den Heizgaſen nicht ausgeſetzt. — Der Root-Keſſel ohne Oberkeſſel darf, wenn ſeine Rohre weniger als 100 mm lichte Weite haben, unter und in Räumen, in denen ſich Menſchen aufzuhalten pflegen, aufgeſtellt werden; er hat aber alsdann gar keinen Waſſerumlauf und eine nur ſehr kleine verdampfende Oberfläche.

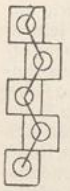


Fig. 15.

2. Verbindung einzelner ſtehender oder liegender Rohrreihen unter ſich durch Kammern: Howard, Sinclair, Babcock & Wilcox, Niclauſſe. Die erſtbezeichneten Keſſel ſind veraltet; dagegen ſpielen die beiden letzteren Syſteme eine bedeutende Rolle in Amerika, England und Frankreich, und auch in Deutſchland ſind dieſe bei mehreren größeren Anlagen zu finden. — Der Niclauſſe-Keſſel iſt wie derjenige von Babcock & Wilcox (vgl. Bd. 1, S. 430)

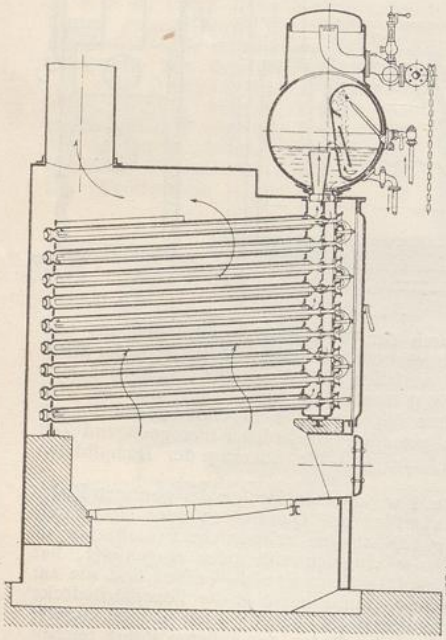


Fig. 17.

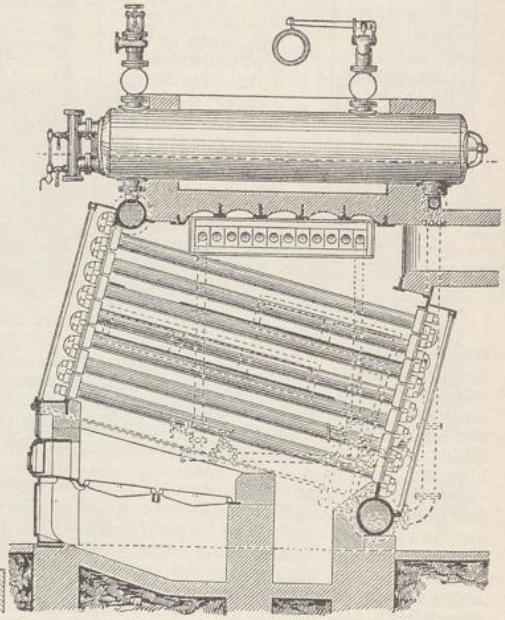


Fig 16.

aus einer Anzahl Kammern und Röhren zuſammengeſetzt. Im Gegenſatz zu letzterem beſitzt der Niclauſſe-Keſſel (Fig. 17) nur am vorderen Ende Verbindungskammern, in welche die am hinteren Ende geſchloſſenen Waſſerrohre eingeſetzt ſind. Der Waſſerumlauf wird durch in die Verbindungskammern eingeſetzte Zwiſchenwände und beſondere aus Blech gefalzte Zirkulationsrohre befördert, die, an beiden Enden offen, frei in den Waſſerrohren ſtecken. Die Speiſung geſchieht in den Oberkeſſel; das Waſſer wird gegen eine in dieſen eingebaute Wand geſpritzt, an der es ſich ſtark erwärmt und ſeine Keſſelſteinbildner ausſcheidet, worauf es ſeinen Lauf durch den vorderen Teil der Kammern und die eingeſteckten Umlaufrohre nach hinten nimmt, um durch die äußeren Waſſerrohre und den hinteren Teil der Kammern mit Dampf vermiſcht in den Oberkeſſel zurückzukehren und denſelben Weg von neuem zu machen. Die flußeiſernen Waſſerkammern beſtehen aus einem nahtlos gezogenen Rohr; ſie ſind unten durch einen eingenieteten Boden verſchloſſen und werden oben mittels aufgeſchraubtem Flanſch und beiderſeits koniſchem Dichtungsring mit dem Oberkeſſel verbunden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

3. Verbindung der einzelnen Rohre mit einer oder zwei Dampfkammern. Zu den Röhrenkeſſeln mit einer Dampfkammer gehören die Konſtruktionen von Alban, Dürr und Willmann, mit zwei Dampfkammern von Büttner, Gehre, Guilleaume-Werke, Göhrig & Leuchs, Heine, Petry-Dereux, Simonis & Lanz, Steinmüller, Walther, Wilke u. a. — Die Waſſerführung iſt beim Dürr-Keſſel (ſ. d.) ähnlich derjenigen des Niclauſſe-Keſſels. Die Waſſerkammer iſt durch eine Zwiſchenwand in zwei Hälften geteilt zur Trennung des zu verdampfenden Waſſers von dem dampfführenden. Das kalte Waſſer geht in dem vorderen Teil der Kammer nieder, während das erwärmte und mit Dampf vermiſchte Waſſer im hinteren Teil nach dem Oberkeſſel aufſteigt. — Beim Willmann-Keſſel iſt die Zirkulation in der Waſſerkammer umgekehrt ausgebildet, indem in der hinteren Hälfte das Waſſer niedergeht und in der vorderen der Dampf aufſteigt. Es ſoll dadurch ein beſonderer Schutz gegen ein Verbrennen der hinteren, den Feuergaſen ausgeſetzten Waſſerkammerwand gebildet werden.

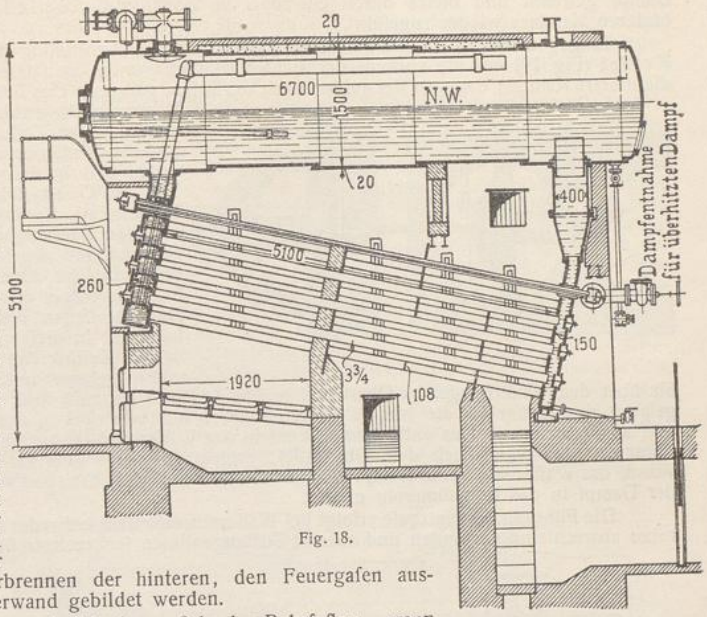
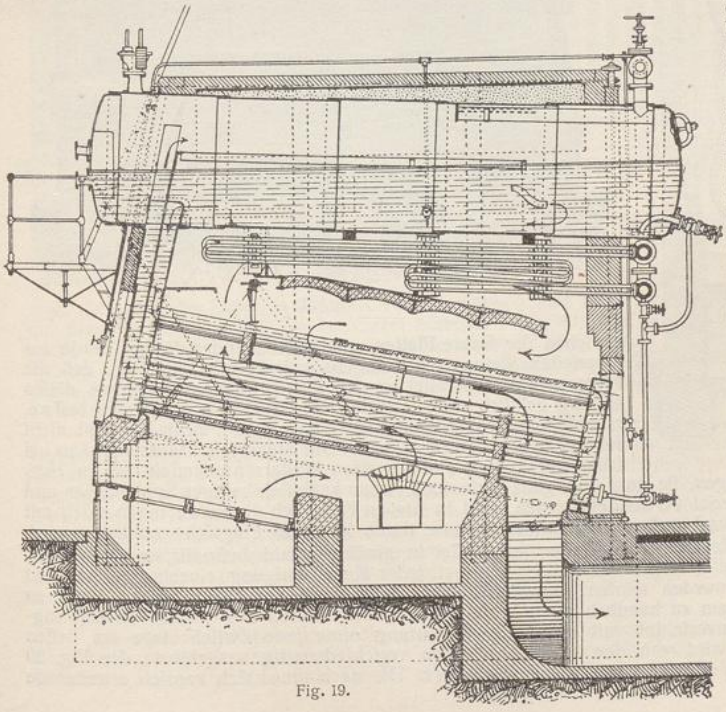


Fig. 18.

Bei den Zweikammerkeſſeln kann ſich das Rohrſyſtem, wenn beide Kammern, wie es in der Regel geſchieht, mit dem Oberkeſſel verbunden ſind, dieſem gegenüber nicht mehr ganz frei ausdehnen. Zur Verminderung der hierdurch entſtehenden Spannungen an den Verbindungsſtellen werden in dieſe Keſſel Vorrichtungen eingebaut, die den Waſſerumlauf befördern und dadurch bei geſteigerter Verdampfung die verſchiedenen Temperaturen in den einzelnen Keſſelelementen ausgleichen. Dieſer Zweck iſt bei Büttners Patent-Schnellumlaufkeſſel (ſ. d.) vollkommen erreicht. — Der Gehre-Keſſel (Fig. 18) hat in der vorderen Waſſerkammer eine Anzahl wagerecht eingelegter Einzelzellen, die behufs leichterer Führung des Dampfes durch zwei Rohrſtutzen miteinander verbunden ſind. Das in den Oberkeſſel eingeführte Speiſewaſſer tritt durch die hintere Waſſerkammer, die zur Abhaltung des Schlammes mit einem in den Oberkeſſel hineinragenden Fortſatz


Fig. 19.

verſehen iſt, in die Siederohre ein. In der höchſten Einzelkammer ſind mehrere weite Rohre eingewalzt, durch die der aufſteigende Dampf nach dem hinteren Teil des Oberkeſſels geführt wird und dort zum Austritt gelangt. Beim Steinmüller-Keſſel (ſ. d.) wird zur Beförderung des Waſſerumlaufs das mit den Dampfblaſen in der vorderen Kammer aufſteigende Waſſer vom Dampf getrennt und dieſes durch ein nahe am Boden des Oberkeſſels liegendes Rohr der hinteren Kammer wieder zugeführt.

Entgegen der ſonſt bei Zweikammerkeſſeln üblichen Anordnung iſt beim Guilleaume-Keſſel (Fig. 19) nur die vordere der beiden Waſſerkammern mit dem Oberkeſſel verbunden, die hintere Kammer dagegen frei auf beweglichen Rollen gelagert. Das in die beiden geſchweißten Kammern eingewalzte Röhrenelement ſetzt ſich aus den Zufluß- oder Rücklaufrohren und den Siederohren zuſammen. Das Speiſewaſſer tritt in den hinteren tiefſtgelegenen Teil des Oberkeſſels ein, ſcheidet bei der Erwärmung die keſſelſteinbildenden mineraliſchen Beimengungen aus, die ſich hier abſetzen und abgelaſſen werden, und tritt über das im Oberkeſſel eingebaute als Schlammfänger dienende Querblech in den abgeſchloſſenen Teil der vorderen Waſſerkammer. In dieſer Kammer verteilt es ſich in die Zuflußrohre, die über den Siederohren gelagert und von dieſen durch eine bis über den Waſſerſpiegel im Oberkeſſel reichende Wand getrennt ſind. Durch die Zuflußrohre gelangt das Waſſer in die hintere Waſſerkammer, um von dort in die Siederohre einzutreten und zu verdampfen. Das entſtehende Gemiſch von Waſſer und Dampf entweicht in der vorderen Kammer aufſteigend, nach dem Oberkeſſel, ergießt ſich hier über eine eingebaute perforierte Wand, das Waſſer wird vom Dampf geſchieden und macht den Kreislauf von neuem mit, während der Dampf in das Entnahmerohr eintritt.

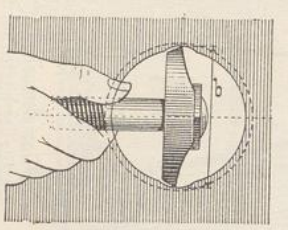


Fig. 21.

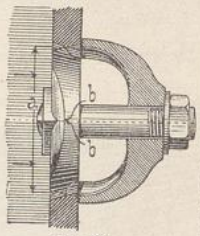
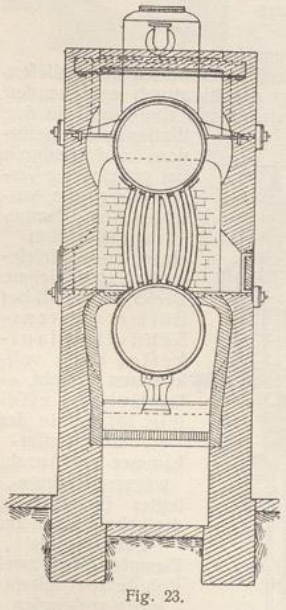
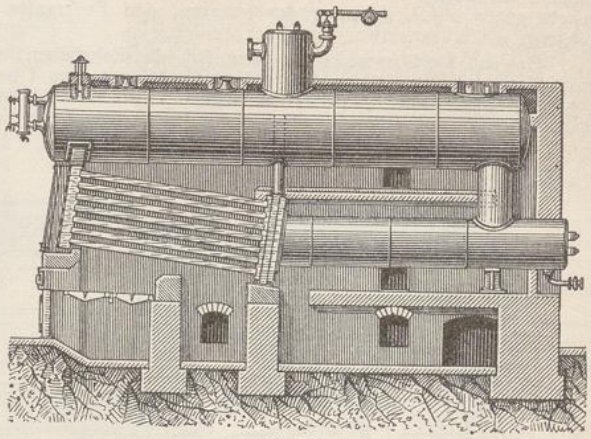


Fig. 20.

Die Führung der Heizgaſe erfolgt bei Waſſerröhrenkeſſeln entweder ſo, daß dieſe die Siederohre abwechſelnd von unten und oben in Schlangenlinien ſenkrecht treffen, zu welchem Zwecke


Fig. 23.


Fig. 22.

zwiſchen die Rohre Platten aus Gußeiſen oder dünne Wände aus feuerfeſten Steinen quer eingebaut ſind; oder aber ſo, daß die Flamme durch parallel zu den Rohren liegende Zungen dieſen entlang geführt wird. Die letztere Anordnung gibt eine beſſere, rauchfreiere Verbrennung, beſonders dann, wenn der Roſt nicht ſehr tief gelegt werden kann. Die Brennſtoffausnutzung kann bei friſch gereinigten und gerußten Waſſerröhrenkeſſeln bis zu 75% des Heizwertes betragen, ſie ſinkt aber ganz bedeutend, wenn keſſelſteinhaltiges Speiſewaſſer und ſchlechtes Brennmaterial verwendet werden, weil in dieſem Falle ſich die Rohre innen raſch mit Keſſelſtein belegen und außen die Wärmeaufnahme durch Ruß und Flugaſche erſchwert wird.

Die in den Kammern der Waſſerröhrenkeſſel in großer Anzahl befindlichen Oeffnungen zum Einbringen und Reinigen der Rohre, die bei jeder Keſſelreinigung einzeln geöffnet und wieder verſchloſſen werden müſſen, erfordern einen ſicheren, gegen Beſchädigung nicht zu empfindlichen, bequem zu handhabenden Verſchluß. Hierfür hat ſich der von außen einbringbare Sicherheitsinnenverſchluß mit metalliſcher Dichtung ohne jede Zwiſchenlage am beſten bewährt. Derſelbe wird von den einzelnen Firmen verſchiedenartig ausgeführt; die Fig. 20 und 21 zeigen den Verſchluß von Simonis & Lanz. Die nach innen ſich koniſch erweiternde

Oeffnung erhält zwei einander diametral gegenüberliegende Ausſparungen, durch welche der an zwei Stellen ebenfalls etwas abgeflachte Deckel eingebracht wird. Nach dem Einbringen wird der Deckel um 90° gedreht, ſo daß ſich Ausſparung und Abflachung überdecken, worauf die Schraube über dem Bügel mäßig angezogen wird; der Dampfdruck wirkt ſelbſtdichtend und entlaſtet die Schraube.

Die Waſſerröhrenkeſſel erzeugen im Vergleich zu den Großwaſſerraumkeſſeln verhältnismäßig naſſen Dampf, weshalb man ſie auch in neuerer Zeit faſt ausnahmslos mit Ueberhitzern (ſ. d.) ausrüſtet, die den Zweck haben, den Dampf zu trocknen und ſeine Temperatur mehr oder weniger zu erhöhen.

Die Vorteile des Großwaſſerraumkeſſels mit denen des Waſſerröhrenkeſſels verbindet der Mac-Nicol-Keſſel (Fig. 22). Dieſe Keſſelkonſtruktion beſteht aus einer Verbindung geneigter Waſſerröhren mit gewöhnlichen Ober- und Unterkeſſeln. Der Oberkeſſel iſt mit dem darunterliegenden Vorwärmer am hinteren Ende, wie üblich, durch einen vertikalen Stutzen verbunden, während am vorderen Ende die Verbindung beider durch das geneigte Röhrenbündel mittels zweier Waſſerkammern erfolgt. Die Feuerung liegt wie bei allen Waſſerröhrenkeſſeln unterhalb der Siederohre und beſtreicht der Länge nach den Oberkeſſel, ſowie hierauf zu beiden Seiten den Vorwärmer. Das eingeſchaltete Röhrenbündel ſichert durch ſeine geneigte Lage, durch das Aufſteigen des ſich entwickelnden Dampfes eine kräftige Waſſerzirkulation in dem ganzen Keſſelſyſtem. Die Ablagerung der keſſelſteinbildenden Subſtanzen findet in den an der Zirkulation nicht teilnehmenden Räumen des Vorwärmers ſtatt. Die Anwendung und Anbringung des Röhrenſyſtems läßt ſich auch bei andern Keſſelarten ſowie bei älteren, bereits beſtehenden Keſſeln vornehmen zwecks Verbeſſerung des Waſſerumlaufes und der Verdampfungsfähigkeit. — Prégardien verbindet übereinander liegende Zylinder- oder Cornwallkeſſel mit Zylinderoberkeſſeln in ihrer Längsrichtung durch geſchweißte, gebogene Rohre zur Erzielung größeren Waſſer- und Dampfraumes ſowie großer Heizfläche (Fig. 23). Der durch dieſe eigenartige Konſtruktion erreichte Vorteil beſteht darin, daß der im unteren Keſſel entwickelte Dampf raſch und unbehindert durch die vertikalen Verbindungsrohre nach dem Oberkeſſel entweichen kann. Der Garbeſche Großwaſſerraum-Röhrenkeſſel, von der Maſchinenfabrik Fr. Gebauer in Berlin gebaut (Fig. 24),

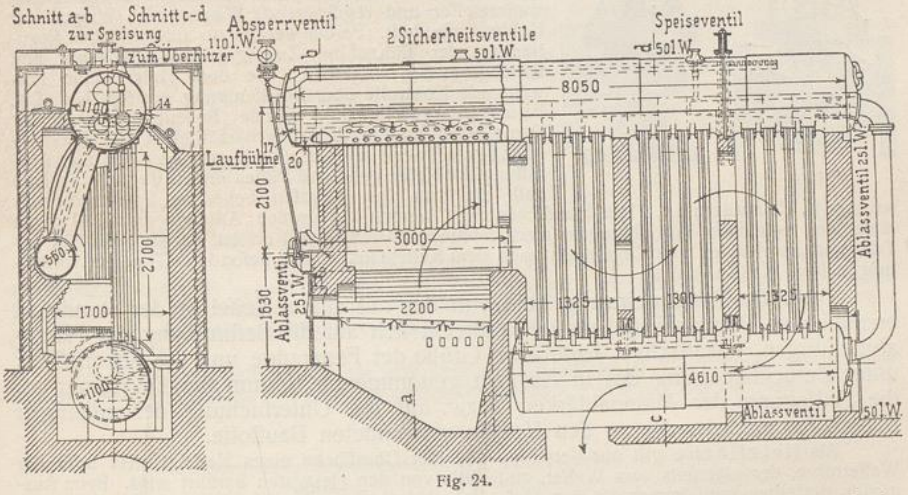


Fig. 24.

zeigt eine ähnliche Zuſammenſetzung. Bei demſelben ſind zwei im Feuerraum liegende Sieder mit dem Oberkeſſel und dieſer in ſeinem hinteren Teil wieder mit einem Unterkeſſel durch eine große Anzahl Waſſerrohre verbunden. Bemerkenswert ſind hierbei die einen Teil des Keſſelmantels bildenden, wellen- und ſtufenförmig gepreßten Rohrplatten, die einander parallele und ebene Flächen beſitzen, in die die geraden Waſſerrohre rechtwinklig eingewalzt ſind. — S. a. Schiffskeſſel.

Der **Ausfluß** des Dampfes aus Dampfkeſſeln erfolgt in der Regel nur durch die zu den Dampfmaſchinen führenden Dampfleitungen (ſ. d.); außerdem ausnahmsweiſe durch die Sicherheitsventile und in einigen Induſtriezweigen durch Anſetzröhren bezw. beſondere Zweigleitungen zum Gebrauche für verſchiedene Fabrikationszwecke. Ueber den Verbrauch der Dampfmaſchinen ſ. d. Die durch Sicherheitsventile und Anſatzröhren abſtrömende Dampfmenge bei beſtimmtem Keſſeldruck läßt ſich nach den Angaben im Art. Gaſe, Bewegung derſelben (Kapitel Ausfluß geſättigten Waſſerdampfes) berechnen; vgl. a. die diesbezüglichen Formeln im Art. Dampfturbinen. Bei der Dampfkeſſelberechnung (ſ. d.) iſt die Summe aller Ausflußmengen in Betracht zu ziehen; dieſe iſt entſcheidend für die Größe des Keſſels und das Keſſelſyſtem.

Literatur: Zahlreiche Abhandlungen über Dampfkeſſel ſind in der Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingenieure unter dem Stichwort „Dampfkeſſel“ enthalten. Vgl. a. Bellers, Ch., Traité des chaudières à vapeur, Paris 1895; Traill, Th. W., Boilers, marines and land, 3. Aufl., London 1896;

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Freytag, F., Die Dampfkeſſel und Motoren auf der Sächſiſch-Thüringiſchen Induſtrie- und Gewerbeausſtellung in Leipzig 1897, Berlin 1898; Verband deutſcher Dampfkeſſelüberwachungsvereine, Neuere Dampfkeſſelkonſtruktionen und Dampfkeſſelfeuerungen mit Rückſicht auf Rauchverbrennung, Berlin 1900; Kofak, Katechismus der Einrichtung und des Betriebs ſtationärer Dampfkeſſel, 14. Aufl., Wien 1900; Reinert, Die modernen Dampfkeſſelanlagen, deren Einrichtung und Betrieb, Stuttgart 1900; Tetzner, F., Die Dampfkeſſel, Berlin 1902; Häder, Bau und Betrieb der Dampfkeſſel, 4. Aufl., Düſſeldorf 1902.

G. Schwarz.

Dampfkeſſelausrüſtung umfaßt alle für den Betrieb, Erhaltung und Schonung der Keſſelanlage erforderlichen Einrichtungen. Eine beſondere Gruppe hiervon bilden die groben und feinen Armaturen.

Zu den erſteren gehören: Mann- und Schlammlochdeckel (ſ. Mannloch), Keſſelſtühle, Roſt mit Zubehör, Feuergeſchränk, Heiztüren, Rauchſchieber, Putztüren, Galerien und Leitern zur Bedienung und die Mauerverankerungen (ſ. a. Feuerungsanlagen). Die feinen Armaturen ſind zum Teil geſetzlich vorgeſchrieben als: Speiſeventil und Speiſevorrichtungen (ſ. Dampfkeſſelſpeiſeapparate), Waſſerſtandszeiger und Probierhähne zur Erkennung und Kontrolle des Waſſerſtandes, Sicherheitsventile, die bei Eintritt der für den Keſſel feſtgeſetzten höchſten Dampfſpannung (ſ. Dampf) den Dampf entweichen laſſen, und Manometer (ſ. d.) zum Anzeigen der Dampfſpannung. Hierzu gehören ferner die als Bauch- oder Eckventile ausgeführten Dampfabſperrventile (Fig. 1 und 2) Konſtruktion von L. Strube in Magdeburg-Buckau, und die am tiefſten Punkt des Keſſels ſitzende als Hahn oder Ventil ausgebildete Ablaßvorrichtung. Bewegliche und bewegte Keſſel verlangen teilweiſe anders geſtaltete Armaturen; vgl. Lokomobile, Lokomotive, Schiffskeſſel. Große Sicherheit gegen Waſſermangel im Keſſel bieten die Warnſignalapparate (ſ. Keſſelſpeiferufer), die beim Sinken des Waſſerſpiegels unter den niedrigſten Waſſerſtand den Heizer auf den gefahrdrohenden Zuſtand durch ein Signal aufmerkſam machen. Zur Beobachtung der Verdampfung und Kontrolle über den Kohlenverbrauch werden Speiſewaſſermeſſer und regiſtrierende Wagen zum Wiegen der Kohlen aufgeſtellt. Ferner werden zur automatiſchen Regulierung der Luftzufuhr Zugregulatoren eingebaut und Rauchgasmeſſer aufgeſtellt, die dem Heizer eine fortwährende Kontrolle über die Feuerung ermöglichen (ſ. a. Feuerungsanlagen). Große Bedeutung haben für Dampfkeſſel infolge ihrer Zweckmäßigkeit die Keſſelſpeiſewaſſerreiniger (ſ. d.) erlangt. Als zur Ausrüſtung der Keſſel gehörend zählen die Ueberhitzer (ſ. d.) und die von den Abgaſen beheizten Speiſewaſſervorwärmer (ſ. Vorwärmer). Die Handfchürzeuge werden bei großen Anlagen zum Teil durch maſchinell betriebene Vorrichtungen (mechaniſche Roſtbeſchickung) erſetzt, ebenſo geſchieht der Transport der Kohlen vom Lagerraum nach dem Keſſelhaus mittels beſonderer Transportvorrichtungen (ſ. a. Keſſelhaus).

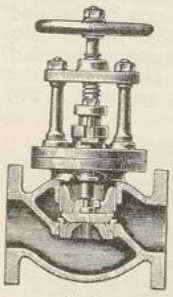


Fig. 1.

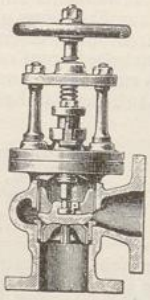


Fig. 2.

G. Schwarz.

Dampfkeſſelberechnung geht von der mit einem Keſſel in der Stunde zu erzeugenden Dampfmenge aus und erſtreckt ſich auf die Beſtimmung der Hauptabmeſſungen, Heizflächen, Roſtfläche, Größe der Feuerzüge und des Schornſteins unter Berückſichtigung des in Ausſicht genommenen Brennmaterials, ferner auf die Feſtlegung der Materialſtärken bezw. auf die Unterſuchung der zuläſſigen Materialſpannungen der zu den Keſſeln verwendeten Bauſtoffe.

Als Heizfläche gilt nur derjenige Teil der Oberfläche eines Keſſelmantels oder der Waſſerrohre, der einerſeits vom Waſſer, anderſeits von den Heizgaſen berührt wird. Beim Ausmeſſen derſelben wird immer die den Gaſen zugekehrte Seite der Wand gerechnet. Derjenige Teil der Oberfläche des Keſſels, der innen von Dampf und außen von den Heizgaſen berührt wird, iſt nicht als Heizfläche anzuſehen. Geſetzlich geſtattet iſt eine Heizung des Dampfraumes nur, wenn die von den Heizgaſen zuvor beſtrichene waſſerberührte Heizfläche bei natürlichem Zuge mindeſtens 20mal und bei künſtlichem Zuge mindeſtens 40mal ſo groß als die Roſtfläche iſt. Dient ein Teil des Keſſels als Vorwärmer, ſo iſt die Verdampfungsfläche von der Vorwärmungsfläche zu unterſcheiden (ſ. Bouilleurkeſſel) unter Berückſichtigung, ob Parallel- oder Gegenſtrom zwiſchen der Heizgas- und Waſſerbewegung ſtattfindet. Bei Keſſeln, denen das Speiſewaſſer dicht unter dem niedrigſten Waſſerſpiegel zugeführt wird, das Keſſelwaſſer daher annähernd überall gleiche Temperatur hat, und in denen kein erheblicher Waſſerumlauf ſtattfindet, iſt es ziemlich gleichgültig, ob die Wärmeübertragung im Parallel- oder Gegenſtrom erfolgt. Für die Ausnutzung der Heizgaſe erſcheint es vorteilhaft, die Temperatur T_1 der Heizgaſe im Verbrennungsraum möglichſt hoch zu halten; dieſelbe hängt bei gegebenem Heizwert des Brennſtoffes vornehmlich von der Menge der zugeführten Verbrennungsluft ab. Der Ueberſchuß an letzterer ſoll daher nur ſo groß ſein, als es die innige Miſchung der Luft und Brenngaſe erfordert.

Bezeichnet W den Heizwert des Brennſtoffes in Wärmeeinheiten, WE/kg, L die Luftmenge, die zur Verbrennung von 1 kg des Brennſtoffes tatſächlich erforderlich iſt, in Kilogramm, η_1 den Wirkungsgrad der Feuerung, σ das Ausſtrahlungsverhältnis $= \frac{\text{ausgeſtrahlte Wärme}}{\text{auf dem Roſte nutzbar gemachte Wärme}}$,

c die ſpezifiſche Wärme der Heizgaſe (bei unveränderlichem Druck $= 0{,}24$), ſo iſt T_1 bei 0^0 Temperatur der Luft im Keſſelhauſe $T_1 = \eta_1 \frac{(1-\sigma)\,W}{(1+L)\,c}$. Im allgemeinen iſt $\eta_1 = 0{,}8-0{,}9$. Das Ausſtrahlungsverhältnis σ beträgt für Innenfeuerung $\sigma = 0{,}25$ bis $0{,}3$ und für Unterfeuerung $\sigma = 0{,}2-0{,}25$. T_1 iſt daher unter ſonſt gleichen Verhältniſſen bei Innenfeuerung kleiner als bei Unterfeuerung (ſ. a. die Tabelle S. 574).

Die Fuchstemperatur T_2 ſoll möglichſt niedrig ſein; das Verhältnis $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ gibt einen Maßſtab für die Ausnutzung der Heizgaſe. Der Wert der Heizfläche hängt von der Beſchaffenheit der inneren und äußeren Keſſelfläche und in geringerem Grade von der Dicke und Wärmeleitungsfähigkeit des Keſſelmaterials ab, hauptſächlich aber vom Temperaturgefälle zwiſchen Heizgaſen und Waſſer.

Nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen über das Geſetz der Wärmeübertragung der Keſſelwände iſt für den Keſſelbetrieb noch nicht mit genügender Sicherheit feſtgeſtellt, ob zur Ermittlung der von den Heizflächen übertragenen Wärmemengen die von Redtenbacher aufgeſtellten Formeln oder diejenigen von Werner bezw. Rankine allgemeinere Gültigkeit beanſpruchen dürfen. Iſt t die Temperatur des Keſſelwaſſers, T die Temperatur der Heizgaſe an einer beſtimmten Stelle der Heizfläche, ſo ſetzt Redtenbacher den Wärmedurchgang proportional dem Temperaturunterſchied $T-t$, während er von Werner dem Quadrate dieſes Unterſchiedes, $(T-t)^2$, proportional geſetzt wird. Die erſtere Annahme iſt wohl die zurzeit am meiſten verbreitete. Bezeichnet man mit k den Wärmedurchgangskoeffizienten, d. h. den ſtündlichen Wärmedurchgang in Wärmeeinheiten pro Quadratmeter Heizfläche für 1^0 Temperaturunterſchied zwiſchen den Feuergaſen und dem Waſſer, und iſt B die von der Keſſelanlage in der Stunde verzehrte Brennſtoffmenge in Kilogramm, ſo iſt mit Bezug auf Fig. 1 die in der Zeiteinheit (Stunde) durch das Heizflächenelement dH gehende Wärmemenge dW nach Redtenbacher $dW = dH \cdot k\,(T-t)$. Um denſelben Betrag muß die Wärme der Heizgaſe vom Gewicht $B(1+L)$ und der ſpezifiſchen Wärme c abnehmen, daher $dH \cdot k\,(T-t) = -B\,(1+L)\,c \cdot dT$, woraus die Heizfläche H in Quadratmetern $H = B\frac{(1+L)}{k} \cdot c \log n \frac{T_1 - t}{T_2 - t}$. Der Koeffizient k kann im Mittel $= 23$ geſetzt werden. Die Endtemperatur T_2 der Heizgaſe iſt

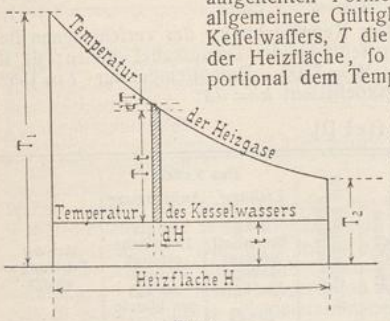


Fig. 1.

$$T_2 = t + (T_1 - t)\,e^{-\frac{Hk}{(B1-L)c}}$$

und der Wirkungsgrad η_2 der Heizfläche

$$\eta_2 = \sigma + (1-\sigma)\,(1 - T_2 : T_1) = 1 - e^{-\frac{Hk}{B(1-L)c}}.$$

Für ortsfeſte Keſſel iſt $\eta_2 = 0{,}61-0{,}87$. Der Wirkungsgrad η der Keſſelanlage iſt gleich dem Produkt aus den Wirkungsgraden η_1 der Feuerung und der Heizfläche $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$. Die Wärmeverluſte durch Abkühlung betragen bei Einzelkeſſeln ca. 5%, bei Batteriekeſſeln ca. 8% der erzeugten Wärme.

Zur ungefähren Beſtimmung der erforderlichen Heizfläche H eines Keſſels in Quadratmetern, der in der Stunde D kg Dampf liefern ſoll, kann die folgende Tabelle dienen [2]:

Werte für $\frac{D}{H}$.

Betrieb	mäßig	flott	angeſtrengt
Mehrfacher Walzenkeſſel . . .	13	16	22
Flammrohrkeſſel	17	21	28
Heizrohrkeſſel	10	15	20
Doppelkeſſel	13	16	22
Waſſerrohrkeſſel	10	15	20

Roſtfläche. Die Größe der Roſtfläche iſt dem zu verwendenden Brennmaterial entſprechend zu wählen und die durch die Roſtſpalten zu ſchaffende freie Roſtfläche abhängig zu machen von der zur Verbrennung nötigen Luftmenge. Die Weite der Roſtſpalten iſt der Brennmaterialbeſchaffenheit (Stück-, Nuß- oder Staubkohle) anzupaſſen. Die freie Roſtfläche wird bei Koks 0,4—0,5, bei Steinkohle 0,25—0,4 der Geſamtroſtfläche genommen. — Je nach der auf dem Roſte zu verfeuernden Brennmaterialmenge bezw. dem Keſſelbetrieb wird geringere oder größere Schichthöhe angewendet, veränderlich zwiſchen 100 und 500 mm. — Bei einer ſtündlich zu erzeugenden Dampfmenge von D kg mit 600 W.E. Erzeugungswärme ergeben ſich, wenn auf 1 qm der Roſtfläche R ſtündlich 80 kg Steinkohlen mit einem Heizwert von $W = 7500$ W.E. verbrannt werden, die folgenden Verhältniſſe:

bei $H:R =$	20	30	40	50	60	70
$D:H =$	25	20	16	14	12	10

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Brennmaterialbedarf. Die auf 1 qm Roſtfläche zu verfeuernden Brennmaterialmengen ergeben ſich für die verſchiedenen Betriebsverhältniſſe und Dampfkeſſelſyſteme wie folgt: 50 kg bei langſamer Verbrennung, Unterfeuerung, großem Roſt; 75 kg bei normaler Verbrennung, Innenfeuerung; 100 kg bei angeſtrengtem Betriebe, geringwertigem Brennmaterial. Die Geſchwindigkeit v der durch die Roſtſpalten ziehenden Luft beträgt für Steinkohlen je nach dem Anſtrengungsgrade oder der Schichtendicke 0,75—1,6 m/sec., wonach das Verhältnis m der freien zur geſamten Roſtfläche aus $m = \frac{B \cdot L}{4680\, R \cdot v}$ ermittelt werden kann. Der Anſtrengungsgrad der Feuerung iſt von dem Verhältnis $B:H$ abhängig. Je kleiner dieſer Wert, deſto beſſer iſt die Ausnutzung der Wärme; er richtet ſich nach dem Preiſe des Brennſtoffes und danach, ob eine Vergrößerung des Betriebes zu erwarten ſteht oder nicht. Wird mit λ die Wärmemenge in Wärmeeinheiten bezeichnet, die zur Erzeugung von 1 kg Dampf erforderlich iſt, ſo beträgt die von 1 kg Brennſtoff im Keſſel erzeugte Dampfmenge $D = \eta\, B\, W : \lambda$. Nimmt man λ zu 600 W.E. an, ſo ergeben ſich je nach dem Heizwerte des Brennſtoffes und dem Wirkungsgrade der Keſſelanlage die nachſtehenden Werte von $D:B$.

Steinkohle	5,5—10	Braunkohle . . .	2,0—4,5	Holz	2,5—3,5
Koks	4,5—8	Torf	1,5—3	Lohe	1,1—1,1

Folgende Tabelle möge noch zur überſichtlichen Kennzeichnung der verſchiedenen Betriebsverhältniſſe ſowie als Grundlage zur Berechnung feſtſtehender Dampfkeſſel dienen; ſie iſt berechnet für mittlere weſtfäliſche Steinkohle mit $W = 7500$, Dampftemperatur $t = 158^0$, Temperatur der äußeren Luft $= 0^0$, Wärmedurchgangskoeffizient $k = 23$:

Feſtſtehende Keſſel [1].

Art der Verbrennung	In 1 Stunde: 1 qm Heizfläche verbraucht Kohle (kg); Anſtrengungsgrad der Feuerung $B:H$	In 1 Stunde: 1 qm Roſtfläche verbrennt Kohle (kg) $B:R$	Verhältnis der Heizfläche zur Roſtfläche $H:R$	Zugeführte Luftmenge für 1 kg Brennſtoff L kg	Wirkungsgrad der Feuerung η_1	Verbrennungstemperatur in Graden (C.) T_1	Temperatur der Heizgaſe im Fuchs in Graden (C.) T_2	Wirkungsgrad der Heizfläche η_2	Wirkungsgrad der Keſſelanlage $\eta\ (=\eta_1\eta_2)$	Des Keſſels: Leiſtung: 1 kg Brennſtoff erzeugt Dampf (in kg) $D:B$ ohne Vorwärmer	Leiſtung: mit Vorwärmer	Anſtrengung: 1 qm Heizfläche erzeugt Dampf (in kg) pro Stunde $D:H$ ohne Vorwärmer	Anſtrengung: mit Vorwärmer	Art der Feuerungsanlage
ſehr langſam (ſehr teurer Brennſtoff; nur ausnahmsweiſe zu wählen)	1	40—50 (50)	40—50 (50)	22,0	0,90	856	169	0,862	0,776	8,95	10,01	8,95	10,01	Innenfeuerung $\sigma = 0{,}3$
						978	170	0,861	0,775	8,94	10,00	8,94	10,00	Unterfeuerung $\sigma = 0{,}2$
						1223	174	0,858	0,762	8,79	9,83	8,79	9,83	Vorfeuerung $\sigma = 0$
langſam (für neue Anlagen unter gewöhnlichen Verhältniſſen)	2	50—70 (50)	25—35 (25)	20,5	0,85	865	233	0,811	0,689	7,95	8,89	15,90	17,78	desgleichen wie oben
						988	246	0,801	0,681	7,86	8,78	15,72	17,56	
						1235	272	0,780	0,663	7,65	8,55	15,30	17,10	
normal	3	70—100 (75)	23—33 (.5)	19,0	0,85	930	314	0,764	0,649	7,49	8,37	22,47	25,11	desgleichen wie oben
						1062	341	0,743	0,631	7,28	8,14	21,84	24,42	
						1328	394	0,713	0,596	6,88	7,69	20,64	23,07	
lebhaft (geſteigerter Fabrikbetrieb; Lokomobilen)	5	100	20	17,5	0,80	946	434	0,679	0,543	6,27	7,00	31,35	35,00	desgleichen wie oben
						1081	482	0,643	0,514	5,93	6,63	29,65	33,15	
						1351	586	0,567	0,454	5,24	5,86	26,20	29,30	

Für die Berechnung der von den abziehenden Rauchgaſen geheizten Speiſewaſſervorwärmer und der in die Feuerzüge eingebauten Ueberhitzer ſ. Vorwärmer bezw. Ueberhitzer.

Die Walzenkeſſel werden von 800—1300 mm Durchmeſſer hergeſtellt; der mittlere Waſſerſpiegel befindet ſich etwa auf zwei Drittel des Keſſeldurchmeſſers, von unten gerechnet.

Einflammrohrkeſſel findet man von 900—1800 mm Manteldurchmeſſer; die Flammrohre erhalten ohne Ausnahme den halben Manteldurchmeſſer; der mittlere Waſſerſpiegel liegt auf drei Viertel Höhe des Manteldurchmeſſers.

Zweiflammrohrkeſſel werden von 1600—2400 mm Manteldurchmeſſer gebaut; der Durchmeſſer der Flammrohre beträgt etwa das 0,37fache vom Durchmeſſer des Mantels; Höhenlage des mittleren Waſſerſpiegels auf etwa 0,77 Manteldurchmeſſer.

Für Waſſerrohrkeſſel erhält man paſſende Verhältniſſe mit den Werten der folgenden Tabelle [2]:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Heizfläche in Quadratmetern	Länge der Rohre	Durchmeſſer des Oberkeſſels
$H = 20—90$	3000 mm	$\sqrt{\frac{H}{100}} + 0{,}4$ m
$H = 30—280$	4000 „	$\sqrt{\frac{H}{150}} + 0{,}4$ „
$H = 65—350$	5000 „	$\sqrt{\frac{H}{200}} + 0{,}4$ „

Aeußerer Durchmeſſer der Waſſerrohre: 95 mm; Weite der Waſſerkammern: 120—160 mm.

Raumbeanſpruchung, Waſſerinhalt, Dampfinhalt und verdampfende Oberfläche. Die nachſtehende Tabelle gibt die üblichen Verhältniſſe der verſchiedenen Keſſelſyſteme für die Raumbeanſpruchung F (Grundfläche) des Keſſels in Quadratmetern, den Waſſerinhalt J_w in Litern, den Dampfinhalt Ja in Litern und die verdampfende Oberfläche V in Quadratmetern, ſämtliche Angaben auf 1 qm Heizfläche des Keſſels bezogen:

Keſſelſyſtem		F qm	J_w l	Ja l	V qm
Einfacher Walzenkeſſel		1,25	425	175	0,47
Walzenkeſſel mit zwei Ober- und zwei Unterkeſſeln		0,42	310	90	0,22
Einflammrohrkeſſel		0,55	210	85	0,25
Zweiflammrohrkeſſel		0,48	200	90	0,22
Doppelkeſſel mit Flamm- und Heizrohren	mit zwei Dampfräumen	0,15	110	35	0,08
Doppelflammrohrkeſſel	mit zwei Dampfräumen	0,22	180	90	0,20
Heizrohrkeſſel		0,3	75	45	0,09
Waſſerrohrkeſſel mit einer Waſſerkammer und einem Waſſerkeſſel		0,22	100	70	0,10
Waſſerrohrkeſſel mit zwei Waſſerkammern und einem Waſſerkeſſel		0,15	110	60	0,14

Heizkanäle. Dieſelben ſollen eine lange und innige Berührung der Heizgaſe mit der Keſſelheizfläche und ein Befahren behufs Reinigung von Flugaſche und Beſichtigung der Keſſelwandungen ermöglichen. Erſtgenannte Anforderung wird beſonders durch Führung der Heizgaſe in Schlangenlinien (Kammereinmauerung) erreicht, wobei die Heizgaſe im Querſtrom ſtets ſenkrecht auf die Keſſelfläche treffen. Bei Waſſerröhrenkeſſeln wird von dieſer Regel abgewichen, wenn der Roſt nicht tief genug gelegt werden kann und ſtark rauchender Brennſtoff zur Verwendung kommt. Es werden dann die zur Führung der Gaſe dienenden Zwiſchenwände parallel und nicht quer zu den Siederöhren gelegt, obgleich bei der zweiten Anordnung eine gleichmäßigere Erwärmung und Ausdehnung des ganzen Röhrenbündels erzielt wird. Die Querſchnitte der Feuerkanäle werden ungefähr gleich denen der freien Roſtfläche gewählt, wonach eine Geſchwindigkeit der Verbrennungsgaſe von 3—6 m ſich ergibt, wenn, wie gewöhnlich, die kalte Verbrennungsluft durch die Roſtſtäbe mit 0,75—1,5 m ſekundlicher Geſchwindigkeit ſtrömt. Infolge der in den rückwärtigen Feuerzügen auftretenden Verminderung der Heizgastemperaturen ergeben ſich für gleiche Gasgeſchwindigkeiten abnehmende Kanalquerſchnitte.

Schornſtein. Derſelbe dient zur Erzeugung des für die natürliche Luftzufuhr durch den Roſt in den Verbrennungsraum nötigen Zuges. Die Größe des letzteren hängt dabei von der Höhe des Schornſteins ſowie von dem Temperaturunterſchied der im Schornſtein aufſteigenden Gaſe und der äußeren Atmoſphäre ab. Für die Berechnung des Schornſteinquerſchnitts iſt die Menge der abzuführenden Gaſe, deren Temperatur und die praktiſch zweckmäßigſte Geſchwindigkeit derſelben maßgebend. Im oberen Schornſteinquerſchnitt ſoll die Geſchwindigkeit der abzuführenden Gaſe etwa 2,5—3 m betragen. Kleinere Geſchwindigkeit führt leicht zu Stauungen der Heizgaſe, während größere Geſchwindigkeit eine Vergrößerung der Reibungswiderſtände im Kamin verurſacht, deren Ueberwindung eine Vergrößerung des Zuges und der Temperatur der abgehenden Gaſe nach ſich zieht. Die Höhe des Schornſteins läßt ſich rechnungsmäßig nicht genau feſtſtellen; ſie ſoll mindeſtens gleich fein dem 25fachen inneren Durchmeſſer des Schornſteins und nicht kleiner als 16 m genommen werden (vgl. a. Schornſtein).

Querſchnittsverhältniſſe der Roſtflächen, Heizkanäle und Schornſteine ausgeführter Keſſelanlagen ergibt nachſtehende Tabelle über ſtationäre Dampfkeſſel und Lokomotivkeſſel (nach dem Jahresbericht für 1895 des Dampfkeſſelreviſionsvereins für Halle und Umgegend).

	Braunkohlen		Steinkohlen			Braunkohlen		Steinkohlen	
	Planroſte	Treppenroſte	Planroſte	Lokomobilen		Planroſte	Treppenroſte	Planroſte	Lokomobilen
Verhältnis der freien zur totalen Roſtfläche	1:1,4 1:3,96 1:6,6	1:1,2 1:1,67 1:2,6	1:3,5 1:3,8 1:4,4	1:2,5 1:3,4 1:4,4	Verhältnis des engſten Zugquerſchnittes zur freien Roſtfläche	1:0,43 1:1,37 1:4,0	1:1,4 1:3,15 1:7,0	1:1,0 1:1,2 1:1,4	1:0,8 1:1,7 1:2,7
Verhältnis der totalen Roſtfläche zur Heizfläche	1:9 1:22,6 1:42	1:16 1:22 1:33	1:18 1:23 1:36	1:24 1:35 1:42	Verhältnis des Schornſteinquerſchnittes zur totalen Roſtfläche	1:1,0 1:4,8 1:12,0	1:1,4 1:5,3 1:20,6	1:1,6 1:3,4 1:6,0	1:6,0 1:7,7 1:11,0
Verhältnis des Feuerbrückenquerſchnittes zur freien Roſtfläche	1:0,6 1:1,16 1:4,0	1:1,1 1:4,1 1:10,5	1:1,3 1:1,7 1:2,5	— — —	Verhältnis des Schornſteinquerſchnittes zur freien Roſtfläche	1:0,3 1:1,4 1:4,4	1:1,0 1:3,3 1:13,0	1:0,4 1:1,6 1:3,6	1:1,5 1:2,06 1:2,9

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Material der Dampfkeſſel. Das zum Keſſelbau verwendete Material iſt hauptſächlich Schweißeiſen, Flußeiſen und Flußſtahl, ſeltener Kupfer, Meſſing und Gußeiſen. Kupfer verwendet man nur zu den Feuerbüchſen und Stehbolzen der Lokomotiven (ſ. d.), Meſſing zu Siederohren, Gußeiſen zu Armaturſtutzen. Aus Gußeiſen dürfen geſetzlich die vom Feuer berührten Wandungen der Dampfkeſſel nur dann hergeſtellt werden, ſofern bei zylindriſcher Geſtalt die lichte Weite 25 cm, bei Kugelgeſtalt 30 cm nicht überſteigt. Die Verwendung von Meſſingblech iſt nur für Feuerrohre, deren lichte Weite 10 cm nicht überſteigt, geſtattet. Die Feſtigkeit des Kupfers nimmt mit zunehmender Erwärmung ab, bei 300° iſt dieſelbe nach v. Bach nur noch 57 % der Feſtigkeit im kalten Zuſtande.

Die Keſſelbleche aus Schweißeiſen werden in drei Qualitäten hergeſtellt: 1. Feuerblech, 2. Bördelblech, 3. Mantelblech. Die Zerreiß- und Dehnungsproben ſollen nach den Würzburger Normen bei Blechen bis 25 mm Dicke die folgenden Mindeſtzahlen ergeben:

Qualität	Feuerblech		Bördelblech		Mantelblech	
Faſerrichtung	längs	quer	längs	quer	längs	quer
Zugfeſtigkeit K_z in kg/qmm	36	34	35	33	33	30
Dehnung in Prozenten	20	15	15	12	10	8
Qualitätsziffer	56	49	50	45	43	38

Die Qualitätsziffer, d. h. Summe der Feſtigkeit in kg/qmm + Dehnung in Prozenten, muß bei allen Blechen erreicht werden, die Zugfeſtigkeit darf bei allen drei Qualitäten 40 kg/qmm nicht überſchreiten. Die Keſſelbleche aus Flußeiſen werden ebenfalls in drei Qualitäten hergeſtellt: 1. Feuerblech, 2. Mantelblech I, 3. Mantelblech II, die bei den Zerreißproben in der Längs- und Querfaſer den nachſtehenden Zahlen entſprechen ſollen:

Qualität	Feuerblech	Mantelblech I	Mantelblech II	
			Dicke < 24 mm	Dicke > 24 mm
K_z in kg/qmm	34—40	36—42	39—45	34—44
Dehnung in Prozenten . . .	25	22	20	20
Qualitätsziffer	62	61	60	60

Die Qualitätsziffer muß auch bei dieſen Blechen ſtets erreicht, die Maximalfeſtigkeit jedoch nicht überſchritten werden. Für die dem Feuer ausgeſetzten Keſſelwände (Feuerplatten) werden Bleche erſter Qualität, für die übrigen meiſt Bleche zweiter Qualität verwendet.

Berechnung der Materialſtärken. Die Wandſtärke s in Zentimetern des auf inneren Druck beanſpruchten Keſſelmantels berechnet ſich mit Berückſichtigung der Schwächung in der Nietnaht aus $s = \frac{D}{2} \cdot \frac{p}{k_z} \cdot \frac{1}{\varphi}$, wenn D den Durchmeſſer des Keſſelmantels in Zentimetern, p den größten Betriebsdruck in kg/qcm, k_z die zuläſſige Zugſpannung des Bleches in kg/qcm und φ die Feſtigkeit der Nietnaht im Vergleich zu derjenigen des vollen Bleches bezeichnet. Die Blechſtärke s ſoll nie kleiner als 7 mm genommen werden. Die zuläſſige Zugſpannung k_z des Bleches an der ſchwächſten Stelle darf bei Vernietung mit Ueberlappung nicht mehr als $\frac{1}{4{,}5}$, bei doppelt gelaſchten Nähten nicht mehr als $\frac{1}{4}$ der Zugfeſtigkeit K_z des Bleches betragen. Die folgenden Tabellen enthalten eine kleine Zuſammenſtellung der Blechſtärken und Durchmeſſer von flußeiſernen Dampfkeſſelmänteln bei verſchiedenen Dampfſpannungen:

1. Mäntel mit einreihiger Längsnaht (Ueberlappungsnietung) $K_z = 3400$ kg/qcm, $k_z = \frac{K_z}{4{,}5}$, $\varphi = 0{,}56$ [1].

Blechdicke s mm	Größter Betriebsüberdruck p in kg/qcm											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Größter zuläſſiger innerer Durchmeſſer D in mm											
7	1480	1185	987	846	740	658	592	539	494	456	423	395
8	1692	1354	1128	967	846	752	677	615	564	521	484	451
9	1904	1523	1269	1088	952	846	762	692	635	586	544	508
10	2116	1692	1410	1209	1058	940	846	769	705	651	604	564

2. Mäntel mit zweireihiger Längsnaht (Ueberlappungsnietung) $K_z = 3400$ kg/qcm, $k_z = \frac{K_z}{4{,}5}$, $\varphi = 0{,}7$ [1].

Blechdicke s mm	Größter Betriebsüberdruck p in kg/qcm											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Größter zuläſſiger innerer Durchmeſſer D in mm											
12	3173	2539	2116	1813	1587	1410	1269	1154	1058	976	907	846
14	3702	2962	2468	2116	1851	1645	1481	1346	1234	1139	1058	987
16	4231	3385	2821	2418	2116	1880	1692	1539	1410	1302	1209	1128
18	4760	3808	3173	2720	2380	2116	1904	1731	1587	1465	1360	1269

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

3. Mäntel mit dreireihiger Längsnaht (Ueberlappungsnietung) $K_z = 3400$ kg/qcm, $k_z = \frac{K_z}{4{,}5}$, $\varphi = 0{,}75$ [1].

Blechdicke s mm	Größter Betriebsüberdruck p in kg/qcm: 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Größter zuläſſiger innerer Durchmeſſer D in mm									
20	3778	3238	2833	2519	2267	2061	1889	1744	1619	1511
23	4344	3724	3258	2896	2607	2370	2172	2005	1862	1738
26	4911	4210	3683	3274	2947	2679	2456	2267	2105	1964
30	5667	4857	4250	3778	3400	3091	2833	2615	2429	2267

Zur Berechnung der Wandſtärken s_1 der auf äußeren Druck beanſpruchten Flammrohre, unter Berückſichtigung der Länge der Flammrohrſtutzen, bildet die Gleichung von C. v. Bach [3] die Grundlage:

$$s_1 = \frac{p \cdot d}{2000}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{a}{p} \cdot \frac{l}{l+d}}\right) + C.$$

In derſelben bedeutet: s_1 die Blechſtärke in Zentimetern, d den inneren Durchmeſſer des Flammrohres und l die Länge desſelben (beides in Zentimetern), p den größten Betriebsdruck in kg/qcm, a einen Koeffizienten, der bei liegenden Flammrohren mit überlappter Längsnaht = 100 iſt und für ſtehende Flammrohre mit gelaſchter oder geſchweißter Längsnaht auf 50 zurückgeht. Der Zuſchlag C beträgt bis zu 5 kg Betriebsdruck 0,15 cm und nimmt bei 7 kg auf Null ab. Die nachſtehende Tabelle gibt für einige Fälle die zweckmäßige Blechdicke s_1 in Millimetern, gültig für liegende Flammrohre, an, und zwar beziehen ſich die Werte in der mit U bezeichneten Spalte auf Rohre mit überlappt genieteter, in der mit G überſchriebenen Spalte auf Rohre mit gelaſcht genieteter oder mit geſchweißter Längsnaht. Die geringſte Wandſtärke iſt auch hierbei 7 mm. Um die Flammrohre mit möglichſt geringer Wandſtärke ausführen zu können, wird die Länge l der einzelnen Stutzen gering gewählt, und außerdem werden die Rohre durch Umbördelung ihrer Ränder und dazwiſchen gelegte Blechringe oder durch umgelegte Ringe aus Formeiſen verſteift.

Innerer Durchmeſſer d der Flammrohre in mm	Größter Betriebsüberdruck p in kg/qcm: 4		6		8		10		12	
	Blechſtärken s_1 in mm bei l = 500 mm		1000 mm		1500 mm		2000 mm		3000 mm	
	U	G	U	G	U	G	U	G	U	G
d = 500	7	7	7	7	7,5	7	9	8	10,5	9,5
d = 600	7	7	8	7,5	9	8	10,5	9,5	12,5	11
d = 700	7	7	9	8	10	9	12	11	14,5	13
d = 800	7,5	7	10	9	11,5	10,5	14	12,5	16	14,5
d = 1000	8,5	8	12	11	14	12,5	17	15,5	17,5	17,5
d = 1200	10	9	13,5	12,5	16,5	15	17,5	17,5	17,5	17,5

Wellrohre und gerippte Rohre werden nach der Formel $s_1 = \frac{p \cdot d}{1000} + C$ berechnet, worin $C = 0{,}1$—$0{,}3$ cm zu nehmen iſt; $s_1 \min = 0{,}7$ cm.

Gekrempte flache Keſſelböden erhalten nach [3] eine Wandſtärke

$$s_2 = \sqrt{\frac{3}{8} \frac{p}{K_z}\left[d_2 - r\left(1 + \frac{2r}{d_2}\right)\right]},$$

hierin bedeutet wieder s_2 die Blechſtärke in Zentimetern, p den größten Betriebsdruck wie oben, r den Wölbungshalbmeſſer der Krempe in Zentimetern, d_2 den inneren Durchmeſſer des Bodens in Zentimetern und K_z die Zugfeſtigkeit des Materials in Kilogramm-Quadratzentimetern.

In der Tabelle S. 578 ſind die nach dieſer Formel berechneten Blechdicken für einige Bodendurchmeſſer mit $K_z = 3400$ kg/qcm zuſammengeſtellt [1].

Große ebene Keſſelböden werden durch Eckbleche mit dem Mantel wirkſam verankert; bei Verwendung von einfachen Blechplatten ſind überall doppelte Winkeleiſen anzuordnen. Die Länge der Eckanker ſoll nicht zu kurz ſein und möglichſt bis zum zweiten Mantelringe reichen. Damit der Boden genügende Elaſtizität behält, ſoll der Abſtand der nächſten Niete am Kopfwinkeleiſen mindeſtens 200 mm vom Flammrohr und 150—200 mm vom Mantel betragen. Rundeiſenanker, von Boden zu Boden durchgehend, ſind nur für kurze Keſſel anwendbar, die oberſte Grenze ihrer Beanſpruchung ſoll bei Flußeiſen 600 kg/qcm nicht überſchreiten.

Die Blechdicke gewölbter voller Böden ohne Verankerung iſt, wenn der Druck im Innern der Wölbung wirkt, $s_3 = \frac{p \cdot R}{2\,k_z}$. In dieſer Formel bezeichnet wieder s_3 die Blechſtärke in Zentimetern, p den größten Betriebsüberdruck in Kilogramm-Quadratzentimetern, R den Halbmeſſer des inneren Wölbungskreiſes in Zentimetern, k_z die zuläſſige Beanſpruchung des Bleches in Kilogramm-Quadratzentimetern, und zwar bis zu 450 kg/qcm für Schweißeiſen und bis zu 600 kg/qcm für Flußeiſen.

Die ebenen Kammerwände der Waſſerrohrkeſſel werden durch Stehbolzen verſteift. Bei der Berechnung wird die geringe Steifigkeit der durch die Rohr- und Reinigungslöcher geſchwächten Platten vernachläſſigt und angenommen, daß der ganze Dampfdruck von den Stehbolzen allein aufgenommen werden muß. Die Beanſpruchung im Gewindekern der flußeiſernen Stehbolzen ſoll 600 kg/qcm nicht überſteigen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Durchmeſſer d_s mm	Wölbungshalbmeſſer r mm	Größter Betriebsüberdruck p in kg/qcm									
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	
500	45	11,5	12,5	13,5	14	15	15,5	16,5	17	17,5	Wandſtärken s_2 in mm
	60	11	12	12,5	13,5	14	15	15,5	16	17	
	100	9,5	10	10,5	11,5	12	12,5	13	13,5	14	
	150	7	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10	
600	45	14	15	16,5	17,5	18	19	20	21	21,5	
	60	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19	20	21	
	100	12	13	14	14,5	15,5	16,5	17	17,5	18,5	
	150	9,5	10,5	11	12	12,5	13	13,5	14	14,5	
750	45	18	19,5	21	22	23	24,5	25,5	26,5	27,5	
	60	17,5	19	20	21,5	22,5	23,5	24,5	26	26,5	
	100	16	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5	24,5	
	150	14	15	16	17	18	19	19,9	20,5	21	
900	45	22	23,5	25,5	27	28,5	29,5	31	—	—	
	60	21,5	23	24,5	26	27,5	29	30,5	31,5	—	
	100	20	21,5	23	24,5	26	27	28,5	29,5	30,5	
	150	18	19,5	21	22	23	24,5	25,5	26,5	27,5	
1100	45	27	29	31	—	—	—	—	—	—	
	60	26,5	28,5	30,5	—	—	—	—	—	—	
	100	25,5	27,5	29	31	—	—	—	—	—	
	150	23,5	25,5	27	28,5	30	31,5	—	—	—	

Die durch die Rohr- und Mannlochöffnungen entſtehenden Verſchwächungen im Keſſelmantel werden durch aufgenietete, die Oeffnungen einfaſſende Rahmen aus Flach- oder Winkeleiſen ausgeglichen. Die rechneriſche Ermittlung der Spannungen an dieſen Stellen iſt ſchwierig und ohne gewiſſe vereinfachende Annahmen nicht durchführbar. Man begnügt ſich in der Regel damit, die beiden Querſchnitte des Rahmens $2bc$ (ſ. Fig. 2) ſo groß zu machen, daß ſie dem herausfallenden Querſchnitt as des Keſſelmantels gleich ſind, $2bc = as$.



Fig. 2.

Neue allgemeine polizeiliche Beſtimmungen über die Anlage von Dampfkeſſeln, welche an die Stelle der Beſtimmungen vom 5. Auguſt 1890 in Preußen treten ſollen, ſind geplant (vgl. [4]).

Literatur: [1] Taſchenbuch der „Hütte“, 18. Aufl., Berlin 1902. — [2] Tetzner, F., Die Dampfkeſſel, Berlin 1902. — [3] Bach, C. v., Maſchinenelemente, 9. Aufl., Stuttgart 1903. — [4] Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1905, S. 111 ff. — Vgl. a. die Literatur unter Dampfkeſſel und Schiffskeſſel ſowie den Art. Hohlzylinder.

G. Schwarz.

Dampfkeſſelbetrieb. Da der Betrieb eines Dampfkeſſels bei nicht genügender Aufſicht und nicht fachverſtändiger Behandlung eine große Gefahr für die Umgebung einer Dampfkeſſelanlage bildet, beſtehen in faſt allen Kulturſtaaten geſetzliche Beſtimmungen und Verordnungen der zuſtändigen Behörden, nach denen die fachgemäße Ausführung, Aufſtellung und Bedienung der Dampfkeſſel, ſowohl der ſtationären als auch der Lokomobil-, Lokomotiv- und Dampfſchiffskeſſel, zu erfolgen hat.

Für das Deutſche Reich ſind in dieſer Hinſicht maßgebend: 1. §§ 24 und 25 der Reichsgewerbeordnung vom 21. Juni 1869, gültig für das Deutſche Reich (mit Ausnahme von Elſaß-Lothringen) ſeit 1. Januar 1873. 2. Die Ausführungsbeſtimmung zu § 24 der Gewerbeordnung, erlaſſen vom Bundesrat am 29. Mai 1871 (Reichsgeſetzblatt Nr. 71, 122), gegeben unter dem Titel „Allgemeinpolizeiliche Beſtimmungen über die Anlegung von Dampfkeſſeln“. 3. Allgemeine polizeiliche Beſtimmungen über die Anlegung von Dampfkeſſeln (Erlaß des Bundesrates gemäß Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 5. Auguſt 1890), eine Erweiterung der unter 2. angeführten Beſtimmungen. 4. Die Beſtimmungen über die Genehmigung, Prüfung und Reviſion der Dampfkeſſel (nach einer Vereinbarung der verbündeten Regierungen des Reiches in der Bundesratsſitzung vom 3. Juli 1890) (3. und 4. ſ. Taſchenbuch der „Hütte“, 18. Aufl., Bd. 1, S. 972 u. ff.). — Für Preußen gelten die folgenden Geſetze und Beſtimmungen: 1. Geſetz, den Betrieb der Dampfkeſſel betreffend, vom 3. Mai 1872. 2. Anweiſung betreffend die Genehmigung und Unterſuchung der Dampfkeſſel (Erlaß des Miniſteriums für Handel und Gewerbe vom 15. März 1897). Für Lokomotiv- und Dampfſchiffskeſſel ſind beſondere Beſtimmungen erlaſſen, ſo im Bahnpolizeireglement für die Eiſenbahnen Deutſchlands (C. B. 75, 57), in der Bahnordnung für deutſche Eiſenbahnen untergeordneter Bedeutung (C. B. 80, 341), und für die deutſche Kriegsmarine das durch den Chef der Admiralität erlaſſene Regulativ vom 7. Februar 1873. — Für Bayern gelten als Landesverordnungen noch die bayriſchen Verordnungen vom 21. Januar 1872, für Sachſen die ſächſiſchen Verordnungen vom 6. Juli 1871.

Die in den verſchiedenen Bundesſtaaten obwaltenden Verſchiedenheiten in den Anforderungen an die Sicherheitsvorrichtungen für Dampfkeſſel beeinträchtigen die Freizügigkeit der Dampfkeſſel in unerwünſchtem Maße. Auf Anregung des preußiſchen Miniſters für Handel und Gewerbe wird demnächſt eine Reviſion der allgemeinen polizeilichen Beſtimmungen über die Anlegung von Dampfkeſſeln vorgenommen, die, wenn von den einzelnen Bundesregierungen genehmigt, die Behandlung der Keſſel im ganzen Reiche einheitlich geſtaltet. Die Maßnahmen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

an Dampfkeſſeln, die geſetzlich oder durch behördliche Beſtimmungen vorgeſchrieben ſind, laſſen ſich in zwei Hauptklaſſen einteilen, 1. diejenigen vor der Inbetriebſetzung eines Dampfkeſſels, und 2. nach der Inbetriebſetzung, alſo während des Betriebes.

Für die Inbetriebſetzung gelten in Preußen die §§ 20—27 der oben unter 2. erwähnten Anweiſung vom 15. März 1897, wonach Dampfkeſſel, bevor ſie in Betrieb geſetzt werden dürfen, durch die zuſtändigen Keſſelprüfer einer Prüfung der Bauart (Konſtruktionsprüfung), einer Waſſerdruckprobe und einer Abnahmeprüfung zu unterwerfen ſind. Als zuſtändige Keſſelprüfer bezeichnen die §§ 2 und 3 derſelben Anweiſung bei ſtaatlichen Betrieben die Leiter dieſer Anſtalten, deren Stellvertreter oder beſonders beſtellte Prüfungsbeamte, ferner die an K. Regierungen durch dieſelben hierzu angeſtellten Bau- oder Maſchineninſpektoren, die Gewerbeinſpektoren und deren Aſſiſtenten bezw. bei noch nicht vorhandenen Gewerbeinſpektionen die zur Zeit des Erlaſſes der Anweiſung damit beauftragten Kreisbaubeamten oder beſonders dazu berufenen Sachverſtändigen. Bei Vereinen von Dampfkeſſelbeſitzern, die eine regelmäßige und ſorgfältige Ueberwachung der Keſſel vornehmen laſſen, ſogenannten Dampfkeſſelüberwachungs- oder Dampfkeſſelreviſionsvereinen, werden die Prüfungen der Dampfkeſſel von beſonders dazu angeſtellten Ingenieuren nach Maßgabe der ihnen vom Miniſter für Handel und Gewerbe verliehenen Berechtigungen ausgeführt. Die Prüfung der Bauart hat die Unterſuchung des Keſſels in bezug auf die Zuſammenſetzung, das Material und auf die Ausführung des Keſſels zum Gegenſtand. Die Waſſerdruckprobe bezweckt die Prüfung der Widerſtandsfähigkeit und Dichtigkeit des Keſſels und muß bei Keſſeln für nicht mehr als 5 Atmoſphären Ueberdruck mit dem zweifachen Druck des beabſichtigten Ueberdrucks, für alle Keſſel mit höherem Drucke mit einem Ueberdruck, der den höchſten beabſichtigten Ueberdruck um 5 Atmoſphären (1 Atmoſphäre = 1 kg/qcm) überſteigt, vollzogen werden. Sie erfolgt vor der Ummantelung oder Einmauerung des Keſſels, damit derſelbe von allen Seiten leicht zugänglich iſt und jede Undichtigkeit, die ſich durch herausſchwitzendes oder herausſpritzendes Waſſer erkenntlich macht, ſofort erkennbar wird. Die Abnahmeprüfung hat feſtzuſtellen, ob die Ausführung der Keſſelanlage den Beſtimmungen der erteilten Genehmigung entſpricht, und findet nach der Einmauerung oder Ummantelung des Keſſels an Ort und Stelle ſtatt, während die Waſſerdruckprobe auch in der Keſſelfabrik nach erfolgter Fertigſtellung des Keſſels ſtattfinden darf. — Zum vollſtändigen betriebsfähigen Zuſtand eines Dampfkeſſels muß derſelbe mit der Armatur (ſ. d. ſowie Dampfkeſſelausrüſtung) verſehen ſein, und man unterſcheidet ſogenannte grobe und feine Armatur; zur erſteren gehören Roſtſtäbe, Roſtträger, Feuergeſchränke, Zugabſperrvorrichtungen, Regulierſchieber und Abſperrvorrichtung bei Keſſeln mit Gasfeuerung, Fülltrichter mit Deckeln bei Feuerungen mit Füllvorrichtungen, Halbgasfeuerungen u. ſ. w.; zur letzteren die Ein- und Auslaßventile für Waſſer und Dampf, die Sicherheits- und Kontrollvorrichtungen, von denen in den Allgemeinen polizeilichen Beſtimmungen vom 5. Auguſt 1890 folgende vorgeſchrieben ſind: 1. ein Speiſeventil; 2. zwei zuverläſſige, voneinander unabhängige Speiſevorrichtungen, deren jede für ſich allein imſtande ſein muß, dem Keſſel die zur Speiſung erforderliche Waſſermenge zuzuführen; 3. ein Waſſerſtandsglas und eine zweite Vorrichtung zur Erkennung des Waſſerſtandes; 4. eine den niedrigſten zuläſſigen Waſſerſtand anzeigende, am Waſſerſtandsglas befindliche, und eine zweite ebenſolche, am Keſſelmauerwerk oder der Keſſelwand befeſtigte Marke; 5. mindeſtens ein zuverläſſiges Sicherheitsventil; 6. ein zuverläſſiges Manometer mit einer den feſtgeſetzten höchſten Dampfdruck deutlich bezeichnenden Marke; 7. ein die feſtgeſetzte höchſte Dampfſpannung, den Namen des Fabrikanten des Keſſels, die laufende Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung des Keſſels enthaltendes metallenes Schild. — Vor dem Inbetriebſetzen eines Dampfkeſſels ſind alle Armaturen nachzuſehen, ob dieſelben an richtiger Stelle und in der vorgeſchriebenen Anzahl u. ſ. w. angebracht wurden, leicht und richtig funktionieren und dampfdicht ſind, wovon man ſich allerdings erſt nach dem Anheizen und nach erfolgter Dampfbildung überzeugen kann. Vor dem Anheizen ſind ſämtliche Züge nochmals nachzuſehen, ob dieſelben nicht etwa verſtopft oder durch Bauſchutt verengt wurden, in welchem Falle ſie zu reinigen ſind. Hierauf wird der Keſſel bis zur Höhe des mittleren Waſſerſtandes gefüllt und die Keſſelmauern durch ein langſam brennendes Feuer, das je nach der Größe und Lage des Keſſels (iſoliert oder in einer im Betrieb befindlichen Batterie) oft mehrere Tage lang brennt, ausgetrocknet. Beim erſten ſtärkeren Anheizen zur Dampferzeugung muß das Sicherheitsventil öfters angehoben werden, um die im Keſſel noch enthaltene Luft auszublaſen. Da beim Anheizen des Keſſels der Schornſtein noch kalt iſt, wird zur Vermehrung des Zuges am Boden des Schornſteins ein ſchwaches Stroh- und Reiſerfeuer angezündet und hierdurch die Luftſäule im Schornſtein angewärmt. Das Anheizen muß überhaupt möglichſt langſam und ſorgfältig erfolgen, um ein allmähliches Anwärmen des ganzen Keſſels zu bewirken und zu raſche Spannungsänderungen zu vermeiden.

Für das Verhalten des den Keſſel bedienenden Wärters, des Heizers, ſind zahlreiche Verhaltungsmaßregeln aufgeſtellt worden, und dieſelben werden in den Keſſelhäuſern aufgehängt. Erwähnt ſeien die vom Verbande der Dampfkeſſelüberwachungsvereine herausgegebenen

Dienſtvorſchriften für Keſſelwärter.

Allgemeines.

1. Die Keſſelanlage iſt ſtets rein und in Ordnung zu halten, alles nicht Dahingehörige iſt fernzuhalten.

2. Der Keſſelwärter iſt verpflichtet, Unbefugte aus der Keſſelanlage zu entfernen.

3. Der Keſſelwärter darf ſeinen Poſten nicht verlaſſen und iſt für Wartung des Keſſels verantwortlich.

Inbetriebſetzung des Keſſels.

1. Vor dem Füllen des Keſſels iſt zu unterſuchen, ob ſämtliche zu demſelben gehörige Apparate gangbar und deren Zuführungen zum Keſſel frei ſind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

2. Das Anheizen darf erſt erfolgen, nachdem der Keſſel genügend mit Waſſer verſehen iſt.
3. Während des Anheizens ſoll das Dampfventil geſchloſſen, das Sicherheitsventil dagegen ſo lange geöffnet bleiben, bis Dampf entweicht.
4. Das Nachziehen von Dichtungen hat während des Anheizens zu erfolgen.
5. Waſſerſtandsapparate und Manometer ſind zu probieren und ſtetig zu beobachten.

Betrieb des Keſſels.

1. Hähne und Ventile ſind langſam zu öffnen und zu ſchließen.
2. Der Waſſerſtand ſoll auf normaler Höhe erhalten werden und darf nicht unter die Marke des niedrigſten Standes ſinken.
3. Die Waſſerſtandsapparate ſind, unter Benutzung ſämtlicher Hähne und Ventile, täglich recht oft zu probieren. Vorkommende Unregelmäßigkeiten, insbeſondere Verſtopfungen, ſind ſofort zu beſeitigen.
4. Die Speiſevorrichtungen ſind täglich ſämtlich zu benutzen und ſtets in brauchbarem Zuſtande zu erhalten.
5. Das Manometer iſt zeitweiſe zu kontrollieren, ob der Zeiger auf Null zurückgeht.
6. Der Dampfdruck ſoll die feſtgeſetzte höchſte Spannung nicht überſchreiten.
7. Die Sicherheitsventile ſind täglich durch vorſichtiges Anheben zu lüften. Jede Vergrößerung der Belaſtung der Sicherheitsventile iſt ſtrafbar.
8. Beim jedesmaligen Oeffnen der Feuertüren iſt der Zug zu vermindern.
9. Kurz vor oder während Stillſtandspauſen iſt der Keſſel über den normalen Waſſerſtand zu ſpeiſen und der Zug zu vermindern.
10. Beim Schichtwechſel darf der abtretende Wärter ſich erſt dann entfernen, wenn der antretende Wärter alles in ordnungsmäßigem Zuſtande übernommen hat.
11. Sinkt das Waſſer unter die Marke des niedrigſten Standes, ſo iſt die Einwirkung des Feuers aufzuheben und dem Vorgeſetzten unverzüglich Anzeige zu machen.
12. Steigt der Dampfdruck zu hoch, ſo iſt der Keſſel zu ſpeiſen und der Zug zu vermindern. Genügt dies nicht, ſo iſt die Einwirkung des Feuers aufzuheben.
13. Bei Beendigung der Arbeitszeit hat der Wärter den Dampf tunlichſt wegzuarbeiten, das Feuer allmählich zu mäßigen und eingehen zu laſſen bezw. vom Keſſel abzuſperren. Außerdem muß der Rauchſchieber geſchloſſen und der Keſſel bis über den normalen Stand geſpeiſt werden.
14. Bei außergewöhnlichen Erſcheinungen, Undichtigkeiten, Beulen, Erglühen von Keſſelteilen iſt die Einwirkung des Feuers ſofort aufzuheben und dem Vorgeſetzten unverzüglich Meldung zu machen.

Außerbetriebſetzung des Keſſels.

1. Das vollſtändige Entleeren des Keſſels darf erſt vorgenommen werden, nachdem das Feuer entfernt und das Mauerwerk möglichſt abgekühlt iſt. Muß die Entleerung unter Dampfdruck erfolgen, ſo darf ſolches mit höchſtens 1 Atmoſphäre Ueberdruck geſchehen.
2. Das Einlaſſen von kaltem Waſſer in den eben entleerten Keſſel iſt auf das ſtrengſte unterſagt.

Reinigung des Keſſels.

1. Die Züge und die äußeren Keſſelwandungen ſind möglichſt oft und gründlich von Flugaſche und Ruß zu reinigen.
2. Keſſelſtein und Schlamm ſind aus dem Keſſelinnern ebenfalls oft und gründlich zu entfernen. Das Abklopfen des Keſſelſteins darf nicht mit zu ſcharfen Werkzeugen ausgeführt werden.
3. Von andern im Betriebe befindlichen Keſſeln muß der zu befahrende Keſſel in ſämtlichen Rohrverbindungen und Feuerungseinrichtungen ſicher abgeſperrt ſein.
4. Der Wärter hat ſich von der ſtattgehabten gründlichen Reinigung des Keſſels und der Züge perſönlich zu überzeugen. Dabei ſind die Keſſelwandungen genau zu beſichtigen und iſt der Zuſtand des Keſſelmauerwerkes zu unterſuchen. Etwaige Unregelmäßigkeiten ſind, ſowie dieſelben nicht gleich beſeitigt werden, ſofort zur Anzeige zu bringen.

Der ſachgemäße Keſſelbetrieb [1] erſtreckt ſich einerſeits auf die Feuerung, anderſeits auf die Dampferzeugung. — Die richtige Behandlung der Feuerung iſt von größter Wichtigkeit für die Oekonomie des Keſſelbetriebs. Aus Wettheizverſuchen, die an verſchiedenen Orten angeſtellt wurden, ergab ſich das ſehr intereſſante Reſultat, daß die Ausnutzung der Kohle bei verſchiedenen Heizern eine ganz verſchiedene iſt und bei Steinkohlen Unterſchiede von 50 %, bei Braunkohlen ſogar von über 100 % vorkamen. Haupterforderniſſe für richtige Heizung ſind: möglichſt gleichförmiges Brennmaterial, Vermeiden des Vorkommens großer Stücke in den Kohlen; ferner richtige und gleichmäßige Schütthöhe auf dem ganzen Roſt, die im allgemeinen bei Braunkohlen 6 cm, bei Steinkohlen 10 cm und bei Koks 20 cm beträgt. — Aus dieſem Grunde werden bei großen Keſſelanlagen mechaniſche Beſchickungsvorrichtungen (ſ. Keſſelhaus) angewendet, mit denen eine gleichmäßige Aufgabe des Brennſtoffes und günſtigſte Schutthöhe erreicht werden kann. Dieſelben erfordern aber nicht ſelten ziemlich teure Inſtandhaltung, ſo daß der durch die beſſere Verbrennung erzielte Gewinn wieder teilweiſe durch die Reparaturkoſten verloren geht. Eine weitere Bedingung der richtigen Feuerung iſt die richtige Luftzufuhr. Bei ungenügender Luftmenge gehen unverbrannte Gaſe als Rauch nutzlos verloren, bei zu großer Luftzufuhr (Luftüberſchuß) findet ein Wärmeverluſt durch die unnötig erwärmte, durch den Keſſel ſtreichende überſchüſſige Luft ſtatt. Die Regulierung der Luftzufuhr geſchieht hauptſächlich durch den im Fuchs des Keſſels angebrachten Fuchsſchieber und je nach Bedarf auch durch Verſtellen der Tür des Aſchenfalls oder eines in der Feuertür befindlichen Schiebers. Um dem Heizer eine fortwährende Kontrolle der Feuerung zu ermöglichen, wendet man in

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

neuerer Zeit vielfach Apparate an, die den Kohlenſäuregehalt der Abgaſe anzeigen und meiſtens am vorderen Keſſelmauerwerk befeſtigt ſind. Hierher gehören die Arndtſche Gaswage oder das Oekonometer, der Heizeffektmeſſer Ados, das Daſymeter (ſ. d.) von Walther Dürr, die Luxſche Gaswage, der Cuſtodisſche Kohlenſparer u. ſ. w. (ſ. Gaswagen). Zur Regulierung des Luftzutritts dienen ferner die Zugregulatoren, ſo diejenigen der Rheiniſchen Apparatenbauanſtalt in Brühl bei Köln (D.R.P. Nr. 58050), der Schornſteinregulator von Speckbötel u. a. — Eine größere Anzahl neuerer Feuerungsanlagen bezwecken eine Vorwärmung der Verbrennungsluft, indem dieſelbe durch Rohre, die im Fuchs oder in den Zügen oder in den Flammenrohren oder über dem Keſſel liegen, zum Roſt geleitet wird. — Das Decken des Feuers vor oder während der Betriebspauſen iſt vom wirtſchaftlichen Standpunkt aus durchaus zu verwerfen. Außerdem führt es bei ſehr gasreichen Kohlen zuweilen zu Gasexploſionen in den Feuerzügen, beſonders dann, wenn mit dem Rauchſchieber nicht vorſichtig verfahren wird. Nach einer Entſcheidung des Kammergerichts in Berlin iſt das Decken des Keſſelfeuers eine gefährliche und leichtfertige Handlungsweiſe, die im Widerſpruch mit den Beſtimmungen des Dampfkeſſelgeſetzes vom 3. Mai 1872 ſteht und daher in Preußen ſtrafbar iſt [2]. Außerordentlich wichtig für den vorteilhaften Betrieb eines Keſſels, für ſeine Haltbarkeit und die Verhütung von Keſſelſteinablagerungen und die dadurch verurſachte Exploſionsgefahr iſt die Beſchaffenheit des Keſſelſpeiſewaſſers. Dasſelbe wird in neuerer Zeit vielfach durch beſondere Reinigungsapparate gereinigt (ſ. Keſſelſpeiſewaſſerreiniger) und vor dem Einpumpen in den Keſſel vorgewärmt.

Alle dauernd oder nur in beſtimmten Zeitabſchnitten im Betrieb befindlichen oder nur als Reſervekeſſel dienenden Keſſel unterliegen den geſetzlichen Beſtimmungen über die regelmäßigen techniſchen Unterſuchungen (ſ. die obenzitierte Anweiſung vom 16. März 1892 und 15. März 1897, Abſchn. 5); dieſelben werden bei Keſſeln, die Mitgliedern der Dampfkeſſelüberwachungsvereine gehören, von den Reviſionsbeamten dieſer Vereine, ſonſt von den ſtaatlichen Prüfungsbeamten ausgeführt, und es iſt eine äußere, eine innere Prüfung oder auch eine Druckprobe vorgeſchrieben, von denen die erſtere bei ſtationären Keſſeln alle 2 Jahre, bei beweglichen und Schiffskeſſeln alljährlich, die zweite bei ſtationären Keſſeln alle 4 Jahre, bei beweglichen alle 3 Jahre und bei Schiffskeſſeln alle 2 Jahre, die Waſſerdruckprobe bei ſtationären Keſſeln mindeſtens alle 8 Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkeſſeln alle 6 Jahre ſtattfindet und bei den letzten beiden Syſtemen mit der in demſelben Jahre fälligen inneren Unterſuchung womöglich zu verbinden iſt. Nach jeder Hauptreparatur, ſofern eine ſolche in der Keſſelfabrik ausgeführt oder der Keſſel zur Ausbeſſerung an der Betriebsſtelle ganz bloßgelegt worden iſt, hat ebenfalls eine Waſſerdruckprobe ſtattzufinden. Jeder einem Dampfkeſſelüberwachungsverein angehörige oder unter ſtaatlicher Aufſicht ſtehende Keſſel beſitzt ein Reviſionsbuch, in dem der Zeitpunkt und die Ergebniſſe aller Prüfungen und Unterſuchungen einzutragen ſind.

Literatur: [1] Schlippe, E., Der Dampfkeſſelbetrieb, 3. Aufl., Berlin 1900. — [2] Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingenieure 1903, S. 66; Tetzner, F., Die Dampfkeſſel, Berlin 1902; zahlreiche Abhandlungen und Mitteilungen über Dampfkeſſelbetrieb ſ. Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure.

G. Schwarz.

Dampfkeſſeleinmauerung. Die aus Mauerwerk ausgeführte Ummantelung der ſtationären Keſſel oder Einmauerung, durch welche die den Keſſel umgebenden Feuerzüge gebildet, die Wärmeausſtrahlung des Keſſels verringert bezw. ganz verhindert werden ſoll und der Keſſel getragen wird, beſteht aus dem Fundament des Keſſels, den Seiten-, Vorder- und Hinterwänden, dem Anſchlußkanal an den Schornſtein oder den Fuchs und der Abdeckung des Keſſels.

Bei der Berechnung des Fundaments iſt das Gewicht des ganz mit Waſſer gefüllten Keſſels im betriebsfähigen Zuſtande mit allen Armaturen in Rechnung zu ſetzen. Die zur Unterſtützung des Keſſels dienenden Böcke ſind ſo zu bemeſſen, daß der Druck pro Quadratzentimeter der oberen Fläche nicht mehr als 6 kg beträgt. Die Böcke müſſen gegen die Außenringe oder Schüſſe von größerem Durchmeſſer drücken, ſollen jedoch nicht direkt unter einer Quernaht ſtehen, ſondern ſeitlich daneben. Der Ausdehnung des Keſſels wegen empfiehlt es ſich, bei Anordnung von zwei und mehreren Keſſelſtühlen nur einen feſt zu legen, die übrigen aber verſchiebbar auf Rollen zu lagern. Die Keſſelſtühle ſind dort, wo ſie von den heißen Gaſen beſtrichen werden, durch vorgeſetztes Mauerwerk zu ſchützen. An freitragenden Keſſelteilen iſt zur Entlaſtung der Rundnähte elaſtiſche Aufhängung ſehr zu empfehlen; ſtarre Aufhängung oder Unterſtützung durch Tragpratzen iſt in der Regel wirkungslos, weil der Keſſelteil bei der Erwärmung ſich hebt. Bei vorhandenem hohen Grundwaſſer oder feuchtem Boden muß eine Iſolierſchicht aus Aſphalt angebracht werden. Als Steinmaterial dienen gewöhnliche Ziegel und feuerfeſte Steine, letztere für den Anſchluß des Mauerwerks an den Keſſel unter dem niedrigſten Waſſerſtand, ferner für das Herdmauerwerk oder den Feuerungsraum bei Unter- und Vorfeuerungen ſowie für die Feuerbrücke, kurz, an allen Stellen, die von den Stichflammen noch getroffen werden. Längere Züge können auch nur mit feuerfeſten Steinen verblendet werden. Die Stärke der Seiten- und Stirnwände beträgt 1½—2 Stein (38—51 cm). Bei Außenmauern iſt es angezeigt, eine Luftſchicht von etwa 50 mm Breite anzuordnen. Zur Entfernung des in den Heizkanälen ſich anſammelnden Rußes und der Flugaſche werden in den Seitenwänden beſondere Putzlöcher vorgeſehen, die mit gußeiſernen Zargen eingefaßt und durch ebenſolche Deckel verſchloſſen werden. Dieſe Oeffnungen ordnet man mit Vorteil da an, wo die Gaſe ihre Stromrichtung ändern. An Waſſerrohrkeſſeln wird vielfach die Einrichtung getroffen, daß die Rohre von außen von dem ihnen anhaftenden Ruß und der Flugaſche mittels Dampfſtrahls befreit werden. Die Befeſtigung des Feuergeſchränkes geſchieht bei Flammrohrkeſſeln

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

am beſten durch Verſchraubung mit dem vorſtehenden Teil des Flammrohrs, bei Außenfeuerung iſt kräftige Verankerung desſelben mit dem Mauerwerk geboten. Alle Keſſelmauern müſſen mindeſtens 80 mm von den Gebäudemauern entfernt ſein. Ueberdeckungen und Anſchlüſſe an den Keſſel ſind nicht durch Gewölbe, ſondern durch allmähliches Vorkragen des Mauerwerks auszuführen. Die Abdeckung der Keſſel erfolgt durch eine Lehmſchicht und eine darüber befindliche Schicht aus Schlacke, Aſche, Sand u. ſ. w. Keſſelteile, die aus dem Mauerwerk heraustreten, Armaturſtutzen, vorderer Boden bei Flammrohrkeſſeln u. ſ. w. dürfen vom Mauerwerk nicht berührt werden; vielmehr ſoll ringsum ein durch Schlackenwolle oder ſonſtiges unverbrennliches und gut iſolierendes Material ausgefüllter Spielraum von 30—50 mm bleiben. Die Dichtheit des Keſſelmauerwerks ſoll ſo vollkommen als möglich ſein; die durch etwaige Ritzen des Gemäuers eintretende ſogenannte falſche Luft kann den Heizeffekt ganz bedeutend herunterdrücken. Die Verankerung des Keſſelmauerwerks zur Befeſtigung desſelben und zur feſteren Verbindung des Keſſels mit dem Mauerwerk geſchieht durch aufrecht ſtehende, zum Teil in das Fundament eingelaſſene Schienen und Doppel-T-Eiſen, durch Längsanker aus zölligem bis 1½ zölligem Rundeiſen mit gegen gußeiſerne Roſetten geſchraubten Muttern ſowie durch Queranker, die häufig aus ⊏-Eiſen ausgeführt werden, über dem Keſſelmauerwerk liegen und mit den lotrecht ſtehenden Schienen verbunden ſind. Die Waſſerrohrkeſſel neuerer Konſtruktion erhalten ein eignes Geſtell, an dem ſie frei aufgehängt werden, ſo daß ſie ſich nach allen Richtungen hin, ohne die Einmauerung zu ſtören, ausdehnen können (ſ. a. Feuerungsanlagen).

Literatur: Tetzner, F., Die Dampfkeſſel, Berlin 1902. *G. Schwarz.*

Dampfkeſſelexploſion. Die wirklichen Urſachen der Keſſelexploſionen können in folgenden Umſtänden gefunden werden: fehlerhafte Konſtruktion, ſchlechtes Material, Altersſchwäche, nachläſſige Bedienung.

Fehlerhafte Konſtruktion kann gegeben ſein in der Verwendung zu ſchwacher Bleche, mangelhafter Verankerung und nachläſſiger Arbeit. Altersſchwäche entſteht durch inneres und äußeres Abroſten der Keſſelbleche, Stehbolzen und Anker, ferner durch Beulenbildung in den Blechen infolge undichter Nieten, Nietnähte oder Garniturteile. — Bei nachläſſiger Bedienung entſtehen Keſſelexploſionen infolge Waſſermangels, zu hoher Dampfſpannung oder zu ſtarker Keſſelſteinbildung. Der Waſſermangel entſteht meiſt durch vernachläſſigte Speiſung, ferner durch Ueberkochen oder plötzliche Undichtheit. Durch Waſſermangel werden Teile der Heizfläche bloßgelegt und erglühen. Die dadurch entſtehende Verminderung der Feſtigkeit des Bleches gibt zu Beulen oder Riſſen Veranlaſſung, die des weiteren eine Exploſion im Gefolge haben können. Eine Ueberſchreitung der zuläſſigen Dampfſpannung kann nur eintreten, wenn die Sicherheitsventile ſchlecht funktionieren oder das Manometer unrichtig zeigt. Die Keſſelſteinbildung verurſacht leicht eine Ueberhitzung der Bleche, die durch die damit verbundene Feſtigkeitsverminderung zur Beulen- und Riſſebildung Veranlaſſung gibt. Eine weitere Urſache zur Bildung von Beulen kann, wie v. Bach nachgewieſen hat [1], die durch unreines, beſonders ölhaltiges Speiſewaſſer entſtehende örtliche Wärmeſtauung in den Feuerplatten ſein. Die Einbeulungen bezw. Ausbauchungen treten hierbei auch ohne Waſſermangel, ohne Erglühen, alſo ohne Weichwerden des Bleches und ohne Ueberſchreitung der höchſten zuläſſigen Betriebsſpannung infolge übertriebener, wenn auch nur kurze Zeit währender Inanſpruchnahme der betreffenden Heizflächenteile bei gleichzeitiger Erſchwerung des Wärmeübergangs vom Keſſelblech ins Speiſewaſſer, auf. Gelangt das im Speiſewaſſer enthaltene Oel an eine ſolche Stelle der Keſſelwand, ſo wird dort trotz der geringen Stärke der Oelſchicht der Wärmeübergang aus der Heizfläche in das Waſſer außerordentlich erſchwert. Die von der Wärmeſtauung betroffenen Flächen werden heißer als die benachbarten vom Waſſer gekühlten Teile der Wandung und ſuchen ſich auszudehnen; da die kältere Umgebung dieſes Beſtreben aber nicht genügend unterſtützt, ſo entſteht die Neigung, nach der Seite auszuweichen, d. h. ſich auszubauchen bezw. einzubeulen, je nachdem die Wandung unter innerem oder äußerem Ueberdruck ſteht. Dieſe Formveränderungen gehen zwar zunächſt nur ſo weit, als es das Beſtreben der wärmeren Stelle ſich auszudehnen unter Einwirkung des Dampfdruckes verlangt; es kann ſich aber an der Beule durch Ueberanſtrengung des Materials ein Riß bilden, der bei einer möglichen weiteren Vergrößerung eine ſolche Entlaſtung des Dampfkeſſels durch Ausſtrömen von Waſſer und Dampf bewirkt, daß die mit der Druckverminderung freiwerdende Wärme des Waſſers plötzlich die Dampfentwicklung maſſenhaft ſteigert und eine wirkliche Exploſion des Keſſels herbeiführt.

Der Zentralverband der preußiſchen Dampfkeſſelüberwachungsvereine in Gemeinſchaft mit dem Verbande deutſcher Privatfeuerverſicherungsgeſellſchaften und dem Internationalen Verbande der Dampfkeſſelüberwachungsvereine hat folgende Definition der Dampfkeſſelexploſion aufgeſtellt: Erleidet die Wandung eines Dampfkeſſels eine Trennung in ſolchem Umfange, daß durch Ausſtrömen von Waſſer und Dampf eine plötzliche Ausgleichung der Spannungen innerhalb und außerhalb des Keſſels ſtattfindet, ſo iſt dieſer Unfall als Exploſion zu bezeichnen.

Literatur: [1] Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1894, S. 1420; 1902, S. 73 ff.; 1905, S. 111 ff. und 379. *G. Schwarz.*

Dampfkeſſelfabrikation erfordert zur tunlichſten Einſchränkung der Exploſionsgefahr, daß nur ausgeſuchte, tadelloſe Bleche, Winkeleiſen, Nieten u. ſ. w. zur Verwendung gelangen und in durchaus ſolider Weiſe verarbeitet werden. Für die Blechſtärken und Qualitätsziffern bezw. deren Prüfung gelten die abgeänderten Würzburger Normen, angenommen von dem Internationalen Verbande der Dampfkeſſelüberwachungsvereine am 25. Juni 1881 und abgeändert am 27. Juni 1895 zu Kiel, ſowie die von demſelben Verbande 1884 zu Brüſſel

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

angenommenen Hamburger Normen, die von ihm zuletzt am 16. und 17. Juni 1898 zu Baden-Baden abgeändert wurden [1].

Hiernach ſind die in drei Qualitäten hergeſtellten Keſſelbleche aus Schweißeiſen, nämlich: 1. Feuerblech, 2. Bördelblech, 3. Mantelblech, je nach ihrer Güte ſeitens des Walzwerkes außer mit dem Stempel des Werkes mit dem Qualitätsſtempel S I für Feuerblech, S II für Bördelblech und S III für Mantelblech zu verſehen. Ueber die Abnahme der Bleche wird beſtimmt, daß ſämtliche Platten bei der Beſichtigung auf dem Walzwerke mindeſtens an zwei Stellen abzuſtempeln ſind, und zwar mit dem Stempel des abnehmenden Beamten und mit einer laufenden Nummer. Bei einer zu unterſuchenden Blechbeſtellung ſollen in der Regel folgende Proben genommen werden: 1. von ſämtlichen Feuerblechen, 2. von 50 % der Bördelbleche, 3. von 25 % der Mantelbleche, mindeſtens jedoch von drei Platten, und zwar bei 1. und 2. ſowohl Zerreiß- als auch Biegeproben in Längs- und Querfaſer, bei 3. jedoch nur zur Hälfte Zerreiß- und zur Hälfte Biegeproben in Längs- und Querfaſer. Die Zerreißfeſtigkeit darf bei allen drei Qualitäten 40 kg/qmm nicht unterſchreiten.

Zu Keſſelblechen aus Flußeiſen darf bis auf weiteres nur im Flammofen hergeſtelltes Flußeiſen verwendet werden. Für die drei Qualitäten: Feuerblech, Mantelblech I, Mantelblech II gelten entſprechend dem unter Keſſelblech aus Schweißeiſen Bemerkten, für flußeiſerne Keſſelbleche die Qualitätsſtempel F I für Feuerblech, F II für Mantelblech I, F III für Mantelblech II. Aus Mantelblech II dürfen nur ſolche Teile des Keſſelmantels gefertigt werden, die von den Feuergaſen nicht berührt werden, und aus Mantelblech I nur ſolche Teile des Keſſelmantels, die nicht im erſten Feuerzuge liegen. Alle übrigen Teile der Keſſelwandung, einſchließlich derjenigen, die gebördelt werden, wie z. B. Böden, Stutzen, Dome u. ſ. w., ſind aus Feuerblech herzuſtellen. Die Abnahme geſchieht nach denſelben Grundſätzen wie für die Keſſelbleche aus Schweißeiſen, jedoch mit der Abweichung, daß bei einer zu unterſuchenden Blechbeſtellung in der Regel folgende Proben entnommen werden ſollen: 1. von ſämtlichen Feuerblechen, 2. von 50 % aller Mantelbleche, und zwar bei 1. ſowohl Zerreiß- als auch Biegeproben in Längs- und Querfaſer, bei 2. jedoch nur zur Hälfte Zerreiß- und zur Hälfte Biegeproben; außerdem ſind von allen Blechen der Beſtellung Härtungsbiegeproben zu nehmen. Die Blechſtärken und die Verhältniſſe der Niet- und Schraubenverbindungen werden im allgemeinen nach den Regeln der Hamburger Normen beſtimmt. Die Längsnähte des Keſſelmantels ſind möglichſt derart anzuordnen, daß ſie nicht vom Mauerwerk und von Keſſelträgern verdeckt ſind, damit ſie ohne deren Beſeitigung nachgeſtemmt werden können. Die Längsnähte der aufeinander folgenden Schüſſe des Mantels ſind zu verſetzen. Dabei darf keine Mantellängsnaht im erſten Zugkanale liegen. Bei Flammrohren ſoll keine Nietnaht im direkten Feuer liegen, die Längsnähte kommen daher ſtets nach unten. Der erſte Schuß muß bis hinter die Feuerbrücke reichen, er iſt in der Regel zylindriſch und wird von dem zweiten Schuß, der wie alle folgenden koniſch ausgeführt iſt, von außen umfaßt, damit ſich die heißen Gaſe nicht gegen die Blechkante ſtoßen. Die Nietnähte ſollen ſo ausgeführt werden, daß der erforderliche Widerſtand gegen Gleiten vorhanden iſt und daß die Widerſtandsfähigkeit der Niete gegen Abſcheren nicht geringer iſt, als die in Rechnung zu ziehende Feſtigkeit des Bleches in der Nietnaht. Bei Laſchennietungen ſollen die Laſchen aus Blechen von mindeſtens gleicher Güte wie die der Mantelbleche geſchnitten werden [2].

Die Flanſchen der Armaturſtutzen u. ſ. w. ſind ſo dick zu machen, daß ſie Biegungsbeanſpruchungen und dem Durchbiegen ſicher widerſtehen können. Bei Bemeſſung der Schrauben muß etwaigen Biegungsſpannungen derſelben durch einſeitig liegende Dichtungen u. dergl. beſonders Rechnung getragen werden. Schwächere Schrauben als ſolche von 16 mm äußerem Durchmeſſer ſind tunlichſt zu vermeiden; Schrauben unter 13 mm Durchmeſſer ſind nicht zuläſſig.

Die Einfeuerungsteile ſind kräftig zu halten, und der Verſchluß der Feuerung, Aſchenfall und ſonſtige Türen ſind zu hobeln, um beim Stillſtande den Eintritt kalter Luft in die Feuerzüge zu verhindern.

Bei der großen Verſchiedenartigkeit der Keſſelkonſtruktionen läßt ſich der Arbeitsvorgang bei der Fabrikation im einzelnen hier nicht eingehend beſchreiben. Die Herſtellung der einfachen Walzen geſchieht etwa in der nachſtehenden Reihenfolge: Die Bleche werden vor der Bearbeitung genau beſichtigt und durch Abhämmern auf etwaige Fehlſtellen unterſucht; auch während der Arbeit iſt ſorgfältig darauf zu achten, ob irgend welche Fehler zum Vorſchein kommen. Die Platten werden, wenn nicht auf Maß vom Werk bezogen, nach den verlangten Abmeſſungen auf der Blechſchere beſchnitten und die Stemmkanten auf einer Spezialmaſchine ſchräg angehobelt; das Behauen dieſer Kanten mit dem Meißel von Hand iſt bei Flußeiſenblechen zu verwerfen. Die Zuſchärfung der Blechecken für die Wechſel erfolgt vor dem Biegen und Lochen und muß möglichſt ſchlank ausgeführt werden, ſo daß jede Ecke über den Wechſelniet hinaus und noch durch einen vollen Niet reicht. Die Nietlöcher ſollen nicht durchgeſtoßen, ſondern gebohrt werden, Schweißeiſen iſt hiergegen weniger empfindlich als Flußeiſen, bei dem, wenn die Einrichtung oder die Herſtellungskoſten das Bohren nicht geſtatten, zum mindeſten die Löcher kleiner geſtanzt und dann aufgebohrt werden ſollten. Starke Bleche und ſolche für kleine Durchmeſſer müſſen warm gebogen werden. Zu dieſem Zweck werden die Platten im Flammofen auf Rotglut erhitzt und auf der Biegemaſchine, die Bleche aus Schweißeiſen in der Richtung ihrer Längsfaſer, in die richtige Form gebogen. Flußeiſenbleche dürfen nur in der Rotglühhitze und nicht im ſchwarz- oder blauwarmen Zuſtand, eher noch ganz kalt, gebogen werden. Als Biegemaſchine iſt die ſtehende, hydrauliſch betätigte Biegepreſſe der horizontalen Blechwalze aus verſchiedenen Gründen vorzuziehen. Das Zuſammenrichten der Bleche darf nur in gehörig erwärmtem Zuſtand geſchehen, und es iſt beſonders auf das Ausrichten der Wechſel die größte Sorgfalt zu verwenden. Die hierbei teilweiſe zu erwärmenden Bleche müſſen beſonders bei Flußeiſen langſam abkühlen, und es muß der Uebergang von den wärmeren zu den kälteren

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Stellen ein allmählicher ſein. Nach dem Zuſammenrichten werden die Schüſſe geheftet und die Nietlöcher aufgebohrt bezw. nachgeräumt. Zu dieſer Arbeit werden in modern eingerichteten Keſſelſchmieden mittels Preßluft betriebene Bohrapparate benutzt. Sämtliche Nietlöcher müſſen vor dem Zuſammennieten der Bleche von allem Grat befreit werden. Das mancherorts noch anzutreffende Aufdornen nicht genau paſſender Nietlöcher iſt, als für das Keſſelmaterial ſehr gefährlich, ſtrengſtens zu verbieten. Die von innen nach außen in die genau paſſenden Nietlöcher im rotwarmen Zuſtand eingeführten Nieten werden entweder durch Hammerſchläge von Hand oder bei großen Nietdurchmeſſern beſſer durch hydrauliſche Nietmaſchinen aufgeſtaucht und durch Schellen oder Preſſen mit einem Kopf verſehen. Das Arbeitsſtück wird dabei in der Regel auf Rollen gelegt, die ein allmähliches Umdrehen der zylindriſchen Stücke geſtatten. Die Nietköpfe müſſen innen mit gut paſſendem Nietſtock vorgehalten werden, außen dürfen die Bleche um die Nietköpfe herum mit dem Schellhammer nicht eingekniffen werden. Die Kanten ſind innen und außen, die Nietköpfe in der Regel nur außen zu ſtemmen, die Bleche dürfen jedoch durch das Stemmen weder um die Nietköpfe herum noch an den Kanten entlang eingekerbt werden. Zum Verſtemmen der Nietnähte werden, wie auch zu andern Arbeiten im Keſſelbau, mehr und mehr pneumatiſch betriebene Werkzeuge benutzt, deren Leiſtungsfähigkeit im Vergleich zur Handarbeit ungewöhnlich groß iſt. Die Böden der Keſſel werden mit beſonderen Umkrempmaſchinen oder Preſſen gebogen und meiſt fertig von den Werken bezogen.

Literatur: [1] Taſchenbuch der „Hütte“, 18. Aufl., Berlin 1902. — [2] Bach, C. v., Maſchinenelemente, 9. Aufl., Stuttgart 1903.

G. Schwarz.

Dampfkeſſelnietung, ſ. Nietung, Nietverbindungen.

Dampfkeſſelſpeiſeapparate. Jeder Dampfkeſſel muß nach dem Geſetz mit zwei zuverläſſigen Vorrichtungen zum Speiſen verſehen ſein, die nicht von derſelben Betriebseinrichtung abhängig ſind und von denen jede für ſich imſtande iſt, dem Keſſel die zur Speiſung erforderliche Waſſermenge zuzuführen. Mehrere zu einem Betriebe vereinigte Keſſel werden hierbei als ein Dampfkeſſel angeſehen. Die Zuführung des Speiſewaſſers in die Keſſel geſchieht entweder durch Pumpen oder Injektoren.

Für kleinere Keſſel, bei denen das Produkt aus der waſſerberührten Heizfläche in Quadratmetern und der höchſten Dampfſpannung in Atmoſphären Ueberdruck nicht größer als 100 iſt, ſind Handpumpen (Fig. 1) noch zuläſſig. Bei größeren Anlagen kommen Maſchinenpumpen zur Anwendung, die entweder mittels Exzenters von der Kurbelwelle der Dampfmaſchine oder von der Transmiſſion angetrieben werden.

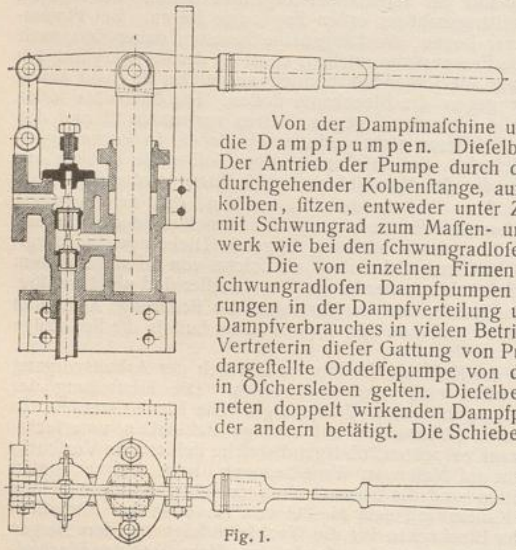


Fig. 1.

Von der Dampfmaſchine und dem übrigen Betrieb unabhängig ſind die Dampfpumpen. Dieſelben werden liegend und ſtehend gebaut. Der Antrieb der Pumpe durch die Dampfmaſchine erfolgt meiſtens mittels durchgehender Kolbenſtange, auf der beide, der Pumpen- und der Dampfkolben, ſitzen, entweder unter Zwiſchenſchaltung eines Kurbeltriebwerkes mit Schwungrad zum Maſſen- und Kraftausgleich oder ohne dieſes Triebwerk wie bei den ſchwungradloſen Dampfpumpen von Worthington u. a.

Die von einzelnen Firmen in neuerer Zeit als Spezialität gebauten ſchwungradloſen Dampfpumpen haben infolge der getroffenen Verbeſſerungen in der Dampfverteilung und des ſich hieraus ergebenden geringeren Dampfverbrauches in vielen Betrieben zahlreiche Aufnahmen gefunden. Als Vertreterin dieſer Gattung von Pumpen kann die in Fig. 2 im Längsſchnitt dargeſtellte Oddeſſepumpe von der Maſchinenfabrik Oddeſſe G. m. b. H. in Oſchersleben gelten. Dieſelbe beſteht aus zwei nebeneinander angeordneten doppelt wirkenden Dampfpumpen, von denen die eine die Steuerung der andern betätigt. Die Schieberbewegung geſchieht durch einen auf der Kolbenſtange befeſtigten ſtarren Arm und ein im Schieberkaſten ſitzendes Treibſtück. Dieſes Treibſtück beſitzt eine ſchräge Nute, in der ein entſprechend geformter ſchräger Anſatz des Grundſchiebers gleitet, wodurch dieſer bei der Längsbewegung der Kolben quer zur Zylinderachſe verſchoben wird und mit Hilfe des auf ihm gleitenden Expanſionsſchiebers die Dampfverteilung bewirkt. Die Anordnung iſt ſo getroffen, daß die linke Kolbenſtange den Grundſchieber des rechten Dampfzylinders, dieſer Grundſchieber aber wieder den Expanſionsſchieber des linken Dampfzylinders betätigt, und umgekehrt. Der ſchräge Anſatz am Grundſchieber hat ein gewiſſes Spiel in der Nute des Treibſtückes, um am Hubende eine Pauſe entſtehen zu laſſen, in der die Pumpenventile Zeit finden ſich ſanft und ſtoßfrei zu ſchließen. Die Expanſionsſchieber werden entweder für eine beſtimmte Füllung eingeſtellt, oder aber ſie erhalten nach Art der Meyerſchen Steuerung Stellſpindeln mit Handrad und Zeiger, um ſie von außen auf die erforderliche Füllung einſtellen zu können. Die zur ſtoßfreien Begrenzung des Kolbenhubes und Vermeidung von Beſchädigungen benötigte Kompreſſion wird bei dieſen Pumpen dadurch erzielt, daß der Dampfkolben den Ausſtrömkanal vor Hubende überdeckt und dadurch den eingeſchloſſenen Auspuffdampf komprimiert. Damit aber der Friſchdampf beim Hubwechſel trotzdem hinter den Kolben gelangen kann, ſind an beiden Zylinderenden kleine

Ventile angebracht, die mit dem vom Kolben verſchloſſenen Kanal in Verbindung ſtehen und ſich öffnen, ſobald Friſchdampf vom Schieberkaſten in den Kanal gelangt. Beim Beginn der Expanſion ſchließen ſich dieſe Ventile unter dem Einfluß der auf ihnen ſitzenden Belaſtungsfedern, um nach dem Hubwechſel dasſelbe Spiel zu wiederholen. Die Pumpe geht nach Oeffnen des Dampfventils in jeder Kolbenſtellung ohne weiteres an. Sie läßt ſich ſo einſtellen, daß die Speiſung fortlaufend geſchieht und der Waſſerſtand im Keſſel bei nicht ſehr ſtark wechſelndem Dampfverbrauch nahezu konſtant bleibt.

Sehr zuverläſſig in den heutigen Ausführungen, wenn auch in der Speiſung nicht ſo gleichmäßig, ſind die Injektoren. Dieſelben werden als ſaugend und nichtſaugend

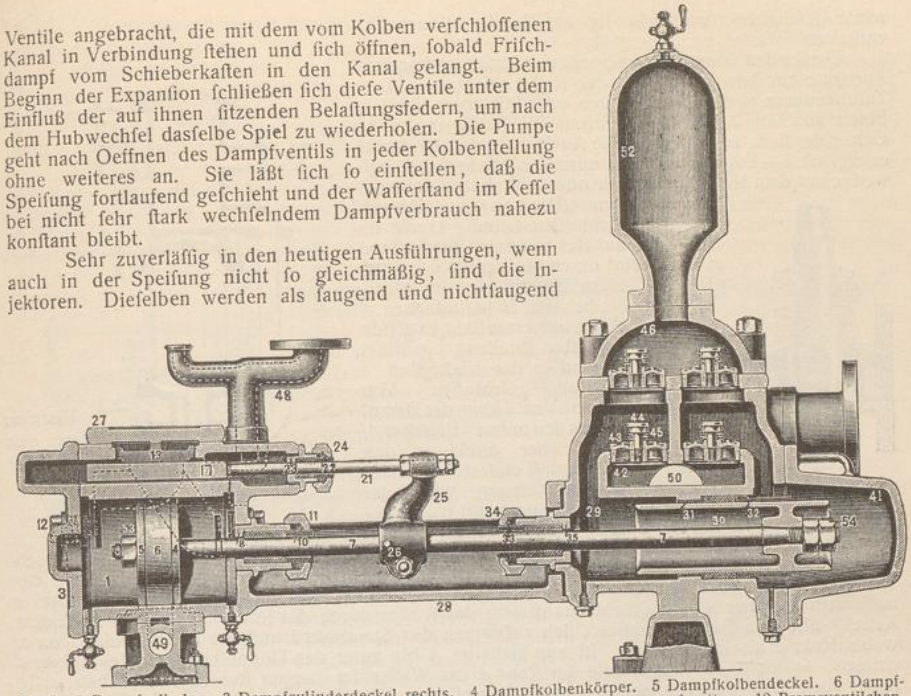


Fig. 2. 1 Dampfzylinder. 3 Dampfzylinderdeckel rechts. 4 Dampfkolbenkörper. 5 Dampfkolbendeckel. 6 Dampfkolbenringe. 7 Kolbenſtange. 8 Stopfbüchſenkörper. 10 Stopfbüchſe. 11 Ueberwurfmutter. 12 Bremsventilchen. 13 Grundſchieber links. 17 Treibſtück rechts. 21 Treibſtangen. 22 Treibſtangenſtopfbüchſe. 23 Stopfbüchſenkörper. 24 Ueberwurfmutter. 25 Steuerarm mit Bolzen. 26 Paßſtift. 27 Schieberkaſtendeckel. 28 Verbindungsſtück. 29 Pumpenkörper. 30 Plungerkolben. 31 Plungerbüchſe. 32 Innenſtopfbüchſe. 33 Kolbenſtangenſtopfbüchſe. 34 Ueberwurfmutter. 35 Stopfbüchſenkörper. 41 Plungerhaube. 42 Ventilſitz. 43 Ventilteller. 44 Ventilſpindel. 45 Ventilfeder. 46 Pumpenhaube. 48 Dampfeintrittſtutzen. 49 Dampfauspuff. 50 Saugrohranſchluß. 52 Windkeſſel. 53 Dampfkolbenmutter. 54 Plungermuttern.

gebaut, die ſaugenden Injektoren können das Waſſer je nach der Temperatur desſelben auf mehrere Meter Höhe anſaugen, während den nichtſaugenden das Speiſewaſſer zufließen muß. Ein beſonders auch mit warmem Waſſer zuverläſſig arbeitender Injektor iſt der Univerſalinjektor von Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover. Wie Fig. 3 zeigt, ſind in einem Gehäuſe zwei ſelbſtändige Injektoren vereinigt, von denen der erſte das Waſſer anſaugt und unter einen gewiſſen Druck ſetzt, während der zweite den Druck des Waſſers ſo weit ſteigert, daß es in den Keſſel treten kann. Durch eine geringe Vorwärtsbewegung des Handhebels wird zuerſt das die erſte Düſe ſchließende Ventil V etwas gehoben, dadurch das Waſſer angeſogen und anfangs durch den Kanal M ins Freie getrieben; durch weitere Fortbewegung des Hebels ſchließt der Hahn E dieſen Kanal ab, ſo daß das Waſſer in das Düſenſyſtem F_1 unter Druck eintritt und nun durch den Kanal M_1 noch ſo lange ins Freie ausfließt, bis das Ventil V_1 ganz geöffnet iſt und gleichzeitig der Hahn E den Kanal M_1 abgeſchloſſen hat, worauf das Waſſer durch das Speiſeventil G in den Keſſel ſtrömt. Der ganze Vorgang vollzieht ſich ſo ſchnell, daß es nur nötig iſt, den Handhebel langſam von einer Seite zur andern zu bewegen. Dieſe Injektoren ſind imſtande, Keſſel bei 11—12 Atmoſphären Betriebsdruck mit zufließendem vorgewärmten Waſſer von 65° vollkommen ſicher zu ſpeiſen, während ſie bei ſaugender Aufſtellung 60° warmes Waſſer auf 2 m, kaltes bis auf 6 m ſicher anſaugen und in den Keſſel drücken (ſ. a. Strahlapparate). Die Speiſung mit Injektoren iſt ſehr ſparſam, da die ganze Wärme im Speiſewaſſer verbleibt. Der Abdampf der Dampfpumpen wird zwar auch zum Vorwärmen des Speiſewaſſers verwendet, dies kann jedoch des Zylinderſchmieröls wegen nur indirekt durch Heiz-

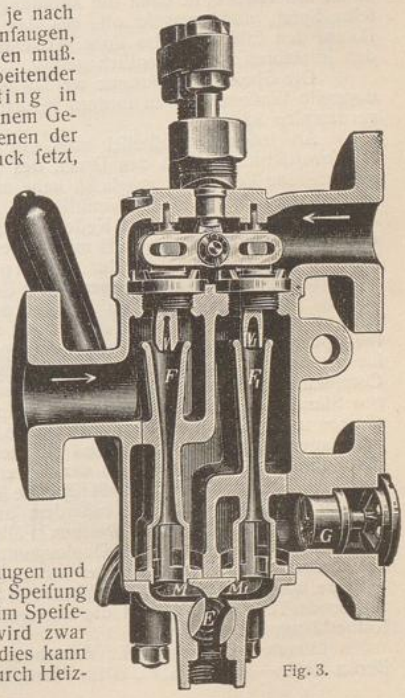


Fig. 3.

rohre geschehen, wodurch die im Kondensationswasser enthaltene Wärme verloren geht.

Außer den vorgenannten Speisevorrichtungen kommen Apparate zur Anwendung, die den Kessel automatisch ohne Zuhilfenahme von Kolbenpumpen oder Injektoren speisen. Einen solchen Apparat, der Firma W. Schönicke in Gera patentiert, zeigt Fig. 4. Die Aufstellung des Apparates erfolgt ca. 1—1½ m über dem normalen Wasserstand, entweder auf dem Kesselmauerwerk oder seitlich desselben auf Wandkonsolen. Die an dem Dampfeintritt angeschlossene Leitung taucht im Kessel bis auf den normalen Wasserstand ein und wird durch ein Ventil, das unter dem Einfluß des im Oberbehälter *B* befindlichen Schwimmers *m* steht, in dessen höchster Stellung geöffnet und in der niedrigsten Stellung geschlossen. Von diesem Ventil kann der Dampf nur in den unteren Behälter *A*, nicht aber direkt in den Behälter *B* eintreten. Bei der Inbetriebsetzung wird der ganze Apparat mit Wasser gefüllt, der Schwimmer *m* steigt dadurch in seine höchste Lage, öffnet hierbei das Ventil *e*, und im Apparat herrscht, nachdem noch ein in die Leitung eingebautes Absperrventil geöffnet wird, die Kesselspannung. Sinkt nun der Wasserstand im Kessel bis unter die Mündung des Eintauchrohres, so strömt der Dampf durch *e* nach dem Behälter *A* und drückt aus diesem das Wasser durch das Rückschlagventil *i* nach dem Kessel. Mit dem Behälter entleert sich zusammen das Standrohr *l* und der Rohrschenkel von *c*, wobei Rohr *d* als Heber wirkt. Ist nun Behälter *A* bis unter den Doppelkrümmer des Rohres *c* entleert, so zieht die Wassersäule im Rohr *d* das Wasser im langen Rohrschenkel *c* heberartig nach oben und gestattet dadurch dem Dampf den Eintritt in Behälter *B*. Mit Eintritt des Dampfes in Behälter *B* stürzt das Wasser aus diesem durch Rohr *d*, *l* und Klappenventil *n* in den Behälter *A*, gleichzeitig durch Sinken des Schwimmers *m* das Ventil *e* schließend. Durch das im Behälter *A* angeordnete Standrohr *l* wird das von *B* kommende Wasser rasch mit dem Dampf gemischt und dadurch ein gutes Vakuum erzeugt, das ein rasches Ansaugen und Wiederfüllen des Apparates herbeiführt. Der Schwimmer *m* steigt wieder in seine höchste Stellung und öffnet das Ventil *e*; ist dann die Mündung des Eintauchrohres noch frei, so wiederholt sich dasselbe Spiel, und zwar so oft, bis das Wasser im Kessel über diese Mündung steigt und dem Dampf den Eintritt in das Rohr verwehrt. Die Wärmeverluste sind bei diesem Apparat wie bei den Injektoren außerordentlich gering.

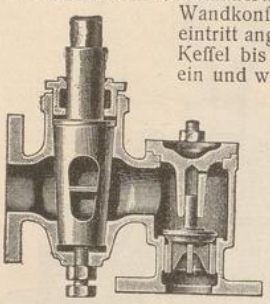


Fig. 5.

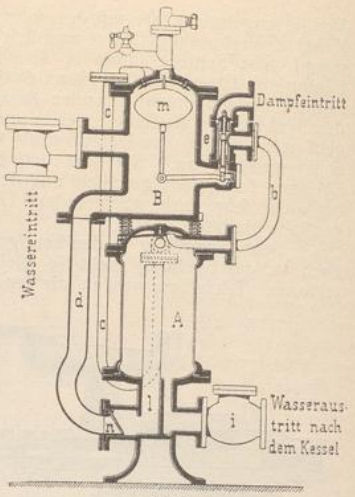


Fig. 4.

Die Speisevorrichtungen werden so reichlich bemessen, daß jede für sich mindestens die doppelte Wassermenge zu fördern vermag, welche die Kesselanlage bei angestrengtem Betrieb verdampfen kann.

An jedem Dampfkessel muß ein Speiseventil angebracht sein, das bei Abstellung der Speisevorrichtung durch den Druck des Kesselwassers geschlossen wird. Dieses gesetzlich vorgeschriebene Ventil soll möglichst nahe am Kessel sitzen; um dasselbe bei eintretendem Undichtwerden oder Festsitzen des Ventilkegels nachsehen zu können, schaltet man zweckmäßig eine Absperrvorrichtung zwischen Kessel und Speiseventil. Zuweilen wird beides zusammengegossen, wie das Speiserückschlagventil mit Absperrhahn von Schaeffer & Budenberg in Magdeburg-Buckau, Fig. 5, zeigt. Literatur s. Pumpen, Strahlapparate. *G. Schwarz.*

Dampfkesselspeisepumpen [1] an Bord der Schiffe sind Dampfpumpen, die den Dampfkesseln, unabhängig von dem Betriebe der Hauptmaschine, das erforderliche Speisewasser zuführen; sie werden in den Kesselräumen aufgestellt und wird für jeden Kesselraum eine Hauptspeisepumpe und eine Reservespeisepumpe vorgesehen. Jede der Pumpen muß imstande sein, für die in dem betreffenden Raum aufgestellten Kessel das erforderliche Speisewasser — für Compoundmaschinen 9,0 l, für Dreifach- und Vierfach-Expansionsmaschinen 7—7,5 l pro PSi und pro Stunde — [1] zu liefern. Die Hauptspeisepumpen saugen meist aus den in den Maschinenräumen untergebrachten Warmwasserkasten, in welche die Luftpumpe das Kondensat des niedergeschlagenen Dampfes drückt und die meist zugleich mit einem Kesselspeisewasserreiniger (s. d.) und Vorwärmer (s. d.) derart verbunden sind, daß das Speisewasser mit Gefälle den einzelnen Speisepumpen zufließt [2]. Die Reservedampfspeisepumpe liefert ferner das Druckwasser für den Aschejektor und ist außerdem an die Feuerlösch- und Flutrohrleitung der Munitionskammern angeschlossen, in welchen Fällen sie aus See saugen [4]. Für Schiffszwecke finden direkt wirkende Simplex- oder Duplexpumpen, vorwiegend in vertikaler Aufstellung, Verwendung; sie werden meist an den Bunker- oder Querschotten befestigt. Am gebräuchlichsten sind die Systeme von Worthington, Weir, Blake, Weise und Monski; sie arbeiten alle ohne rotierende Teile, und erfolgt die Steuerung des Dampfschiebers direkt oder indirekt durch die Kolbenstange [3].

Literatur: [1] Bauer, G., Berechnung und Konstruktion der Schiffsmaschinen und -Kessel, Berlin 1904. — [2] Roters, F., Blake-Marinepumpen, Schiffbau 1901, Nr. 21 und 22. — [3] Hartig, J.,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Aus der Praxis für die Praxis, Bremerhaven 1903. — [4] Dick, C., und Kretfchmer, O., Handbuch der Seemannfchaft, Berlin 1902.

T. Schwarz.

Dampfkochapparate, Einrichtungen zum Kochen mit Dampf, der entweder direkt mit der zu kochenden Subftanz innerhalb eines gefchloffenen Gefäßes in Berührung gebracht wird (f. Dämpfapparat) oder den Kochkeffel umgibt und fo mit der nötigen Wärme verfieht.

Die Vorteile diefer Kochmethoden beftehen darin, daß man von einem Dampfkeffel aus eine große Zahl von Kochgefäßen betreiben und mit beftimmter (der Dampffpannung entfprechender), möglichft konftanter Temperatur kochen kann. Das „Anbrennen" wird vermieden, und es ift möglich, beliebig große Kochgefäße an beliebig entfernten Stellen von der Feuerung einzurichten. Derartige Apparate werden (abgefehen von der Speifebereitung) in den verfchiedenften Gebieten der Technik benutzt (Brauerei-, Färbe-, Käfe-, Molkerei-, Seifenfieder-keffel, Talgfchmelzen u. f. w.).

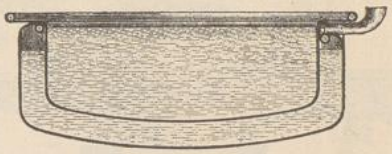


Fig. 1.

Tritt der Dampf direkt zu den zu behandelnden Stoffen, was natürlich nur dann zuläffig ift, wenn das Kondenfationswaffer des Dampfes fich denfelben ohne Nachteil zugefellen darf, fo hängt es von der Befchaffenheit der Stoffe ab, ob das Kochgefäß aus Metall und aus welchem Metall dasfelbe beftehen darf. Vielfach werden hier gefchloffene hölzerne Gefäße angewendet, befonders wenn die Kochflüffigkeit metallangreifende Salze enthält. — Kochgefäße, bei denen der Dampf nur die Rolle der Heizung übernimmt, haben entweder einen doppelten Mantel und Boden oder find mit in den Körper des Kochgefäßes eingegoffenen Dampffchlangen verfehen. Der Dampf erfüllt im erfteren Falle den Zwifchenraum zwifchen dem äußeren Boden und dem Boden des Kochgefäßes. Derartige Einrichtungen werden vielfach aus Holz und Kupfer, meiftens aber aus Kupfer allein oder verzinntem Kupfer, häufig auch aus Eifenblech oder Gußeifen hergeftellt. — Soll die Temperatur im Kochgefäße 100° C. nicht überfteigen, fo fetzt man das Kochgefäß in ein Waffer bad, wie in Fig. 1 veranfchaulicht ift. Einen Keffel mit Doppelboden, von denen der äußere aus Holz befteht, zeigt Fig 2; derartige Einrichtungen find vielfach im Molkereibetriebe im Gebrauche. In Fig. 3 ift ein Dampfkochapparat mit Doppelbodenkeffel auf Füßen und mit Rührwerk dargeftellt, das mittels Riementriebes gedreht wird.

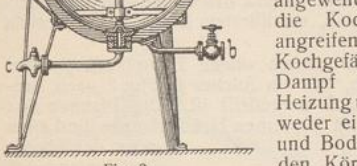


Fig. 3.

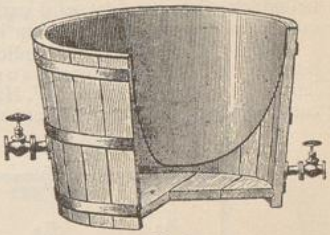


Fig. 2.

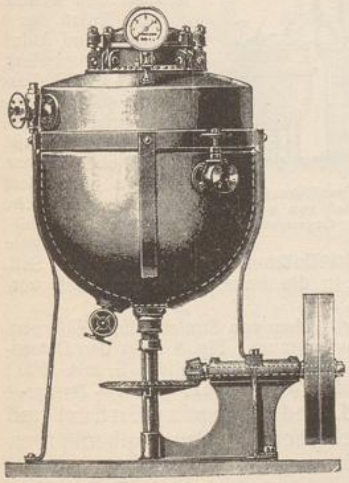


Fig. 4.

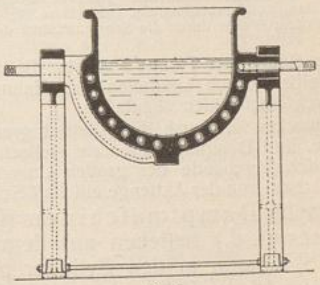


Fig. 5.

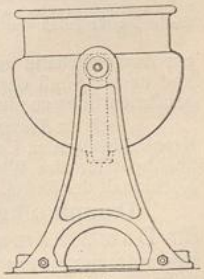


Fig. 5a.

Der Dampf ftrömt bei *a* zu, bei *b* befindet fich der Ablaß aus dem Dampfraum, bei *c* jener aus dem Kochgefäße, bei *t* ein Thermometer. Einen kupfernen Rührwerksdoppelkochkeffel mit unterem Antrieb des Rührwerks der Firma C. Heckmann in Berlin SO., Görlitzer Ufer 9, zeigt Fig. 4; derfelbe ift mit einem durch Scharnierfchrauben befeftigten ftarken Deckel zum Einfüllen und Entleeren der Maffe verfehen. Ein am Deckel befindliches Manometer geftattet den im Innern herrfchenden Druck und die entfprechende Temperatur zu kontrollieren, was bei vielen Prozeffen, namentlich der chemifchen Großinduftrie, von Wichtigkeit ift, da das Einkochen bei genau vor-

geſchriebener Temperatur und beſtimmten Drücken vor ſich gehen muß (vgl. a. Autoklaven, Bd. I, S. 416). Die Ausführung eines Dampfkochapparates, der auch zum Schmelzen, z. B. von Harzen, Pech, Oelen u. ſ. w., dient, mit in den Körper eingegoſſenen Heizröhren zeigt Fig. 5, eine Ausführung der Maſchinenfabrik von Th. & Ad. Frederking, Leipzig-Lindenau. Da die ſchmiedeeiſernen, ſtarkwandigen Rohre an und für ſich ſchon jedem vorkommenden Druck eines Heizmittels widerſtehen, dieſe Widerſtandsfähigkeit aber noch durch den gußeiſernen Mantel erhöht wird, ſo können dieſe Gefäße mit direktem Keſſeldampf von jeder Spannung oder mit unter Druck ſtehendem Heißwaſſer bis zu 300° C. geheizt werden. Die Zu- und Ableitung erfolgt hierbei durch die Lagerzapfen der drehbaren Pfanne, in welche die Enden der Rohrſchlange mit eingegoſſen ſind. Eine andre, geſchloſſene Form dieſer Gefäße, einen ſogenannten Oelbadkochkeſſel derſelben Firma, zeigt Fig. 6. Derſelbe iſt mit abnehmbarem, aber während des Betriebs verſchließbarem Deckel und einem beſonderen Einſatz verſehen, der in das im Innern des eigentlichen Kochers befindliche Oel eingeſetzt wird und je nach Bedarf aus Metall, emailliertem Eiſen, Ton, Porzellan oder Glas u. ſ. w. hergeſtellt ſein kann.

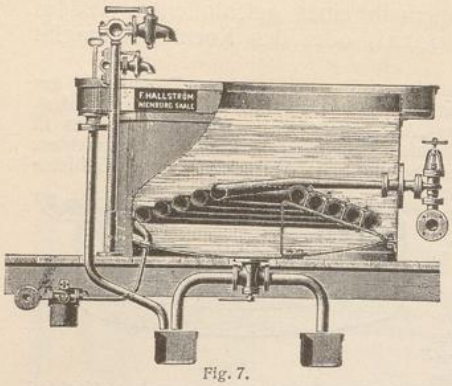
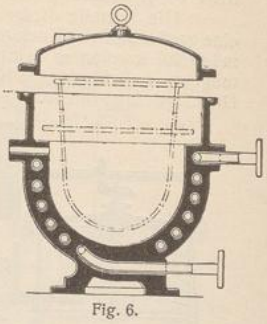


Fig. 7.


Fig. 6.

Zum Aufkochen und Eindicken der Rohrzuckerſäfte dienen offene Dampfkochapparate, ſogenannte Eliminationspfannen oder Klarifikateure, wie ein ſolcher in Fig. 7 nach Ausführung der Maſchinenfabrik F. Hallſtröm in Nienburg a. S. dargeſtellt iſt. Die Pfannen ſind aus Eiſenblech, zylindriſch oder kaſtenförmig hergeſtellt, mit kupfernen Heizſchlangen und einer rings um den oberen Rand laufenden Schaumrinne verſehen, in welche der ſich bildende Schaum abgeſchöpft wird. Zur Armatur gehören Hähne und Ventile zum Zulaß des Dampfes und Ablaß des Kondenswaſſers, für Saft- und Waſſereinlaß (oben links) ein Stöpfelverſchluß, zum Schaumablaß aus der oberen Rinne in eine unter dem Apparat befindliche (links dargeſtellte) Schaumrinne ſowie ein Zweiwegehahn am Boden der Pfanne, um in die Saftabflußrinne (rechts unten) den Saft, und nach Abfluß desſelben durch Umſtellen des Hahnes in die linke Rinne den noch vorhandenen Schaum durch Nachſpülen abzulaſſen.

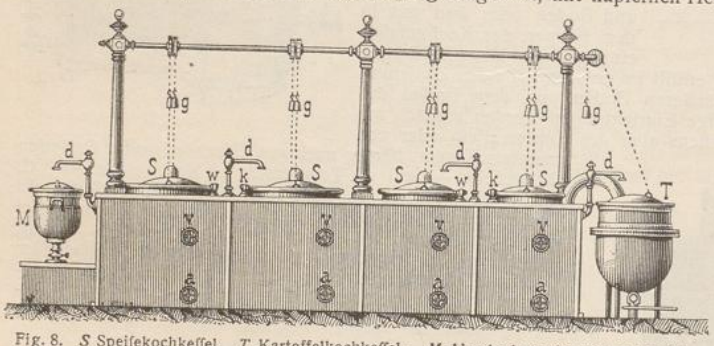


Fig. 8. *S* Speiſekochkeſſel. *T* Kartoffelkochkeſſel. *M* Abnehmbare Gemüſekochkeſſel. *v* Dampfeinlaßventile. *a* Dampfwaſſerablaßventile. *w* Hähne für Zulaß von warmem Waſſer, *k* für Zulaß von kaltem Waſſer durch die Schwenkhähne *d*. *g* Gegengewichte.

Auch zu Kochzwecken im Haushaltungsbetrieb großer Küchen von Strafanſtalten, Kaſernen, Krankenhäuſern u. ſ. w. ſind Dampfkochapparate vielfach in Gebrauch. Fig. 8 zeigt den Dampfkochherd für das Wirtſchaftsgebäude der großen Univerſitätskliniken in Halle a. S. mit 1500 l Kochinhalt der Keſſel, erbaut von der Aktiengeſellſchaft Schäffer & Walcker, Berlin. *v. Ihering.*

Dampfkolben für Dampfmaſchinen (ſ. d. und Dampfzylinder) und für Dampfhämmer (ſ. d.) beſtehen aus dem ſcheibenförmigen Kolbenkörper, der mit geringem Spielraum in den Zylinder paßt und mit ſeiner Nabe auf der Kolbenſtange befeſtigt iſt, und den Liderungsringen, die mit ſanftem Druck dicht an der Zylinderwand anliegen und gleiten. Das Gewicht des Kolbens wird bei liegenden Maſchinen ſchwebend von der Kolbenſtange getragen, die ihrerſeits in den Stopfbüchſen und Führungen aufliegt, oder es iſt auf den Dichtungsringen federnd geſtützt oder wird auch unmittelbar vom Zylinder aufgenommen; bei ſtehenden Maſchinen ruht der Kolben nur auf der Kolbenſtange, ſo daß die Abnutzung des Zylinders gleichmäßig erfolgt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Allgemeines. Fig. 1 und 2: Kolben ohne Liderungsringe für Indikatoren, auch für kleine ſchnellaufende Maſchinen, werden im Zylinder paſſend eingeſchliffen und dichten am Umfang mit mehreren feinen Rillen, die ſich mit Waſſer und Oel füllen. — Fig. 3: Maſſiver Kolben für Dampfhämmer mit drei Stahlringen von faſt quadratiſchem Querſchnitt mit 6—12 mm Stärke. — Fig. 4: Lokomotivkolben, aus Schmiedeeiſen gepreßt oder aus Stahl gegoſſen, mit gußeiſernen ſelbſtſpannenden Ringen, die über die Ränder des Kolbenkörpers in die Nuten geſchoben werden. — Fig. 5: Lokomotivkolben amerikaniſcher Bauart, mit kegelförmiger Scheibe, der am Umfang mit einem das Gewicht im Zylinder tragenden Laufring von Weißmetall ausgegoſſen iſt. — Fig. 6: Kolben für ſtehende Maſchinen mit Trichterform zur Erhöhung der Widerſtandsfähigkeit und zur Abführung des Waſſers nach außen, mit drei übergeſchobenen Selbſtſpannringen. — Fig. 7: Desgleichen mit flacher Scheibe und beſonderem, auswechſelbarem Kranz für die Ringnuten. — Fig. 8: Hohlgußkolben mit einem ſchraubenförmig aus einem Gußzylinder gefräſten und zuſammengedrückten Ringe, der vermöge ſeiner Federwirkung auch an den Stirnflächen der Nut dauernd dicht anliegt. — Fig. 9: Rippengußkolben mit aufgeſchraubter Deckelſcheibe, mit zwei Ringen und einer Zwiſchenlage, die ſich leicht aufbringen laſſen, auch durch

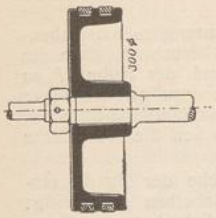


Fig. 4. Lokomotivkolben.

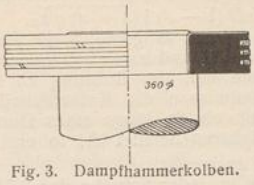


Fig. 3. Dampfhammerkolben.

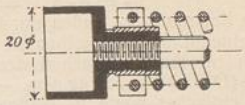


Fig. 1. Indikatorkolben von Dreyer, Rofenkranz & Droop.

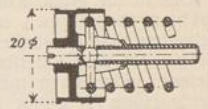


Fig. 2. Indikatorkolben von Crosby.



Fig. 5.

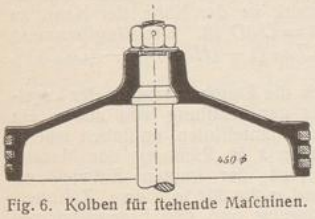


Fig. 6. Kolben für ſtehende Maſchinen.

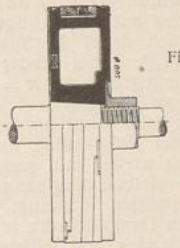


Fig. 8. Schraubenringkolben.

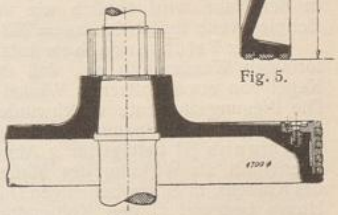


Fig. 7.

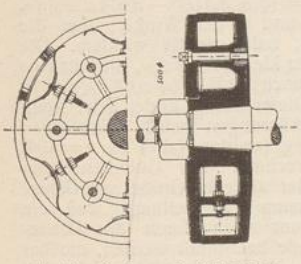


Fig. 12. Kolben mit „ſtützender Liderung".

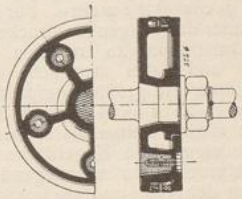


Fig. 9. Kolben von G. Kuhn, Stuttgart-Berg.

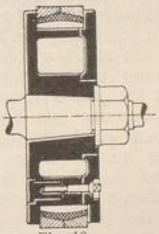


Fig. 10.

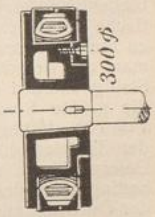


Fig. 11.

Auswechſlung der letzteren gegen eine ſtärkere wiederholt in die Kolbennut eingepaßt werden können, wenn ſie in axialer Richtung loſe geworden ſind. — Fig. 10: Kolben mit Deckelſcheibe und zwei Ringen von keilförmigem Querſchnitt mit dahinterliegendem Spannring von Guß oder Stahl. — Fig 11: Hohlgußkolben mit Deckelring und Spannfeder von doppeltem Stahldraht. — Unter „Dampfzylinder Fig 3" iſt ein Kolben dargeſtellt, deſſen Ringe durch einzelne Rotgußkeilſtücke mit dahinterliegenden Blattfedern geſpannt werden. — Fig. 12: Rippengußkolben mit ſechs nachſtellbaren Blattfedern innerhalb der beiden Dichtungsringe

Fig. 1—12 zeigen verſchiedene Arten der Befeſtigung auf der Kolbenſtange. Bei kleinen Kolben (bis 400 mm) kann der Deckel durch die Mutter der Stange am Kolbenkörper feſtgehalten werden. Beſſer und gebräuchlicher ſind Kopfſchrauben mit Muttern aus Rotguß; letztere ſind rund von außen eingeſetzt oder quadratiſch in Ausſparungen innerhalb des Kolbens eingeſchoben. Die Schrauben werden in die Kolbenoberfläche eingelaſſen, damit ſie nicht am Zylinderboden anſtoßen und auch keine beſonderen Ausſparungen an dieſem erfordern. Die Anzahl der Kolbenſchrauben $Z = 0{,}1\,D\,\text{cm}\,(+1)$ wird gewöhnlich auf eine gerade Zahl abgerundet; ihre Stärke kann zu $d\,\text{cm} = 0{,}6\,\sqrt[3]{D\,\text{cm}}$ angenommen werden. Alle Verſchraubungen am Kolben ſind zu ſichern. Zum Einſetzen von Abpreßſchrauben im Deckel, der an ſeiner zylindriſchen Anlagefläche feſtbrennt, verſieht man ihn mit drei Bohrungen mit Muttergewinde, die im Betriebe durch Bronzeſchrauben geſchloſſen gehalten werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der **Kolbenkörper** wird beanſprucht durch den Dampfüberdruck, ferner durch die Beſchleunigungskraft ſeiner Maſſe, wofür ſich wieder ein gleichmäßiger Ueberdruck rechnen läßt, und durch die Reibung der Ringe am Umfang; dagegen wird er durch die Kolbenſtange in ſeiner Mitte geſtützt.

Eine ebene Scheibe mit D cm äußerem und D_n cm Nabendurchmeſſer und dem Verhältnis $\Delta = D_n/D$, als Platte (ſ. d.) von gleichmäßiger Wandſtärke h für einen Geſamtüberdruck von q Atmoſphären berechnet, erfordert $h_0 = 0{,}35\, D \sqrt{q/\Delta\, s}$ bei der Biegungsſpannung s, die für Gußeiſen 250—300 kg/qcm beträgt, für Stahlguß 400—600. Bei ungleicher Stärke der Scheibe kann 1,2 h_0 bis 1,3 h_0 an der Nabe und 0,8 h_0 bis 0,9 h_0 für den Umfang der Scheibe geſetzt werden. — In der Berechnung von Reymann [1] wird die Beanſpruchung einer radialen Lamelle von einem kleinen Zentriwinkel ω unterſucht. Zur Vereinfachung der Rechnung iſt angenommen, daß das Trägheitsmoment des Lamellenquerſchnittes konſtant ſei, daß alſo die Wandſtärke w umgekehrt proportional der dritten Wurzel aus dem Radius nach außen abnimmt. Die größte Beanſpruchung der Platte findet dabei am Nabenumfang ſtatt. Die Wandſtärke an dieſer Stelle ergibt ſich zu $h_n = 0{,}25\, D\,(1-\Delta)\sqrt{(5+3\Delta)\, q/\Delta\, s_n}$. Am äußeren Umfang iſt

$$h_a = h_n \sqrt[3]{\Delta} = 0{,}25\, D\,(1-\Delta)\sqrt{(3+\Delta)\, q/s_a}.$$

Dabei wird die Spannung s_a außen nur 0,3—0,4 mal ſo groß als die Spannung s_n am Nabenumfang. Für einen Lokomotivkolben iſt $s_n = 633$ und $s_a = 240$ kg/qcm berechnet, dazu die Ringſpannungen in den Stirnflächen der Nabe von der Bohrung D_0 und der Höhe H zu $1{,}7\, s_n\, h_n/H\,[1-(D_0/D_n)^2] = 782$ kg/qcm. — Wenn man die Kolbenſcheibe von gleichmäßiger Wandſtärke in einfacher Weiſe ſo rechnet, als ob ſie längs eines Durchmeſſers geſtützt ſei, während jede Hälfte gleichmäßig mit q Atmoſphären belaſtet iſt, ſo ergibt ſich die Wandſtärke zu $h = 0{,}7\, D\sqrt{q/s}$. Das iſt für große Kolben zu wenig.

Ein Hohlkolben ohne Rippen müßte in jeder Scheibe das 0,7fache der für die einfache Scheibe berechneten Stärke erhalten. Die Rippen verſteifen die Scheiben gegenſeitig; hierfür ſetzt Reymann [1] das Widerſtandsmoment ſo an, als ob die Scheiben die Gurte radialer Träger bildeten, deren Stege indes unberückſichtigt bleiben. Für die ganze Kolbenhöhe H und die lichte Höhe H_1 ergibt ſich dabei die Spannung in der Nähe der Nabe zu $s_n = 0{,}25\, q\, D^2\, h\,(2+\Delta)\,(1-\Delta)^2/\Delta\,(H^3 - H_1{}^3)$, wobei wieder $\Delta = D_n/D$ iſt. Die Ringſpannung in der Nabe wird ähnlich wie vorher angegeben zu $k = 1{,}7\, s_n\,[1-(H_1/H)^3][1-(D_0/D_n)^2]$. Beiſpielsweiſe findet ſich $s_n = 263$ und $k = 335$ kg/qcm.

Der Trichterkolben ſtützt die radialen Lamellen durch die Ringſpannungen der kegelförmigen Wandung ſo ab, daß infolge der Deformation unter der Belaſtung von außen ein Kegel von etwas ſpitzerem Winkel, jedoch wieder mit geraden Mantellinien entſtehen würde. Die Biegungsmomente verſchwinden. Es bleiben Zugſpannungen s in Richtung der Mantellinien und Druckſpannungen t in tangentialer Richtung. Nach der kurzen Entwicklung Reymanns [1] beträgt für q Atmoſphären Dampfüberdruck und q_0 kg für je 1 qcm Zylinderquerſchnitt als Wirkung des Maſſenwiderſtandes bei Beſchleunigung und des Eigengewichtes des Kolbens, in einem beliebigen Durchmeſſer d die Zugſpannung $s = (q+q_0)(D^2-d^2)/4\,d\,w\sin\alpha$. Hierin bedeutet D den Kolbendurchmeſſer, w die Wandſtärke und α den Winkel, den die Mantellinie mit dem Radius bildet; q und q_0 ſind bald poſitiv, bald negativ wirkſam. Die tangentiale Ringſpannung iſt $t = (q+q_0\cos^2\alpha)\, d/2\, w\sin\alpha$. Für ſehr kleine Winkel α, alſo für ſehr flache Kegelflächen, hätte man den Nenner des vorigen Ausdruckes noch mit $[1+(w\cos^2\alpha/R\sin\alpha)^2]$ zu multiplizieren, um etwas weitere Annäherung zu erreichen. Dieſer Zuſatz findet ſich, wenn man die Berechnung weiter verfolgt und dabei mehrfache Abkürzungen zuläßt. Für einen Stahlgußkolben iſt für $q = 5$ Atmoſphären die größte Zugſpannung (an der Nabe) zu $s = 404$, die größte Ringſpannung (am Umfang) zu $t = 243$ kg/qcm berechnet. Für Gußeiſen kann $s = 100$—150 kg/qcm geſetzt werden; t wird kleiner als s. Bei der üblichen Größe und Bauart der Trichterkolben kommt aber die eigentliche Kegelfläche kaum zur Geltung, weil die Deformationen und damit die Beanſpruchungen vorwiegend nur noch durch die Grenzbedingungen der Biegungsmomente an der Nabe und am Bordrande beeinflußt werden, die bei der Durchführung der Theorie als Integrationskonſtanten auftreten. Mit Rückſicht hierauf kommt man zu einer einfachen Näherungsmethode, wenn man den Trichterkolben wie einen ebenen Kolben behandelt, deſſen Scheibe man ſich in unendlich viele zylindriſche Lamellen je von der Scheibenhöhe h und der Dicke dr geteilt und axial in die Trichterform verſchoben denkt. Nach dieſer Vorſtellung bekäme der Trichterkolben in axialer Richtung die für den Scheibenkolben berechnete Stärke h, alſo eine ſenkrecht zur Kegelfläche gemeſſene Dicke $w = h\cos\alpha$. Eine Gewichtserſparnis tritt hierbei nicht ein, wenn man die Spannung nicht höher anſetzt.

Wenn ein Kolben einer liegenden Maſchine im Zylinder unmittelbar aufliegt, ſoll der Flächendruck, berechnet aus dem Kolbengewicht auf die Breite von $D\cos 30^0$ und die Länge H des Kolbens abzüglich der Ringe, höchſtens $^1/_2$—$^3/_4$ kg/qcm betragen. Das erfordert eine Kolbenhöhe von etwa $0{,}25\, D + 5$ cm und $^1/_2$—1 mm exzentriſche Kolbenlage.

Die **Kolbenringe** werden von zähem Gußeiſen hergeſtellt, das nicht weicher als das des Zylinders zu nehmen iſt. Jeder Ring wird an einer Stelle des Umfanges aufgeſchlitzt, damit er ſich der Zylinderwand anpaſſen kann, und zwar entweder geradlinig in ſchräger Richtung oder mit gerader Ueberblattung (Fig. 14). Den Eintritt des Dampfes in die Fuge verhindert ein Metallblättchen, das an dem einen Ringende mit zwei verſenkten Schrauben befeſtigt wird.

Liderungsringe, die durch innenliegende Federn oder Federringe geſpannt gehalten werden, erhalten eine gleichmäßige Wandſtärke $a_0 = 0{,}033\, D$ und eine Höhe $h = 1{,}5\, a_0$, oder auch quadratiſchen oder trapezförmigen Querſchnitt (Fig. 10 und 11).

Federringe oder Selbſtſpanner legen ſich mit eigner Federkraft an die Zylinderwand,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

indem sie von vornherein einen größeren Durchmesser erhalten. Man gießt dazu einen Hohlzylinder von der gewünschten Ringstärke, unter Zugabe von 3–6 mm zum Abdrehen auf den Außendurchmesser 1,04 D, mit der sechsfachen Ringhöhe, so daß man zwei Paar Kolbenringe abstechen kann, davon ein Paar zur Reserve, während das obere Ende als verlorener Kopf abfällt. Zweckmäßig wird der Ring auch innen ausgedreht; der Innenkreis liegt soviel exzentrisch, daß die Ringstärke an einer Stelle a_1 und an der gegenüberliegenden Stelle 0,7 a_1 wird. Die einzelnen Ringe werden an der dünnen Stelle aufgeschlitzt oder so ausgestoßen (Fig. 13), daß die Enden übereinander greifen können. Man heftet die Enden in der Lage Fig. 14 durch einen dünnen Stift in axialer Bohrung zusammen und dreht ihn so auf den Durchmesser D außen fertig. Die Stirnflächen werden mit Schmirgel und Oel passend zur Höhe der Ringnuten im Kolbenkörper geschliffen, so daß sie sich durch einen Stoß mit dem Hammerstiel gerade darin verschieben lassen. Hierbei wird der Ring, nach Entfernung des Heftstiftes, durch einen Bandeisengürtel zusammengespannt gehalten.



Fig. 13 (oben) und Fig. 14 (unten).

Der so hergestellte Ring legt sich im Zylinder mit ringsum gleichmäßigem Flächendruck an. Das Biegungsmoment für einen beliebigen, um den Winkel ω von der Teilstelle entfernten Querschnitt (Fig. 16), unter der Wirkung der vom Heftstift vermittelten Spannkraft P der beiden Enden, ist $M = Pr\,(1 - \cos\omega)$. Unter einem gleichmäßig von außen auf den Ring wirkenden Flächendruck p ist

$$M = \int_0^{\alpha=\omega} p\,h\,r\,d\alpha \cdot r \sin(\omega - \alpha) = p\,h\,r^2\,(1 - \cos\omega).$$

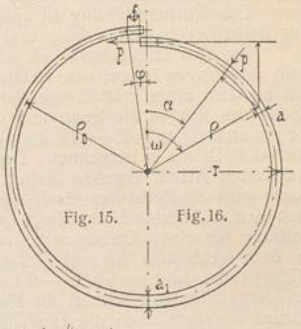


Fig. 15. Fig. 16.

Beide Kraftwirkungen geben also gleiche Momente für die einzelnen Querschnitte, mit $P = p\,h\,r$, so daß die am zusammengehefteten Ringe auf der Drehbank hergestellte Kreisform auch im Zylinder wieder eintritt, wenn der Flächendruck gleichmäßig wirkt. Läßt man aber den Ring sich frei öffnen, so werden doch die Enden des Ringes außen den Radius r nahezu beibehalten. Der Krümmungsradius ϱ_0 des offenen Ringes, Fig. 15, ist demnach nicht konstant, wohl aber der Krümmungsradius ϱ der infolge Durchbiegung des Ringendes um das Maß f entstehenden elastischen Linie, Fig. 16.

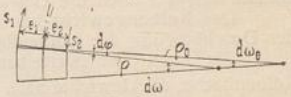


Fig. 17.

Ein Bogenelement des Ringes, Fig. 17, vom Radius ϱ_0 und Winkel $d\omega_0$ verbiegt sich um $d\varphi$ zu einem Bogen vom Radius ϱ und Winkel $d\omega$. Dabei bleibt die Länge $\varrho_0\,d\omega_0 = \varrho\,d\omega$ und es ist $d\omega = d\varphi + d\omega_0$, folglich $d\varphi = (1/\varrho - 1/\varrho_0)\,\varrho\,d\omega$. Nach der allgemeinen Biegungsformel ist $1/\varrho - 1/\varrho_0 = M/EJ$; hierin hat man $M = p\,h\,r^2\,(1 - \cos\omega)$ einzusetzen, ferner $E = 800\,000$ kg/qcm für zähes Gußeisen und $J = a^3\,h/12$. Die Ringstärke a kann bei der Verjüngung von a_1 auf 0,7 a_1 zu $a = a_1\,[0{,}7 + 0{,}15\,(1 - \cos\omega)]$ gerechnet werden. Die Annäherung df des Ringendes an die Mittellinie, infolge der Krümmung $d\varphi$ eines Bogenelementes im Abstande $\varrho\,(1 - \cos\omega)$ in Richtung der Mittellinie, beträgt $df = \varrho\,(1 - \cos\omega)\,d\varphi$. Ueber die genauere Entwicklung nach Grashof s. [2]. Aus den vorstehenden Aufstellungen folgt

$$f = \frac{12\,p\,r^2\,\varrho^2}{E\,a_1{}^3} \int_0^{\pi} \frac{(1 - \cos\omega)^2\,d\omega}{[0{,}7 + 0{,}15\,(1 - \cos\omega)]^3}.$$

Das Integral hat den Wert 5,6; man findet ihn leicht, indem man für $0^0\ 30^0 \ldots 180^0$ die Einzelwerte aufzeichnet, die Fläche unter der so bestimmten Kurve planimetriert, ferner die Einzelwerte von $(1 - \cos\omega)$, deren Integral $= \pi$ ist, ebenso behandelt und nach diesem Maßstabverhältnis den Gesamtwert feststellt. Mit $\varrho = \text{rund } 0{,}975\,r$ und $r = D/2$ folgt $a_1{}^3 f = 4\,p\,D^4/E$.

Man wählt gewöhnlich, wie in Fig. 13 und 14 angegeben ist, das Maß der Zusammenbiegung beider Ringenden $2f = 0{,}1\,D - 0{,}005\,D$ oder $f = 0{,}0475\,D$. Dabei ist der mittlere Wert von D_0 am offenen Ringe $= 1{,}03\,D$. — Die Einzelwerte von ϱ_0 lassen sich aus den obigen Gleichungen berechnen, wonach $\varrho/\varrho_0 = 1 - f\,(1 - \cos\omega)\,a_1{}^3/a^3\,5{,}6\,\varrho$ ist, nämlich $\varrho_0 = \varrho$ für $\omega = 0$; $\varrho_0 = 1{,}03\,\varrho$ für $\omega = 90^0$; $\varrho_0 = 1{,}036\,\varrho$ für $\omega = 180^0$.

Von den Biegungsspannungen s ist nur der Höchstwert s_1 in der Mitte des Ringes bei a_1 zu beachten. Aus $s_1 \cdot a^2\,h/6 = M_1 = p\,h\,r^2 \cdot 2$ folgt $a_1{}^2\,s_1 = 3\,p\,D^2$. Nach diesem und dem früheren Schlußergebnis ist das Produkt $a_1 \cdot f = 1{,}33\,s_1\,D^2/E$ durch die Spannung s_1 beschränkt, während das Verhältnis $a_1/f = 2{,}25\,pE/s_1{}^2$ dazu verleiten könnte, die Ringstärke a_1 möglichst groß zu wählen, um hohen Dichtungsdruck p zu erhalten. Dem widerspricht die Rücksicht auf die Erhaltung der Dichtung bei Abnutzung des Ringes. Stellt man die vorigen Gleichungen für einen um ein kleines Maß x gleichmäßig abgenutzten Ring, mit $\varrho_x = \varrho + x$, auf, so findet sich $p_x = p\,(1 - x/a_1)^3\,[1 - 5{,}33\,x\,a^3/a_1{}^3\,(1 - \cos\omega)\,f]$. Hieraus geht zunächst hervor, daß nach Maßgabe des letzten Gliedes der Dichtungsdruck aufhört, wenn die Abnutzung x einen gewissen Bruchteil von f erreicht; darum müßte hiernach der Wert von f möglichst groß, also a_1 entsprechend klein gewählt werden, um eine weitergehende Abnutzung zuzulassen, bevor es nötig wird, den Ring durch Hämmern der Innenseite, besonders an den Enden, etwas zu strecken. Weiterhin erkennt man, daß der Druck p_x nicht gleichmäßig bleibt, wie bei der Aufstellung des Momentes M vorausgesetzt worden ist. Trotzdem kann die Abnutzung ziemlich gleichmäßig erfolgen, wenn der Dampf in die Ringnut, innerhalb des Ringes, eindringen und ihn gegen die Zylinderwand drücken kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Man kann $a_1 = 0{,}025\,D + 0{,}7$ cm ſetzen, oder $a_1 = 0{,}04\,D$. Die Ringhöhe iſt $h = 0{,}08\,D + 0{,}5$ cm oder $= 2\,a_1$. Für $a_1/D = 0{,}04$ findet ſich die Spannung $s_1 = E\,a_1\,f/1{,}33\,D^2 = 800000 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}0475/1{,}33 = 1140$ kg/qcm, d. i. ſo hoch, wie man ſonſt nicht zu gehen wagt. Der anfängliche Dichtungsdruck wird $p = a_1\,s_1^2/2{,}25\,f\,E = 0{,}6$ Atmoſphären.

Zum Aufbringen des Ringes über den Kolbenkörper muß man ihn aufbiegen, bis ſein Krümmungsradius ϱ_0 auf $\varrho = r + a/2$ kommt. Aus $1/\varrho_0 - 1/\varrho = M/EJ = 2\,s_a/a\,E$ folgt $s_a = (2\,a/D - 0{,}03)\,E\,a/D$. In der Ringmitte, mit 0,036 ſtatt 0,03 und $a/D = 0{,}04$ zeigt ſich $s_a = 1400$; an den Enden mit 0,00 ſtatt 0,03 und $a/D = 0.7 \cdot 0{,}04$ wird $s_a = 1800$ kg/qcm! — Stärkere Ringe, etwa $a_1 = 0{,}05\,D$ mit $p = 1{,}2$ Atmoſphären und $s_1 = 1425$ kg/qcm laſſen ſich nicht überſchieben, ſondern ſind in einen Kolben mit abnehmbarem Deckel einzulegen. — Zweckmäßig ſollte die Verjüngung ſtarker Ringe auf $0{,}5\,a_1$ ſtatt $0{,}7a_1$ angeſetzt werden. Hierfür beträgt der Integralwert, bei der Berechnung von f, 6,5 ſtatt 5,6. Mit $a_1 = 0{,}044\,D$ erhält man z. B. $p = 0{,}7$ Atmoſphären und $s_1 = 1080$, dazu beſſere Erhaltung des Druckes bei der Abnutzung.

Für gleichſtarke Ringe [2] mit $a_2 = 0{,}033\,D$ wird der Integralwert $1{,}5\,\pi = 4{,}7$, ſomit $a_0^3 f = 3{,}35\,p\,D^4/E$ und $p = 0{,}42$ Atmoſphären; dabei iſt wieder $s_1 = 3\,pD^2/a_0^2 = 1140$ kg/qcm.

Die **Kolbenreibung** iſt abhängig von den unbekannten Werten des Flächendruckes und der Reibziffer zwiſchen Ring und Zylinderwand [1] und [4].

Zu dem Dichtungsdruck p eines federnden Ringes tritt noch der Dampfdruck p_m innerhalb des Ringes hinzu, der vielleicht dem Mittelwerte des treibenden Dampfdruckes gleich und nur an dem einen nächſtliegenden Ringe wirkſam ſein mag; anderſeits wirkt an der Außenfläche des Ringes die Spannung der Feuchtigkeit in fraglicher Stärke. Die Reibziffer wird von Reymann [1] zu 0,05—0,12 angegeben, und zwar für den Dampfdruck in abſoluten Atmoſphären und den Druck p berechnet. Die Reibungsarbeit ſoll ſich bei einem Verſuch zu 12,5 % der indizierten Arbeit ergeben haben und wird für einen Niederdruckkolben zu 2,3 % berechnet. Sonſt wird als Reibziffer für fettige Gußeiſenflächen 0,15 und für feuchte 0,31 geſetzt. — Nimmt man den indirekten Dampfdruck p_i als wirkſam an einem Ring von h cm Höhe an, ſo wird die Reibung für einen Kolben mit zwei Ringen $\Pi\,D\,h\,(p_i + 2\,p)\,\mu$ zu der treibenden Kraft $p_i\,\Pi\,D^2/4$ in dem Verhältnis $4\,h\,\mu\,(1 - 2\,p/p_i)/D$ ſtehen. Mit $h = 0{,}09\,D$; $p = 0{,}5$ und $p_i = 2{,}5$ als Mittelwerten und $\mu = 0{,}05 — 0{,}1 — 0{,}2 — 0{,}3$ findet ſich 2,5 — 5 — 10 — 15 % Reibungsverluſt. Bei Dampfhämmern ſcheint die Kolbenreibung noch höher zu ſein [3]. Bei liegenden Maſchinen kommt überdies noch die Gewichtsreibung hinzu.

Das **Kolbengewicht** kommt bei den Berechnungen des Maſſendruckes, der Reibung und der Durchbiegung der Kolbenſtange in Frage (ſ. Kolbenbewegung).

Als Durchſchnittswerte kann man im allgemeinen, für D cm Kolbendurchmeſſer und F qcm Kolbenfläche, die Gewichte nach folgenden Formeln anſetzen: Gewicht des Kolbens $= 0{,}010\,F\sqrt{D}$; Gewicht der Kolbenſtange $= 0{,}0012\,FD$; Gewicht des Kreuzkopfes $= 0{,}008\,F\sqrt{D}$; Gewicht von $^2/_3$ der Pleuelſtange $= 0{,}001\,FD$. Die Summe dieſer Werte ſtellt das Gewicht G_0 der hin und her gehenden Maſſen dar; auf die Kolbenfläche bezogen, iſt dieſe Summe:

für den Kolbendurchmeſſer D =	20	30	40	50	60	70	80	90	100 cm
$G_0/F = 0{,}0022\,D + 0{,}018\sqrt{D}$ =	0,12	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,34	0,37	0,40 kg/qcm.

Radinger, „Dampfmaſchinen mit hoher Kolbengeſchwindigkeit“ gibt $G_0/F = 0{,}28$ für liegende Maſchinen an, und $= 0{,}33$ mit Einſchluß eines Kondenſatorkolbens.

Literatur: [1] Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingen. 1896, S. 85 und 120 ff. — [2] Ebend. 1901, S. 232 und 373 ff. — [3] Ebend. 1902, S. 37. — [4] Ebend. 1900, S. 1405. *Lindner.*

Dampfkrane, ſ. Krane.

Dampfkrumpe, ſ. Dekatieren.

Dampfkultur, ſ. Maſchinenpflug.

Dampfläutewerke, ſ. Läutewerke.

Dampfleitungen für ortsfeſte Maſchinenanlagen werden bei großen Leitungslängen aus Guß- oder Schmiedeeiſen hergeſtellt, während kurze Leitungsanſchlüſſe, beſonders Krümmer, häufig aus Kupfer beſtehen. Für eine gegebene, durch die Leitung ſtrömende Dampfmenge ergibt ſich der zweckmäßigſte Leitungsdurchmeſſer weſentlich von zwei Einflüſſen abhängig, nämlich vom Spannungsverluſt infolge der Leitungswiderſtände und Dampfverluſt infolge äußerer Abkühlung. Erſterer Verluſt nimmt mit Verkleinerung des Durchmeſſers zu, letzterer ab.

Druckverluſt. Nach Verſuchen an Schachtleitungen hat ſich für den Druckverluſt ergeben: $Z = 0{,}0015\,\gamma\,\frac{l}{d}\,u^2$. In der Formel iſt Z = Leitungswiderſtand in Kilogramm auf 1 qm Rohrquerſchnitt (Atmoſphären), γ = Gewicht eines Kubikmeters Dampf von der in der Leitung herrſchenden mittleren Spannung p in Kilogramm; d = Durchmeſſer der Leitung in Metern; l = Länge der Leitung in Metern; u = mittlere ſekundliche Geſchwindigkeit des Dampfes in der Leitung in Metern. Bei Druckverluſten über 2 Atmoſphären und bei Dampfgeſchwindigkeiten über 20 m in der Sekunde iſt vorſtehende Formel nur für rohe Rechnungen noch hinreichend genau. Für genauere Rechnungen ſind folgende Gleichungen zu benutzen:

$$p_2 = \sqrt{(0{,}12 + p_1)^2 - \frac{l}{4000\,d^5}\,[3\,Q^2 + (3\,Q + k\,\pi\,d\,l)\,k\,\pi\,d\,l]} - 0{,}12,$$

$$p^2 = \sqrt{(0{,}3 + p_1)^2 - \frac{l}{3766\,d^5}\,[3\,Q^2 + (3\,Q + k\,\pi\,d\,l)\,k\,\pi\,d\,l]} - 0{,}3,$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wenn $p_1 > 3{,}6$ Atmosphären, $Z = p_1 - p_2$. Hierin ist: p_1 = Anfangsspannung; p_2 = Endspannung in Atmosphären; Z = Druckverlust in Atmosphären; d = Rohrdurchmesser in Metern; Q = stündliche Dampfmenge, die aus der Leitung ausströmt, in Kilogramm; k = stündliche Kondensationswassermenge in Kilogramm für 1 qm Rohrinnenfläche (s. die Tabelle); $k \pi d l$ = stündlich in der ganzen Leitung gebildete Kondensationswassermenge in Kilogramm.

Die **Größe des Dampfverlustes durch äußere Abkühlung** ist weniger abhängig von dem zur Umhüllung der Leitung verwendeten Isoliermaterial als von der Art und Güte der Ausführung. Der Dampfverlust wächst mit der Zunahme des Dampfdruckes und der Abnahme der Dicke der Umhüllung. Ueber die wirkliche Größe des Kondensationsverlustes gibt folgende Zusammenstellung von Versuchsergebnissen an verschiedenen Leitungen und mit verschiedenem Isoliermaterial Aufschluß.

Stündliche Kondensationswassermenge für 1 qm Rohrinnenfläche.

Versuchs-dampfleitung	Isolierung der Leitung	Dampfspannung in Atmosphären effektiv	Kondensationswasser in Kilogramm (k) mit Umhüllung	Kondensationswasser in Kilogramm (k) ohne Umhüllung	Bemerkungen
Gußeiserne Leitung $L = 323{,}0$ m 140 mm l. W.	Grünzweig & Hartmannsche Isoliermasse, 20 mm dick + 10 mm Filz- und Blechmantel	3,0	1,03		Schacht-leitungen
		4,0	1,09		
		5,0	1,21		
		6,0	1,33		
$L = 365{,}0$ m 294 mm l. W.	40 mm Korkschalen + 8 mm Asbestmasse	5,2	0,732		
Schmiedeeiserne Leitung $L = 22{,}0$ m 120 mm l. W.	Kieselguhrschnur, 30 mm dick	3,0	0,93		Horizontale Leitungen
		5,0	1,13		
	Knochsche Masse, 30 mm dick	3,0	0,93		
		5,0	1,128		
	Nackte Leitung	3,0		3,39	
		5,0		4,17	

Da die betreffenden Versuche unter voneinander wesentlich abweichenden äußeren Umständen ausgeführt wurden, sind die verschiedenen Umhüllungsmaterialien zugehörigen Zahlenwerte untereinander nicht vergleichbar. — Eine sehr wirksame Isolierung geben die aus Abfallseide hergestellten Zöpfe oder Polster von Pasquay. Dieselben sind zwar teurer als die übrigen Isoliermaterialien, sie verringern dafür aber tatsächlich die Kondensationsverluste mehr als diese. — Bei der Umhüllung von Leitungen für überhitzten Dampf müssen die aus pflanzlichen oder tierischen Stoffen hergestellten Verkleidungen durch einen Kieselguhrunterstrich von genügender Stärke vor dem Verbrennen geschützt werden.

Nach dem Zusammenhang zwischen Leitungswiderstand, Dampfverlust und Leitungsdurchmesser ergibt sich für die **Ermittlung des zweckmäßigsten Leitungsdurchmessers** folgender Rechnungsvorgang, unter Zugrundelegung der am Ende der Dampfleitung nötigen Dampfmenge und des nötigen Dampfdruckes:

1. Ist die Kesselspannung vorgeschrieben, so ist dadurch auch der zulässige Spannungsabfall bestimmt, und die Dampfgeschwindigkeit sowie der Leitungsdurchmesser ermitteln sich somit aus der Formel für den Leitungswiderstand ohne Rücksicht auf die Kondensationsverhältnisse in der Leitung. Der Kondensationsverlust ist alsdann ohne Erhöhung des Spannungsverlustes (d. i. ohne Verminderung des Leitungsdurchmessers) nicht günstiger zu gestalten.

2. Ist der Kesseldruck nicht vorgeschrieben, so müssen Vergleichsrechnungen über den Dampfverbrauch der ganzen Dampfmaschinenanlage samt Leitung bei großem und kleinem Spannungsabfall, also bei enger und weiter Leitung, sowie die besonderen praktischen Anforderungen an den Maschinenbetrieb den Leitungsdurchmesser bestimmen.

Im allgemeinen wird sich hinsichtlich der Dampfkosten großer Spannungsabfall und enge Leitung vorteilhafter erweisen als geringer Spannungsabfall und weite Leitung, um so mehr als bei den heutigen Kesselkonstruktionen die Erhöhung der Kesselspannung um eine halbe oder ganze Atmosphäre keine ins Gewicht fallenden Mehrkosten zur Folge hat und der Mehraufwand an Wärme zur Erzeugung der höheren Spannung ebensowenig einen Wärmeverlust mit sich bringt als die Widerstände in der Rohrleitung. Besonders bei überhitztem Dampf ist es mit Rücksicht auf den Abkühlungsverlust angezeigt, den Rohrdurchmesser klein zu wählen und eher einen etwas größeren Reibungsverlust mit in den Kauf zu nehmen.

Den Durchmesser der Dampfzuleitung und -ableitung bei Dampfmaschinen aus dem Querschnitt der Dampfkanäle am Zylinder abzuleiten, ist, obwohl noch allgemein üblich, prinzipiell unrichtig. Für die Abmessungen der gußeisernen Dampfleitungsrohre bis zu 8 Atmosphären Betriebsdruck gelten die vom Verein deutscher Ingenieure und dem Deutschen Verein der Gas- und Wasserwerksfachmänner aufgestellten Normalien für Flanschenrohre. Für höhere Dampfspannungen bis zu 20 Atmosphären hat der Verein deutscher Ingenieure besondere Normalien aufgestellt [1], die neben den Abmessungen auch die für die einzelnen Fälle als geeignet erachteten Baustoffe enthalten. Hiernach sind Kupfer und Bronze dort, wo sie in erheblichem Maße auf Zug- und Bruchfestigkeit in Anspruch genommen werden, bei Dampfspannungen über 8 Atmosphären und Temperaturgraden über 200° C. auszuschließen. Ebenso soll Gußeisen bis 13 Atmosphären nur für Durchmesser bis 150 mm, von 13 bis 20 Atmosphären aber überhaupt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nicht mehr verwendet werden. Die Formstücke und Ventilgehäuse sind dann in weichem, zähem Stahlguß herzustellen, während für die geraden Rohrstränge und große Bogen gezogene oder überlappt geschweißte schmiedeeiserne Rohre zur Verwendung kommen, die aufgewalzte oder besser aufgeschweißte Bunde erhalten, die mit ihren Stirnflächen durch lose auf den Rohren sitzende Flanschen gegeneinander gezogen werden. Als Dichtung eignet sich der gegen Herausschleudern durch Nut und Feder gesicherte einfache Asbestring am besten. Die mit Nut und Federn ineinander greifenden Flanschen (s. Rohrverbindungen) haben allerdings den Nachteil, daß das Auswechseln eines Rohres unter Umständen — wenn bei der Anlage durch Ausgleichstücke nicht vorgesorgt würde — mit Schwierigkeiten verbunden ist. Im Interesse der Biegsamkeit der Leitungen empfiehlt es sich, die Wandungen der geschweißten Rohre nur so dick zu machen, als es die Schweißarbeit erfordert. Diesen Forderungen sucht die Formel $s = p \cdot d : 700 + 1$ zu entsprechen, die für Rohre bis 200 mm l. W. Gültigkeit hat, und in der bedeutet: s die Wandstärke in Millimetern, p den höchsten Betriebsdruck in Atmosphären und d den Rohrdurchmesser in Millimetern. Stumpfgeschweißte Rohre, sogenannte Gasrohre, sollten selbst für kleinere Durchmesser bei hohen Dampfspannungen nie zur Verwendung kommen, auch die Verbindung dieser Rohre durch Muffen mit Rechts- und Linksgewinde und dazwischengelegtem und eingepreßtem Kupferring ist besser durch aufgewalzte oder aufgeschraubte Flanschen auszuführen.

Dampfleitungen sind mit gleichmäßigem Gefälle in der Richtung des Dampfstromes zu verlegen und genügend oft zu unterstützen, so daß sich keine Wassersäcke bilden und das Kondensationswasser, das sich durch die Wärmeabgabe im Betrieb und durch die Erwärmung der kalten Rohrleitung beim Einlassen von Dampf bildet, schnell und sicher abläuft. Zur Ausscheidung des Kondensationswassers werden vor der Dampfmaschine besondere Wasserabscheider in die Leitung eingebaut. Diese haben aber meistens nur eine geringe Wirkung, weil der Dampf von dem ausgeschiedenen Wasser nicht genügend getrennt wird und es sofort wieder mitreißt. Sofern das Volumen dieser Wasserabscheider genügend groß ist, gleichen sie bei der wechselnden Dampfentnahme die Geschwindigkeitsschwankungen nach Art der Windkessel aus und vermindern die von diesen Schwankungen herrührenden rüttelnden Bewegungen der Rohrleitung. Die Rohrleitungen müssen so verlegt und unterstützt werden, daß weder deren Eigengewicht noch die aus den Temperaturänderungen sich ergebenden Verschiebungen Zwängungen und Materialüberanstrengungen hervorrufen. Bei senkrechten Schachtleitungen werden daher an mehreren Stellen Traghebel angeordnet [2], die den Rohrstrang pendelnd fassen und durch ein am entgegengesetzten Hebelende angebrachtes Gewicht tragen. Wagerechte Leitungen in größeren Abmessungen legt man auf Rollenlager. Zum Ausgleich der Längenänderungen werden hier besondere Bogen oder Schleifen, die sogenannten Kompensationsrohre (s. d.), eingebaut. Damit diese Rohre dauernd ihre Federung behalten, darf die Nachgiebigkeit derselben nur so weit beansprucht werden, als es die Festigkeit des Materials innerhalb der Elastizitätsgrenze erlaubt. Zur Begrenzung der jeder Schleife zugedachten Ausdehnung wird die Leitung an bestimmten Stellen durch Klemmböcke festgehalten, die so zu bemessen sind, daß sie den auf sie entfallenden Schub aufzunehmen vermögen. Die Ausgleichstopfbüchsenrohre bewähren sich im allgemeinen bei überhitztem Dampfe schlecht, da die Packung hierbei rasch hart wird und festbrennt und dadurch jede Beweglichkeit aufhebt. Zur Verringerung der Gefahr bei Rohrbrüchen werden in die Leitungen dicht am Kessel besondere Rohrbruchventile eingebaut. Diese müssen, wenn sie im Notfalle nicht versagen sollen, täglich benutzt werden; nicht selten bilden sie eine Quelle fortwährender Störungen, da sie zur Unzeit in Wirksamkeit treten.

Bei größeren Dampfmaschinenanlagen werden die Dampfzuleitungen aus Rücksicht auf Betriebssicherheit doppelt ausgeführt, wie in Kraft- und elektrischen Lichtzentralen, Wasserwerksanlagen u. dergl. Der Materialersparnis und der Abkühlungsverluste wegen werden in diesen Fällen die Rohrdurchmesser meistens nur so groß gewählt, daß die Summe der beiden Rohrquerschnitte dem einer normalen einfachen Leitung gleichkommt.

Literatur: [1] Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1900, S. 1481. — [2] Ebend. 1904, S. 590.

G. Schwarz.

Dampfleitungen für Schiffe gliedern sich in die Hauptdampfrohrleitung, Hilfsdampfrohrleitung und Dampfabgangsrohrleitung.

Die Hauptdampfrohrleitung verbindet die Hauptdampfkessel mit den Hauptmaschinen. Bei mehreren Kessel- und Maschinengruppen wird die Hauptdampfrohrleitung so angeordnet, daß jede Kesselgruppe nach jeder Maschinengruppe Dampf liefern kann. Man erzielt hierdurch neben größerer Betriebssicherheit, namentlich bei Kriegsschiffen, kleinere Rohrdurchmesser und Wandstärken. Die einzelnen Hauptdampfrohre münden mit besonderen Absperrventilen in einen oder mehrere Gruppenventilkasten, die am vorderen Maschinenraumschott befestigt sind und bei Vorhandensein eines Mittellängsschottes durch ein absperrbares Querrohr verbunden sind [3], [4]. Von dem Ventilkasten jedes Maschinenraumes geht das Hauptdampfrohr dann zum Wassersammler (Fig. 1) und zum Manövrier- bezw. Hauptabsperrventil. Letzteres wird meist als Doppelsitzventil ausgebildet und vielfach mit einer Drosselklappe (Fig. 2) verbunden, um bei schlechtem Wetter dem Durchgehen der Maschine vorzubeugen.

Die Hilfsdampfrohrleitung, die den Dampf von dem Hilfskessel bezw. den Hauptkesseln zu den Hilfsmaschinen leitet, ist innerhalb der Kesselräume meist als Ringleitung ausgebildet. Bei Vorhandensein mehrerer Hauptdampfrohrleitungen wird die Hilfsdampfrohrleitung vielfach vom Gruppenventilkasten in den vorderen Maschinenräumen abgezweigt oder man benutzt eines der Hauptdampfrohre mit als Hilfsdampfrohr, um im Hafen die Hilfsmaschinen mit Dampf versehen zu können, ohne den Gruppenventilkasten mit Dampf zu füllen. Mit Ausnahme der Rudermaschine und der Umsteuerungsmaschine der Hauptmaschine, die wegen der ungleichmäßigen Dampfentnahme direkt an die Hauptdampfrohrleitung angeschlossen sind, erhalten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſämtliche Hilfsmaſchinen ſowie die Dampfheizung den Dampf von der Hilfsdampfrohrleitung [3], [4]. Dieſe wird an den Hilfsmaſchinen und an den Hauptabzweigungen mit Abſperrventilen verſehen.

Die Dampfabgangsrohre gliedern ſich gleichfalls in ſolche für Hauptmaſchinen und ſolche für die Hilfsmaſchinen. Die Hauptabgangsrohre von den ND-Zylindern zum Kondenſator erhalten Abſperrſchieber, um im Hafen den Kondenſator für die Hilfsmaſchinen benutzen zu können. Die Hilfsdampfabgangsrohre führen den Abdampf der Hilfsmaſchinen zu den Haupt- bezw. Hilfskondenſatoren. Zu dieſem Zweck werden die einzelnen Abdampfrohre zu Gruppen vereinigt und in die als Ringleitung angeordnete Hilfsabdampfleitung geführt, die durch Ventile mit den Kondenſatoren ſowie den Dampfabgangsrohren der Keſſel verbunden werden kann. Die Dampfabgangsrohre der Dampfdynamos werden möglichſt direkt zum Kondenſator geleitet, um den gleichmäßigen Gang dieſer Maſchinen nicht durch den Abdampf andrer Hilfsmaſchinen zu beeinträchtigen.

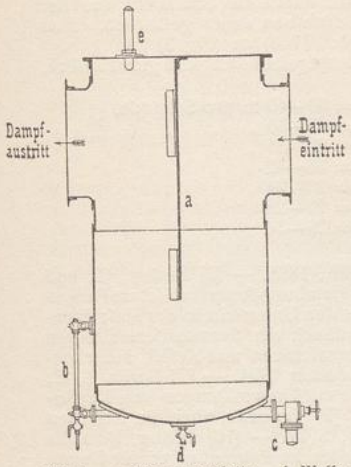


Fig. 1. *a* Trennungsplatte. *b* Waſſerſtandsglas. *c* Ablaßventil. *d* Entwäſſerungshahn. *e* Thermometer.

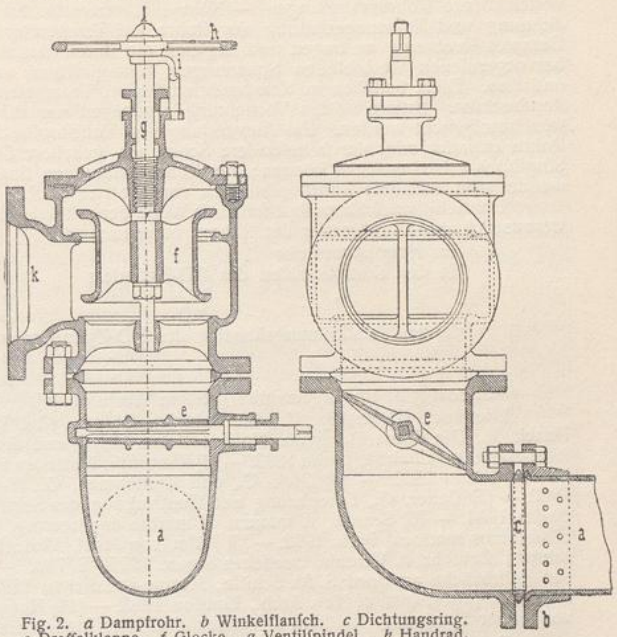


Fig. 2. *a* Dampfrohr. *b* Winkelflanſch. *c* Dichtungsring. *e* Droſſelklappe. *f* Glocke. *g* Ventilſpindel. *h* Handrad. *i* Zeiger. *k* Dampfaustritt.

Auf eine ſachgemäße Entwäſſerung der Dampfrohrleitungen iſt beſondere Sorgfalt zu legen, da ſonſt namentlich beim Einlaſſen des Dampfes in die Rohrleitungen gefahrbringende Waſſerſchläge entſtehen können [7], [9]. Die Hauptdampfleitung wird daher meiſt vom Abſperrventil am Keſſel bis zur Maſchine mit Fall angeordnet und iſt zum Sammeln des Kondenswaſſers vor dem Manövrierventil ein Waſſerabſcheider (Fig. 1) angeordnet. An allen waſſerſackartigen Krümmungen der Rohrleitung müſſen Waſſerſammler mit Hähnen eingeſchaltet werden [3], [5], [7]. Das Kondenswaſſer wird entweder in den Kondenſator oder in die Dampfabgangsrohre der Hilfsmaſchinen geleitet.

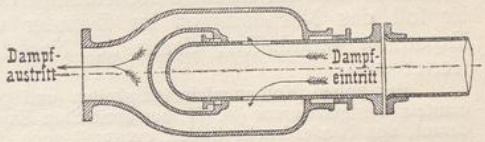


Fig. 3.

Auf Kriegsſchiffen zweigt ferner in jedem Maſchinenraum von der Hauptdampfrohrleitung kurz vor dem Manövrierventil das Ueberproduktionsrohr ab, das beim plötzlichen Stoppen der Maſchinen den überſchüſſigen Dampf eventuell nach Reduzierung des Druckes in den Kondenſator leitet. Sämtliche Dampfleitungen werden auf Kriegsſchiffen unter dem Panzerſchutz bezw. unterhalb der Waſſerlinie angeordnet.

Die Dampfrohrleitungen für Schiffe beſtehen im allgemeinen aus gezogenen oder genieteten Kupferrohren, die mittels bronzener Winkelflanſche durch eiſerne Bolzen miteinander verbunden werden. Bei ſtärkeren Rohren werden die Flanſchen aufgenietet und neuerdings mit fingerartigen Lappen — Fingerflanſchen — verſehen, bei ſchwächeren Rohren nur hart gelötet. Die Dichtung zwiſchen je zwei Flanſchen erfolgt durch runde Schnur in Dreiecknute, durch gewellte Kupferringe oder metallene Ringe von linſenförmigem Querſchnitt mit geſchliffenen Kugelflächen (ſ. Fig. 2) [11]. Die Wandſtärke δ von nahtlos gezogenen Kupferrohren ergibt ſich aus $\delta = \frac{d \cdot p}{400} + 1{,}5$ mm für Rohre bis 100 mm Durchmeſſer und $\delta = \frac{d \cdot p}{400}$ für Rohre von 125 mm Durchmeſſer und darüber, wobei d den lichten Durchmeſſer in Millimetern und p den Dampfdruck in Atmoſphären Ueberdruck angibt. Gebogene Kupferrohre erhalten eine um 1 mm größere Wandſtärke [5], [11], Kupferrohre von mehr als 120 mm Durchmeſſer erhalten zur

Sicherung gegen Rohrbrüche eine Stahldrahtumwicklung [8]. Da Kupferrohre bei größerer Erwärmung erheblich an Feſtigkeit verlieren, kommen für den Schiffsbetrieb mehr und mehr nahtloſe Stahlrohre zur Einführung in Verbindung mit Krümmern aus Stahlguß, da ſtählerne Rohre von über 80 mm Durchmeſſer ſich ſchwer biegen laſſen. Die Wandſtärke δ für nahtloſe Stahlrohre berechnet ſich aus $\delta = \frac{d \cdot p}{700} + 2{,}5\,\text{mm}$ [5]. Die Befeſtigung der Flanſchen aus Stahlguß auf den ſtählernen Rohren erfolgt meiſt durch Aufwalzen nach den Normen des Vereins deutſcher Ingenieure [11].

Bei den auf größeren Schiffen ſich ergebenden langen Dampfrohrleitungen ſind beſondere verſchiebbare Rohrverbindungen — Kompenſationsvorrichtungen — erforderlich, um der Ausdehnung und Zuſammenziehung der Rohre bei Temperaturänderungen durch die Wärme des Dampfes Rechnung zu tragen und zugleich die durch das Arbeiten des Schiffsrumpfes in See hervorgerufenen wechſelnden Spannungen auszugleichen und die Flanſchenverbindungen zu entlaſten. Dieſe beſtehen in Kompenſationslinſen, Trompetenrohren, Rohrkrümmern und Rohrſtopfbuchſen. Erſtere beiden Vorrichtungen genügen nur für kurze Leitungen, da ſie ſonſt zu ſehr beanſprucht werden. Bei Anwendung von Rohrſtopfbuchſen iſt darauf zu achten, daß die Rohre entlaſtet oder durch beſondere Schrauben geſichert ſind, damit ſie ſich nicht aus der Stopfbuchſe herausziehen können; bei Rohrkrümmungen ſind dieſelben daher gefährlich. Hier wendet man entlaſtete Rohrſtopfbuchſen von Dehne (D.R.P. Nr. 57756) an (Fig. 3) [3].

Für Schiffsmaſchinen ſind folgende Werte der mittleren Dampfgeſchwindigkeit gebräuchlich, woraus ſich der Durchmeſſer der Röhren berechnen läßt [5].

Im Hauptdampfrohr		$v = 30-40$ m pro Sekunde.
In den Dampfkanälen des	HD-Zylinders	$v = 25-30$ „ „ „
„	MD- „	$v = 30-36$ „ „ „
„	ND- „	$v = 36-42$ „ „ „
In den Ausſtrömungskanälen des	HD-Zylinders	$v = 20-24$ „ „ „
„	MD- „	$v = 24-28$ „ „ „
„	ND- „	$v = 29-34$ „ „ „

Seaton gibt im allgemeinen größere Werte an [6].

Literatur: [1] Busley, C., Die Schiffsmaſchinen, Kiel 1898, 1886. — [2] Busley, C., und Haack, R., Die Entwicklung des Norddeutſchen Lloyd und der Hamburg-Amerikaniſchen Packetfahrt-Aktiengeſellſchaft, Berlin 1893. — [3] Klamroth, Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. — [4] Dick, C., und Kretſchmer, O., Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1902. — [5] Bauer, G., Berechnung und Konſtruktion der Schiffsmaſchinen und Keſſel, München-Berlin 1904. — [6] Seaton, A manual of marine engineering, London 1904. — [7] Bertin, L. E., Chaudières marines, Paris 1902. — [8] Kölin von Jaski, Verſuche mit Umwicklungen von Kupferrohren, Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingen. 1895, S. 780. — [9] Verſuche über die Urſachen der Rohrbrüche an Bord S. M. Schiffe, Marine-Rundſchau 1894, S. 77. — [10] Milton, Remarks on steam pipes, Inst. of Nav. Arch., London 1895. — [11] Normalien zu Rohrleitungen für Dampf von hoher Spannung, Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingenieure 1900, S. 1481. *T. Schwarz.*

Dampfmantel (Dampfjacke), ein Hohlraum um die Wandung des Dampfzylinders, der mit friſchem Keſſeldampf oder expandiertem Dampf angefüllt iſt. Er ſoll das Nachdampfen im Zylinder verhindern bezw. ſchon während der Expanſion veranlaſſen, damit der Nachdampf noch zu nutzbarer Arbeit verwertet wird.

Bei hohen Kolbengeſchwindigkeiten und großer Füllung tritt der Nutzen des Dampfmantels weniger hervor [2], [5]; bei dreifachen Expanſionsmaſchinen beſchränkt man ſich daher darauf, den Niederdruckzylinder, eventuell noch den Mitteldruckzylinder, mit Dampfmantel zu verſehen. Der Dampfmantel des Niederdruckzylinders erhält dann ſeinen Dampf aus dem Receiver (ſ. Aufnehmer), um die Wandungen des Zylinders nicht zu ſehr zu beanſpruchen. Abgeſehen von einer etwaigen beſſeren Ausnutzung des Dampfes bietet der Dampfmantel den Vorteil, die Zylinder beim Ingangſetzen der Maſchine anwärmen zu können, ohne die arbeitenden Teile zu bewegen [4].

Die Ausführung des Dampfmantels geſchieht meiſt derart, daß der Zylindermantel einen beſonderen Einſatzzylinder erhält, der ebenſo wie der Zylindermantel entſprechende Anſätze trägt, um ihn zu ſtützen. Der Einſatzzylinder wird am Zylinderboden mittels Flanſches befeſtigt und erhält am Deckel eine ſtopfbuchſenartige Dichtung. Der ringförmige Zwiſchenraum zwiſchen Einſatzzylinder und Zylindermantel von 20—25 mm Weite bildet dann den Dampfmantel [1]. S. a. Schiffsmaſchinen und [2]—[6].

Literatur: [1] Busley, Die Entwicklung der Schiffsmaſchine, Berlin 1892. — [2] Busley, Die Schiffsmaſchine, Kiel 1886. — [3] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1893, S. 222. — [4] Seaton, A. E., A manual of marine Engineering, London 1904. — [5] Bertin, L. E., Machines marines, Paris 1899. — [6] Klamroth, G., Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. *T. Schwarz.*

Dampfmaſchinen. Der heutige Dampfmaſchinenbau ſtützt ſich — den Dampfturbinenbau ausgenommen — noch unverändert auf die durch Watt geſchaffenen Grundlagen und unterſcheidet ſich von den Leiſtungen und Ausführungen ſeiner Zeit nur durch die Anwendung höherer Dampfſpannungen, der Verbundwirkung, der Dampfüberhitzung, vollkommenerer mechaniſcher Hilfsmittel und durch die Nutzbarmachung hundertjähriger Erfahrungen. Watts Verdienſte um

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Entwicklung der Dampfmaſchine beſtehen im Vergleich zu den Schöpfungen ſeiner Vorgänger in der Trennung des Kondenſators vom Dampfzylinder, Anwendung doppelt wirkender Dampfzylinder in Verbindung mit dem Kurbelgetriebe, Ausnutzung der Dampfexpanſion und Einführung ſelbſttätiger Steuerung und Regulierung. Auch der Dampfmantel und der Indikator waren Watt ſchon bekannt und wurden von ihm angewendet [10], [15]. Die verſchiedenen Dampfmaſchinenarten laſſen ſich nach der Dampfwirkung, der Bewegungsform des Getriebes, der Aufſtellung, der Zahl der Dampfzylinder, der Steuerung und der Betriebsweiſe unterſcheiden; nachſtehend ſeien die wichtigſten Maſchinenarten kurz gekennzeichnet. Nach der Wirkungsweiſe des Dampfes unterſcheidet man:

I. Kolbendampfmaſchinen. Der in einem Zylinder eingeſchloſſene, im weſentlichen ruhende Dampf treibt infolge ſeiner Spannung einen Kolben durch Druck weiter. Es iſt dies die bis vor kurzem faſt allein gebräuchliche Art der Energieübertragung, die im folgenden ausführlich beſprochen wird.

II. Dampfturbinen. Der Dampf ſtrömt durch Düſen aus, wobei ſich die Spannungsenergie in Strömungsenergie umwandelt. Die raſch bewegten Dampfteile werden hierauf in Schaufelräder geleitet, die durch Richtungs- und Geſchwindigkeitsänderung des Dampfſtromes dieſem einen entſprechenden Teil ſeiner Bewegungsenergie entziehen (vgl. Dampfturbinen).

Kolbendampfmaſchinen

können nach der Bewegungsform des Getriebes wie folgt unterſchieden werden:

1. **Hubmaſchinen.** Bei dieſen Maſchinen ohne Schwungrad iſt im weſentlichen nur die geradlinige Bewegung vorhanden. Die Bauart eignet ſich nur für Pumpzwecke, z. B. für Keſſelſpeiſepumpen (Duplex-, Worthington-, Voit-Pumpen, ſ. Pumpen). — Früher führte man auch die oberirdiſchen Waſſerhaltungsmaſchinen als Hubmaſchinen (Cornwallmaſchinen) aus. Der Dampf wirkte bei dieſen Maſchinen im Zylinder nur zur Hebung der Pumpengeſtänge und deren Belaſtungsgewichte, während der Niedergang der letzteren ſelbſttätig durch deren Eigengewicht erfolgte und der Dampf während des entſprechenden Kolbenhubes keine Nutzarbeit verrichtete. Da mangels einer zwangläufigen Kolbenbewegung die ſchädlichen Räume ſehr groß ($\frac{1}{4}$—$\frac{1}{4}'$) und die Hubzahl ſehr klein (5—10 in der Minute) angenommen werden mußte, zeigten dieſe einfach wirkenden Maſchinen auch einen ſehr hohen Dampfverbrauch. — Im erweiterten Sinne können auch die Dampfhämmer (ſ. S. 551) und die Dampframmen (ſ. Rammen) als Hubmaſchinen angeſehen werden.

2. **Balanciermaſchinen** (vgl. a. Bd. 1, S. 501). Bei dieſen wird die geradlinige Hubbewegung des Kolbens durch Vermittlung von Parallelogrammführung, Balancier, Schubſtange und Kurbel in eine Drehbewegung verwandelt. Balanciermaſchinen haben den Nachteil komplizierter Kraftleitung im Kurbeltriebwerk und Balancier, ſind kompliziert in der Ausführung und koſtſpielig in der Anlage. Ihre Umdrehungszahl iſt infolge großer bewegter Maſſen ebenfalls beſchränkt (im Maximum 30—40 minutliche Umdrehungen), ſo daß die Dampfzylinder und Maſchinenabmeſſungen weſentlich größer werden als bei gleichſtarken ſtehenden Maſchinen ohne Balancier. Die Balanciermaſchinen werden als gewöhnliche Betriebsmaſchinen heute nicht mehr ausgeführt und finden nur noch bei Waſſerwerkspumpen und oberirdiſchen Waſſerhaltungsmaſchinen vereinzelte berechtigte Anwendung (vgl. z. B. [1], Jahrg. 1899, Taf. 11, und 1902, Taf. 22).

3. **Kurbelmaſchinen mit Kreuzkopfführung.** Die geradlinige Hubbewegung des Kolbens wird durch Vermittlung von Kreuzkopfführung, Schubſtange und Kurbel in eine Drehbewegung verwandelt. Dies iſt die heute vorherrſchende Ausführungsform der Kolbendampfmaſchinen; ſie bietet den Vorteil einfacher Kraftleitung im Triebwerk, ermöglicht die Anwendung verhältnismäßig hoher Umlaufszahlen (bis zu 450 in der Minute) und beſitzt eine weitgehende Anpaſſungsfähigkeit an verſchiedene Raum- und Arbeitsverhältniſſe.

4. **Maſchinen mit kreiſenden Zylindern.** Bei dieſen Maſchinen liegt die Kurbel feſt; die Zylinder ſamt den Kolben und den Schubſtangen drehen ſich um die Kurbel (vgl. z. B. die D.R.P. Nr. 56690, 101789, 102776, 123627). Beſondere Bedeutung haben dieſe Maſchinen nicht erlangt, da die Bauart zu kompliziert iſt und die ſich drehenden Zylinder, Stopfbüchſen u. ſ. w. nicht bequem zugänglich ſind. Die Maſſe der Zylinder, Kolben u. ſ. w. wirkt als Schwungrad.

5. **Maſchinen mit kreiſenden Kolben.** Es ſind dies die nach Art der Kapſelpumpen (ſ. Pumpen) gebauten Dampfmaſchinen. Auch dieſen Maſchinen iſt eine beſondere Bedeutung nicht beizumeſſen; ſie haben den Nachteil, daß ein dauernd guter dampfdichter Abſchluß in der Gleitfläche zwiſchen Kolben und Gehäuſe nicht zu erreichen iſt. Von neueren Ausführungen ſei hier nur die Maſchine von Hult ([1], Jahrg. 1903, S. 1672) und diejenige von Paſchke ([1], Jahrg. 1903, S. 1685) erwähnt.

Bei den unter 1—4 angeführten Maſchinen mit hin und her gehenden Kolben kann man unterſcheiden:

A. **Einfach wirkende Maſchinen,** wenn der Dampf nur auf einer Kolbenſeite wirkt. Dieſe Bauweiſe iſt nur bei Kleindampfmaſchinen ([2], Bd. 309, Jahrg. 1898, S. 224), den älteren Hubmaſchinen (ſ. oben) und bei einigen Arten von Heißdampfmaſchinen (ſ. d.) [19] anzutreffen. Einfach wirkende Maſchinen erfordern größere Abmeſſungen, verurſachen größere Abkühlungsverluſte, geben eine weniger gleichförmige Kurbeldrehung und bedingen einen kleineren mechaniſchen Wirkungsgrad.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

B. **Doppelt wirkende Maſchinen.** Der Dampf wirkt bei dieſen Maſchinen auf beiden Seiten. Dies iſt die heute allgemein übliche Bauweiſe; dabei liefert jeder Hub Nutzarbeit. Die Abmeſſungen der Maſchine fallen für gleiche Leiſtungen kleiner aus als bei einfach wirkenden Maſchinen, die Gleichförmigkeit der Kurbeldrehung wird eine beſſere und der mechaniſche Wirkungsgrad ein größerer. Da ferner die Temperatur der Zylinderwandung eine höhere iſt, ſo müſſen auch die Kondenſationsverluſte im Zylinder geringer ausfallen.

Nach der Wirkungsweiſe des Dampfes auf der Triebdruckſeite (Einlaßſeite) unterſcheidet man:

a) **Volldruckdampfmaſchinen.** Bei dieſen arbeitet der Dampf während des größten Teiles des Kolbenhubes mit voller Eintrittsſpannung; die Expanſionsfähigkeit derſelben wird wenig oder gar nicht ausgenutzt. Der Dampfverbrauch iſt infolgedeſſen ein ſehr hoher. Die Volldruckdampfmaſchine hat nur Berechtigung bei niederer Dampfſpannung (1—2 Atmoſphären Ueberdruck) und war daher früher bei den ſogenannten Niederdruckmaſchinen allgemeiner üblich. Gegenwärtig kommt die Volldruckwirkung in Dampfmaſchinen nur bei vorübergehender Steigerung der Maſchinenleiſtung oder bei Kleinmotoren mit Droſſelregulierung vor. Die dabei angewendete Füllung beträgt aus Gründen der Dampferſparnis und zur Verbeſſerung der Ausſtrömungsverhältniſſe 0,7—0,8 des Kolbenhubes.

b) **Expanſionsdampfmaſchinen.** Bei dieſen wird der Dampfzylinder nur für einen gewöhnlich verhältnismäßig kleinen Teil des Hubes mit Dampf von Keſſelſpannung gefüllt, während der übrige Kolbenweg unter ſelbſtändiger Ausdehnung der abgeſchloſſenen Dampfmenge zurückgelegt wird. Durch die Ausnutzung der Expanſionsarbeit des Dampfes wird im Vergleich zur Volldruckmaſchine für gleiche Arbeitsleiſtung eine weſentliche Verminderung des Dampfverbrauches erzielt. Die Mehrleiſtung des Dampfes gegenüber der Volldruckarbeit iſt um ſo größer, je weiter die Expanſion getrieben wird. Die nutzbare Expanſion wird bei Auspuffmaſchinen durch die Atmoſphärenſpannung, bei Kondenſationsmaſchinen durch die Kondenſatorſpannung begrenzt. — Das Verhältnis des der Dampfeinſtrömung entſprechenden Kolbenweges zum Kolbenhub bezeichnet den Füllungsgrad, das umgekehrte Verhältnis den Expanſionsgrad des Arbeitsdampfes. Wird lediglich die nutzbare Expanſionswirkung des Dampfes in Betracht gezogen, ſo ergibt ſich ſcheinbar der Dampfverbrauch einer Maſchine für 1 PS.-Stunde um ſo geringer, je kleiner der Füllungsgrad, bezw. je größer der Expanſionsgrad genommen wird. Dies trifft jedoch in Wirklichkeit nicht zu; es beſteht vielmehr für eine beſtimmte Dampfmaſchine nur ein ökonomiſch günſtigſter Füllungsgrad, bei deſſen Unter- oder Ueberſchreitung keine weitere Verminderung des Dampfverbrauches, ſondern eine Erhöhung desſelben eintritt. Dieſer günſtigſte Füllungsgrad iſt für die verſchiedenen Dampfmaſchinenausführungen verſchieden groß (ſ. Dampfmaſchinenberechnung, Tabelle I.).

Die praktiſch bedeutſamſte Verſuchsreihe, die über den Einfluß verſchiedener Füllung auf den Dampfverbrauch zuverläſſigen Aufſchluß gibt, iſt diejenige des amerikaniſchen Ingenieurs Iſherwood, der an der Maſchine des Dampfers Michigan 1876 ausführliche und genaue Verſuche angeſtellt hat. Zweck der Verſuche war, die ökonomiſch günſtigſte Füllung bei einer Anfangsſpannung von 1,3 Atmoſphären Ueberdruck zu ermitteln. Die Maſchine arbeitete mit Kondenſation und ohne Dampfmantel; es wurden Verſuche von je dreitägiger ununterbrochener Dauer mit ſieben verſchiedenen Füllungen angeſtellt.

Füllungsgrad	$^{11}/_{12}$	$^{7}/_{10}$	$^{4}/_{9}$	$^{3}/_{10}$	$^{1}/_{4}$	$^{1}/_{6}$	$^{4}/_{45}$
Verhältniszahlen des Speiſewaſſerverbrauches für 1 eff. PS.-Stunde	1,00	0,896	0,877	0,949	0,962	1,065	1,292

Dieſe Tabelle gibt den Dampfverbrauch für die beobachteten Füllungen von $^{11}/_{12}$ bis $^{4}/_{45}$, bezogen auf den Dampfverbrauch der größten Füllung, als Einheit an. Die günſtigſte Füllung trat bei $^{4}/_{9}$ des Kolbenweges ein, indem der Dampfverbrauch bei weiterer Steigerung der Expanſion zunahm und bei $^{1}/_{11}$ Füllung ſogar 29 % größer wurde als bei Vollfüllung. — Ein ganz ähnlicher Zuſammenhang zeigt ſich für die heute angewendeten höheren Dampfſpannungen. So ergibt ſich beiſpielsweiſe bei 5—6 Atmoſphären Eintrittsſpannung der günſtigſte Füllungsgrad für Auspuffmaſchinen zu etwa $^{1}/_{4}$, für Kondenſationsmaſchinen zu etwa $^{1}/_{10}$. Ein Grund dieſer Erſcheinung iſt zunächſt in den Reibungsverhältniſſen zu ſuchen, die eine Weiterführung der Expanſion unzweckmäßig erſcheinen laſſen, ſobald der Ueberdruck der Expanſionsſpannung über den Gegendruck (Atmoſphären- oder Kondenſatordruck) unzureichend wird, um die Reibung in der Maſchine überwinden zu können. Ein weiterer ſehr wichtiger Grund liegt in der Wechſelwirkung zwiſchen Arbeitsdampf und Zylinderwandung. Der in den Zylinder eintretende friſche Dampf trifft auf die von der vorhergehenden Ausſtrömperiode abgekühlten Zylinderwände und wird zum Teil kondenſiert, ſo daß während der Eintrittsperiode eine größere Dampfmenge zuſtrömt, als dem Füllungsvolumen entſpricht; der Mehrbetrag an Dampf hat ſich als Waſſer niedergeſchlagen; die latente Wärme wurde von den Zylinderwandungen aufgenommen. Mit der Temperaturerniedrigung des Arbeitsdampfes während der Expanſion und der bei niedrigſter Dampftemperatur erfolgenden Ausſtrömung findet wieder ein Nachverdampfen des vorhandenen Kondenswaſſers, d. i. Wärmezufuhr von ſeiten der Zylinderwände, ſtatt. Dieſer Wärmeaustauſch erfolgt ſomit gerade dem Carnotſchen Kreisprozeß entgegengeſetzt und muß um ſo nachteiliger wirken, je weiter die Expanſion getrieben wird, d. i. je größer der Temperaturunterſchied zwiſchen der Ein- und Austrittsſpannung iſt.

Der ungünſtige Einfluß dieſer Wechſelwirkung zwiſchen Zylinderwandungen und Dampf läßt ſich durch Anwendung eines Dampfmantels, durch Teilung der Expanſion auf zwei oder mehrere Zylinder und durch Verwendung überhitzten Dampfes vermindern. — Der Dampfmantel erhöht die Temperatur der Zylinderwandungen und vermindert hierdurch die Eintrittskondenſation.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

— Die auf mehrere Zylinder verteilte Expanſion ein und derſelben Dampfmenge (ſ. Mehrfach-expanſionsmaſchinen, S. 603) bedingt für jeden einzelnen Zylinder einen kleineren Temperaturunterſchied zwiſchen Ein- und Auslaßdampf bezw. zwiſchen Einlaßdampf und Zylinderwandung, wodurch gleichfalls die Eintrittskondenſation vermindert wird. — Der überhitzte Dampf gibt als ſchlechterer Wärmeleiter die Wärme weniger leicht als geſättigter Dampf an die Zylinderwandung ab; außerdem iſt beim überhitzten Dampf mit der Wärmeabführung nicht ſofort eine Kondenſation verbunden. Dieſe kann erſt eintreten, wenn der Dampf durch die Wärmeentziehung bis auf den Sättigungspunkt abgekühlt worden iſt. (Vgl. Heißdampfmaſchinen und [19].)

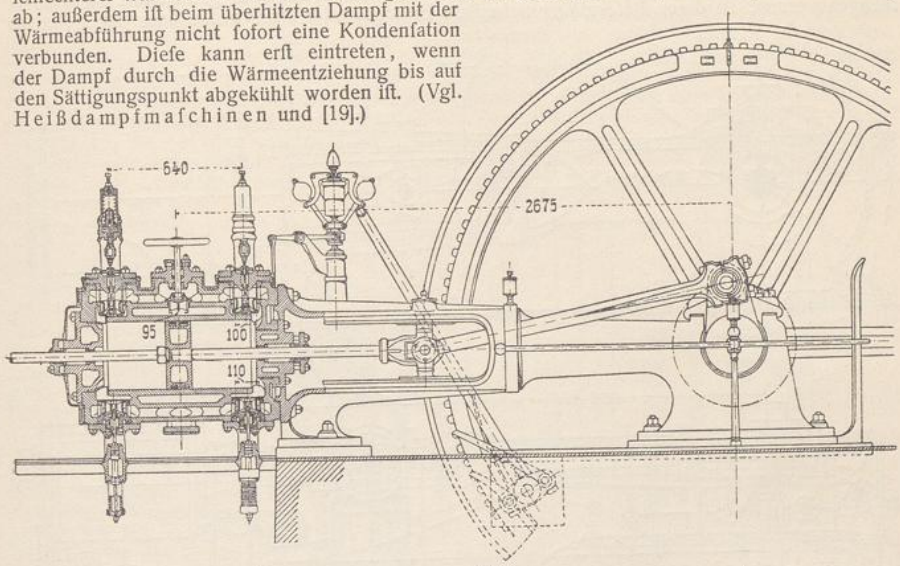


Fig. 1.

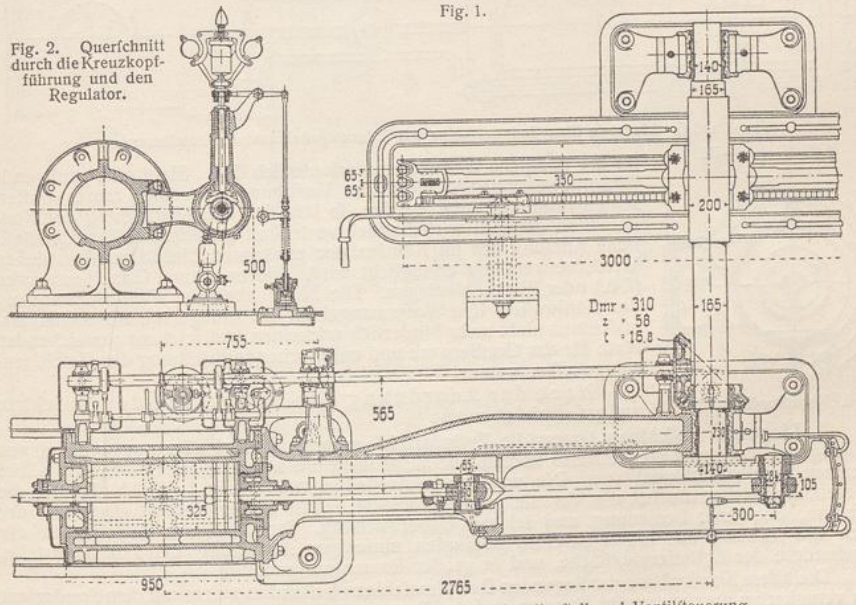


Fig. 2. Querſchnitt durch die Kreuzkopfführung und den Regulator.

Fig. 1—3. Liegende Einzylindermaſchine mit Bajonettgeſtell und Ventilſteuerung.

Nach der Wirkungsweiſe des Dampfes auf der Gegendruckſeite (Auslaßſeite) des Kolbens unterſcheidet man:

a) **Auspuffmaſchinen.** Als ſolche werden jene Dampfmaſchinen bezeichnet, bei denen der Arbeitsdampf nach vollendeter Expanſion in die Atmoſphäre ausſtrömt. Mit freiem Auspuff arbeiten namentlich die Kleinmotoren, Lokomotiven und Lokomobilen, die Großdampfmaſchinen in den Fällen ſchwieriger und koſtſpieliger Beſchaffung des Einſpritzwaſſers oder bei Verwendung des Auspuffdampfes zu Heiz- oder Vorwärmzwecken ſowie vorübergehend beim Verſagen des Kondenſators.

b) **Kondenſationsmaſchinen.** Bei dieſen ſtrömt der Dampf nach der Arbeitsleiſtung im Dampfzylinder in den Kondenſator aus, woſelbſt durch Kühlwaſſer eine Verdichtung des

Dampfes und hierdurch eine Verminderung des Gegendruckes im Zylinder erreicht wird. Zur Fortſchaffung des Kondenſats iſt eine ſogenannte Luftpumpe notwendig, die in der Regel von der Dampfmaſchine ſelbſt angetrieben wird (ſ. Luftpumpen) [53]. Die Anwendung der Kondenſation ermöglicht eine weitergehende Ausnutzung der Expanſionsarbeit des Dampfes, alſo eine Verminderung des Dampfverbrauches für 1 PS.-Stunde, ſetzt aber genügende Kühlwaſſermengen voraus, zu deren Beſchaffung beſondere Brunnen oder Pumpwerke oder der Anſchluß

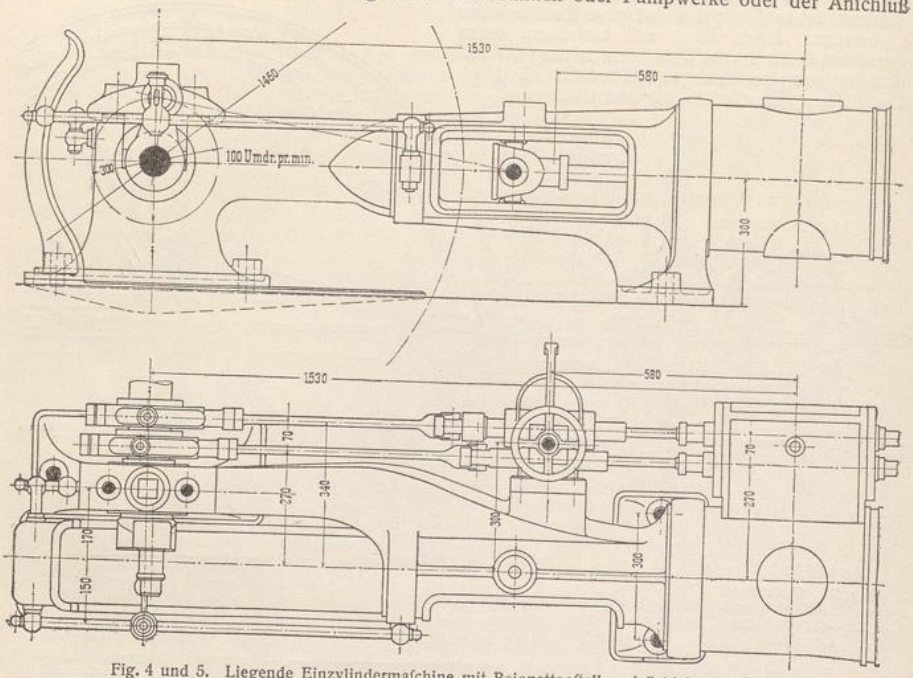


Fig. 4 und 5. Liegende Einzylindermaſchine mit Bajonettgeſtell und Schiebersteuerung.

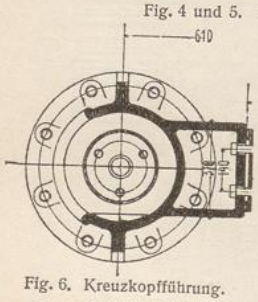


Fig. 6. Kreuzkopfführung.

an die ſtädtiſche Waſſerleitung erforderlich ſind. Steht eine genügende Einſpritzwaſſermenge nicht zur Verfügung oder muß teures Waſſerleitungswaſſer benutzt werden, ſo läßt ſich die Anwendung der Kondenſation dadurch wirtſchaftlich vorteilhaft geſtalten, daß durch künſtliche Kühlung des im Kondenſator erwärmten Einſpritzwaſſers deſſen Wiederverwendung ermöglicht wird. Hierzu dienen Gradierwerke (ſ. d.) oder Rückkühlanlagen. Die Möglichkeit der Wiederverwendung des Kühlwaſſers läßt Waſſermangel für die Anlage von Kondenſationsmaſchinen nicht mehr hinderlich erſcheinen und ſetzt nur ausreichenden Platz für das Gradierwerk und entſprechende Erhöhung der Maſchinenanlagekoſten voraus.

Nach der Anordnung der Hauptachſe der Maſchine unterſcheidet man:

1. **Liegende Maſchinen,** wenn die Zylinderachſe wagerecht liegt oder nur wenig gegen die Wagerechte geneigt iſt; letzteres kommt nur ausnahmsweiſe bei Spezialmaſchinen (z. B. bei einzelnen Schiffsmaſchinen) vor. Die wagerechte Aufſtellungsweiſe (Fig. 1—6, 10—16) iſt die am meiſten übliche; ſie hat die Vorteile großer Stabilität, guter Zugänglichkeit aller Teile der Maſchine, bequemer Bedienung und leichter Ueberwachung. Ihre Nachteile beſtehen in der durch die Wirkung des Eigengewichtes bedingten einſeitigen Abnutzung der Triebwerksteile, insbeſondere der Zylindergleitfläche, und in großer Raumbeanſpruchung.

Die ältere Konſtruktion der liegenden Dampfmaſchinen beſtand in einem mit dem Fundament ſtark verankerten durchgehenden Rahmen, auf den Dampfzylinder, Kreuzkopfführung und Kurbellager aufgeſchraubt werden. (Rahmenmaſchinen; die Fig. 7—9 geben die Konſtruktion einer ſolchen als Wandmaſchine wieder.) Da die Verſchraubung genannter Maſchinenteile meiſt unterhalb der Horizontalebene der Maſchinenachſe erfolgt, ſo beſitzt dieſe Konſtruktion den Mangel, daß die im Kurbellager und in den Dampfzylinderdeckeln wirkenden Reaktionen der Triebwerksdrücke an den Befeſtigungsſtellen des Lagers und des Zylinders bedeutende Biegungsbeanſpruchungen des Rahmens verurſachen. Stark beanſpruchte Maſchinen, wie beſonders Walzwerks- und Fördermaſchinen, weiſen daher an den betreffenden Befeſtigungsſtellen häufig Rahmenbrüche auf. Dieſen Uebelſtand beſeitigte Corliß durch ſeinen Bajonettrahmen (Corliß-Rahmen, Fig. 4—6). Derſelbe erſcheint im Aufriß zwiſchen Kurbellager und Dampfzylinder ſymmetriſch zur Maſchinenachſe ausgebildet, ſo daß die in der Maſchinenachſe wirkende Reſultante vor-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bezeichneter Reaktionsdrücke ohne Biegungsmomente in der ſenkrechten Schwingungsebene vom Rahmen aufgenommen wird. Der Anſchluß des Dampfzylinders erfolgt mittels eines zu deſſen Achſe konzentriſchen Rahmenflanſches. Die Kreuzkopfführung beſitzt ſymmetriſch zur Maſchinenachſe ſchwalbenſchwanzförmige oder zylindriſche Gleitflächen (Fig. 6). Kreuzkopfführung und Kurbellager verbindet ein ſeitlich der Maſchinenachſe anſchließender Balken, der zwiſchen Kurbellager und Dampfzylinder ſymmetriſch zur Maſchinenachſe ausgebildet iſt. Am Kurbellager und an der Rundführung wird der Bajonettrahmen mittels kräftiger Füße mit dem Fundament verſchraubt, während der Dampfzylinder, mittels eines Flanſches einſeitig an der Rundführung mit dem Rahmen verbunden, entweder frei ſchweben kann oder, bei großem Gewicht desſelben, an ſeinem hinteren Ende unterſtützt wird. Dieſe Konſtruktion ermöglicht freie Ausdehnung des Zylinders, unabhängig von der Rahmenbefeſtigung; ſie iſt daher zweckmäßiger als die bei den meiſten Corliß-Maſchinen übliche, bei welcher der Rahmen vom Kurbellager bis zum Dampfzylinder frei ſchwebt und letzterer ſelbſt mit dem Fundament verſchraubt wird. Dampfmaſchinen für große Leiſtungen und mit ſchweren Schwungrädern, wie Walzwerks- und Fördermaſchinen, erhalten den genannten Rahmen beſſer ſo ausgebildet, daß er vom Kurbellager bis zur Dampfzylinderbefeſtigung auf dem Fundamente aufliegt behufs einer ſoliden Verbindung der Maſchine mit dem Fundament. Die zur Zylinderachſe konzentriſche Rundführung des Kreuzkopfes (Fig. 6) vereinfacht ſowohl die Bearbeitung des Rahmens wie auch die Adjuſtierung des Dampfzylinders. — Einzylinder-

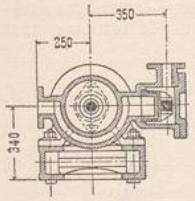


Fig. 9. Dampfzylinderquerſchnitt.

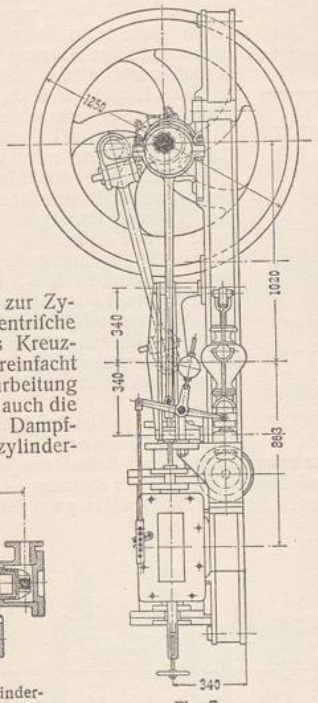


Fig. 7.

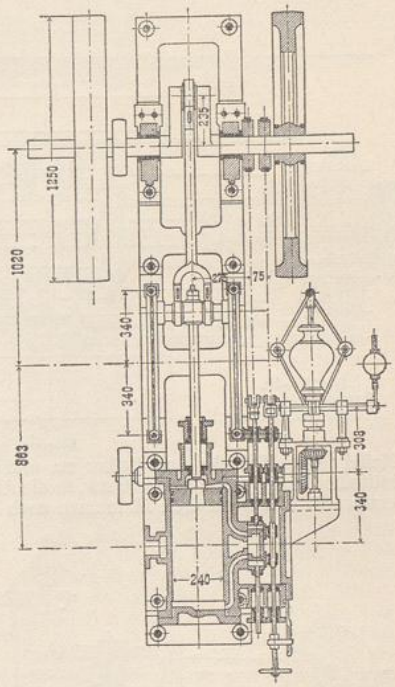


Fig. 8.

Fig. 7—9. Wanddampfmaſchine mit Rahmengeſtell.

maſchinen mit Kurbelantrieb ſetzen die Anwendung eines zweiten Lagers der Kurbelwelle (Fig. 3) voraus, das unabhängig vom Maſchinenrahmen mit dem Fundament verſchraubt wird (vgl. a. Fig. 14). Bei Anwendung einer gekröpften Welle können die beiden Kurbelwellenlager mit der Rundführung zu einem gemeinſamen gabelförmigen Rahmen verbunden und zuſammengegoſſen werden (Gabelmaſchinen, Fig. 10—12). Dieſe in ſich geſchloſſene Rahmenform eignet ſich hauptſächlich für kleinere Ausführungen und erfordert keine beſonderen Montagearbeiten.

2. **Stehende Maſchinen.** Die Achſe des Zylinders iſt ſenkrecht. Hierher zu rechnen ſind auch die Balanciermaſchinen und die Wanddampfmaſchinen (Fig. 7—9); letztere werden wegen der wenig zuverläſſigen Befeſtigung nur für kleine Leiſtungen ausgeführt. Die ſenkrechte Anordnung der Dampfmaſchine hat gegenüber der wagerechten den Vorzug geringer Raumbeanſpruchung und geringer Abnutzung der Triebwerksteile ſowie leichter Dichthaltung von Stopfbüchſen, Kolben und Steuerteilen. Als Uebelſtand dagegen macht ſich die ſchwierige Zugänglichkeit der Triebwerksteile und der Dampfzylinder ſowie geringere Stabilität der Maſchine und teurere Fundierung geltend. Der Hub wird zur Erhöhung der Stabilität ſtets kleiner genommen als bei gleichſtarken liegenden Maſchinen, und es erſcheint aus gleichem Grunde mitunter ſelbſt die Verkürzung der Schubſtangenlänge auf den vierfachen Kurbelradius gerechtfertigt. Die Dampfzylinder werden in der Regel oben angeordnet, die Kurbelwelle liegt unten, wobei ein bequemer und einfacher Aufbau des Maſchinenſtänders ſich ergibt (Fig. 17—20). Zur umgekehrten Anordnung iſt man nur ausnahmsweiſe veranlaßt. Die Ständer laſſen ſich in verſchiedener Weiſe ausbilden. Eine zweckmäßige Form bilden zwei gußeiſerne Füße, die ſich oben zu einem Kranz für die Zylinderverſchraubung vereinigen und unten auf einem Rahmen aufſitzen, der die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kurbelwellenlager enthält (Fig. 20). Bei kleineren Abmeſſungen werden Ständer und Grundrahmen in ein Gußſtück vereinigt. Sehr häufig erfolgt die Ausbildung der Ständer mit einſeitigen, genügend kräftigen gußeiſernen Füßen und ſchmiedeeiſernen Unterſtützungsſtangen (Schiffsmaſchinentypus, Fig. 18). Bei der Konſtruktion der Kreuzkopfführung entweder als Rundführung oder als einſeitige Linealführung iſt die Rückſicht auf leichte Zugänglichkeit der Triebwerksteile und der Dampfzylinderſtopfbüchſen maßgebend. Bei Maſchinen, die ebenſoviel nach der einen wie nach der andern Richtung umlaufen, iſt wegen des nach beiden Seiten gerichteten Druckes auf die Gleitbahn zweiſeitige Führung zu empfehlen. Die Kurbellager bedürfen keiner ſeitlich nachſtellbaren Lagerſchalen, da die Abnutzung der letzteren nur in ſenkrechter Richtung erfolgt.

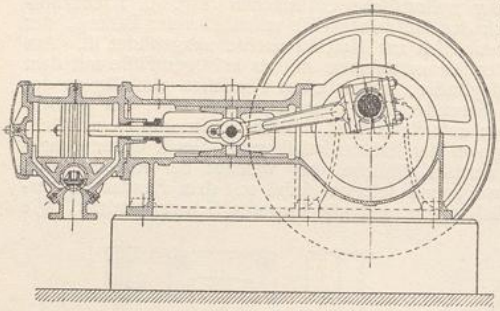


Fig. 10.

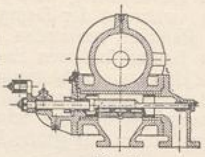


Fig. 12.

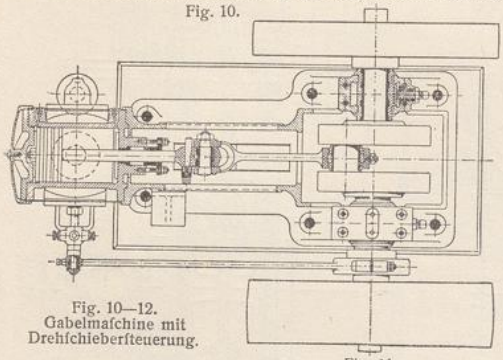


Fig. 10—12. Gabelmaſchine mit Drehſchiebersteuerung.

Fig. 11.

Nach der Zahl der Zylinder einer Maſchine kann man unterſcheiden:

1. **Einzylindermaſchinen** kommen im allgemeinen nur noch für mäßige Leiſtungen und Dampfſpannungen zur Anwendung ſowie in den Fällen, in denen Einfachheit der Ausführung und geringe Koſten der Anlage zu erſtreben ſind, bei mäßigen Anſprüchen an die Dampfökonomie (Fig. 1—12).

2. **Mehrzylindermaſchinen** (Fig. 13—20). Nach der Wirkungsweiſe des Dampfes in den verſchiedenen Zylindern ſind die Mehrzylindermaſchinen noch weiter zu unterſcheiden in:

a) Mehrzylindrige Einfachexpanſionsmaſchinen. Der Dampf ſtrömt vom Keſſel jedem Zylinder unmittelbar zu, und der expandierte Dampf ſtrömt aus jedem Zylinder unmittelbar in den Kondenſator bezw. in die Atmoſphäre. Der Zahl der Zylinder — zwei oder drei — entſprechend werden dieſe Maſchinen auch Zwillings- bezw. Drillingsmaſchinen genannt.

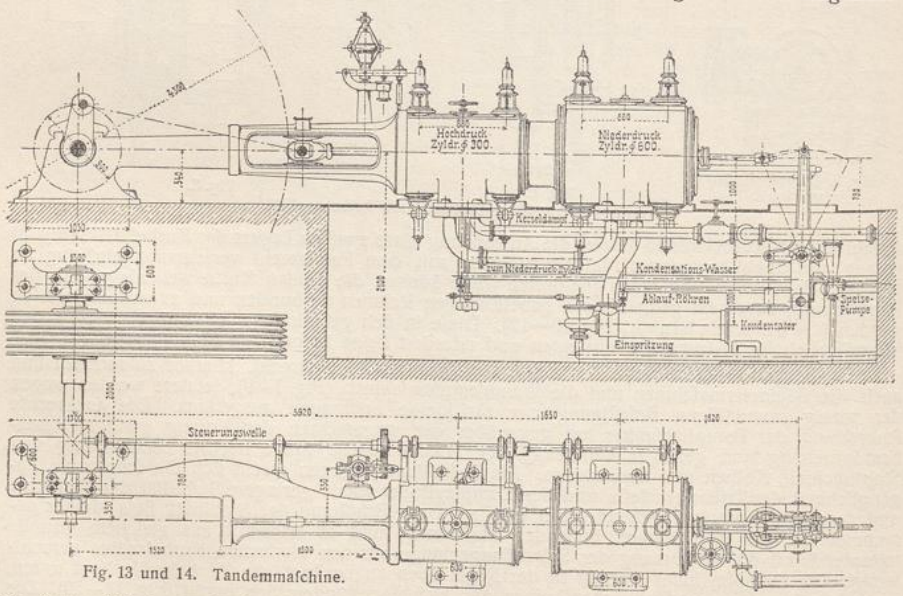


Fig. 13 und 14. Tandemmaſchine.

Sie ſtellen ſich demnach als eine Vereinigung von zwei oder drei unter ſich gleichen Einzylindermaſchinen dar, die auf eine Kurbelwelle arbeiten, deren Kurbeln um 90 bezw. 120° verſetzt ſind. Vorteilhaft iſt dieſe Bauart gegenüber den Einzylindermaſchinen nur inſofern, daß ein

ſelbſttätiges Angehen der Maſchinen in jeder Kurbelſtellung möglich iſt — wichtig für Lokomotiven, Fördermaſchinen, Schiffsmaſchinen u. ſ. w. — und daß eine höhere Gleichförmigkeit der Kurbeldrehung bei mäßigem Schwungradgewicht erreicht werden kann. Hinſichtlich des Dampfverbrauches bieten die mehrzylindrigen Einfachexpanſionsmaſchinen keine Vorteile gegenüber den einzylindrigen Maſchinen.

b) Mehrfachexpanſionsmaſchinen. Der friſche Dampf ſtrömt bei dieſen Maſchinen nur einem Zylinder, dem Hochdruckzylinder, zu, in dem der Dampf nur teilweiſe entſpannt wird. Aus dem Hochdruckzylinder gelangt der Dampf in einen zweiten, größeren Zylinder, in

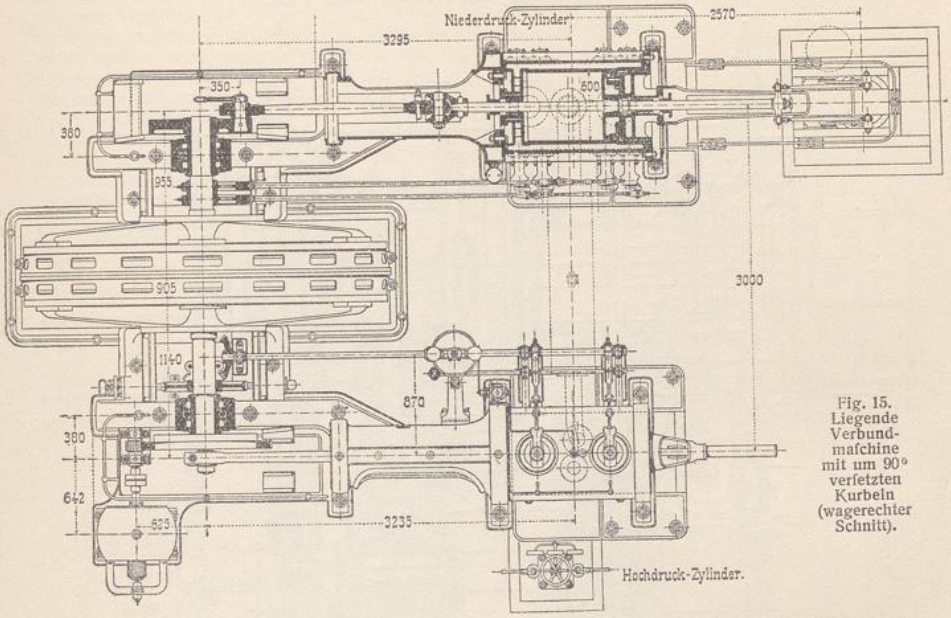


Fig. 15. Liegende Verbundmaſchine mit um 90° verſetzten Kurbeln (wagerechter Schnitt).

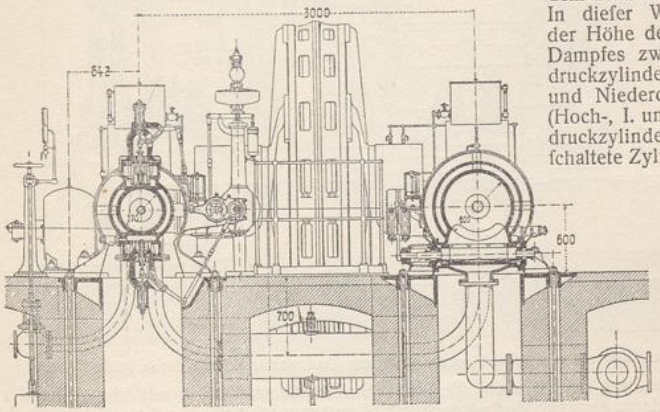


Fig. 16. Senkrechter Schnitt durch beide Zylinder.

dem der Dampf weiter entſpannt wird. In dieſer Weiſe werden je nach der Höhe der Anfangsſpannung des Dampfes zwei (Hoch- und Niederdruckzylinder), drei (Hoch-, Mittel- und Niederdruckzylinder) oder vier (Hoch-, I. und II. Mittel- und Niederdruckzylinder) hintereinander geſchaltete Zylinder von verſchiedenem Volumen zu einer Maſchine verbunden. Man unterſcheidet dementſprechend auch Zwei-, Drei- und Vierfachexpanſionsmaſchinen. Als Erfinder der Mehrfachexpanſionsmaſchinen iſt Hornblower zu betrachten, der ſchon 1776 das Modell einer ſolchen Maſchine ausführte. Die niedrige Dampfſpannung ſowie die Unmöglichkeit, Watts patentierten Kondenſator zu benutzen, ließen die Maſchine nicht zur Geltung kommen. Erſt Arthur Woolf gelang es 1804 durch Anwendung höher geſpannten Dampfes mit zweifacher Expanſion Erfolge zu erringen. In dem nach ihm benannten Maſchinenſyſtem bewegen ſich die Kolben beider Dampfzylinder in gleicher oder entgegengeſetzter Richtung, entſprechend zwei unter 0 oder 180° verſetzten Kurbeln. Wird zwiſchen beide Zylinder noch ein Zwiſchenbehälter oder Receiver eingeſchaltet, deſſen Größe etwa gleich dem Hochdruckzylindervolumen genommen wird, ſo entſtehen die Woolf-Receivermaſchinen. Die älteren Ausführungen Woolfſcher Maſchinen, namentlich diejenigen Woolfs ſelbſt, ſind ſtets Balanciermaſchinen mit ſtehenden Dampfzylindern, ſo angeordnet, daß deren Kolben an beiden Armen des Balanciers oder nur an einem Arm desſelben angreifen. Bei der heutigen Anwendung

des Woolffchen Syſtems wird der Balancier durch die Kreuzkopfführung erſetzt, und zwar werden bei ſtehenden Dampfmaſchinen Hoch- und Niederdruckzylinder nebeneinander mit Kurbeln unter 180° angeordnet. Dieſe Aufſtellung gewährt vollſtändige Maſſenausgleichung der Triebwerksteile in ſenkrechter Richtung und wird daher beſonders für Maſchinen mit hoher Umdrehungszahl, namentlich für den Betrieb von Lichtmaſchinen, angewendet. Der zur Erreichung eines hohen Gleichförmigkeitsgrades nachteilige Umſtand, daß beide Maſchinenkurbeln ſtets gleichzeitig durch die toten Punkte gehen, läßt ſich dabei nur durch entſprechende Vergrößerung der Schwungmaſſen unempfindlich machen. Dieſelben Vorteile hinſichtlich der Maſſenausgleichung im Triebwerk bietet die liegende Anordnung mit Kurbeln unter 180°.

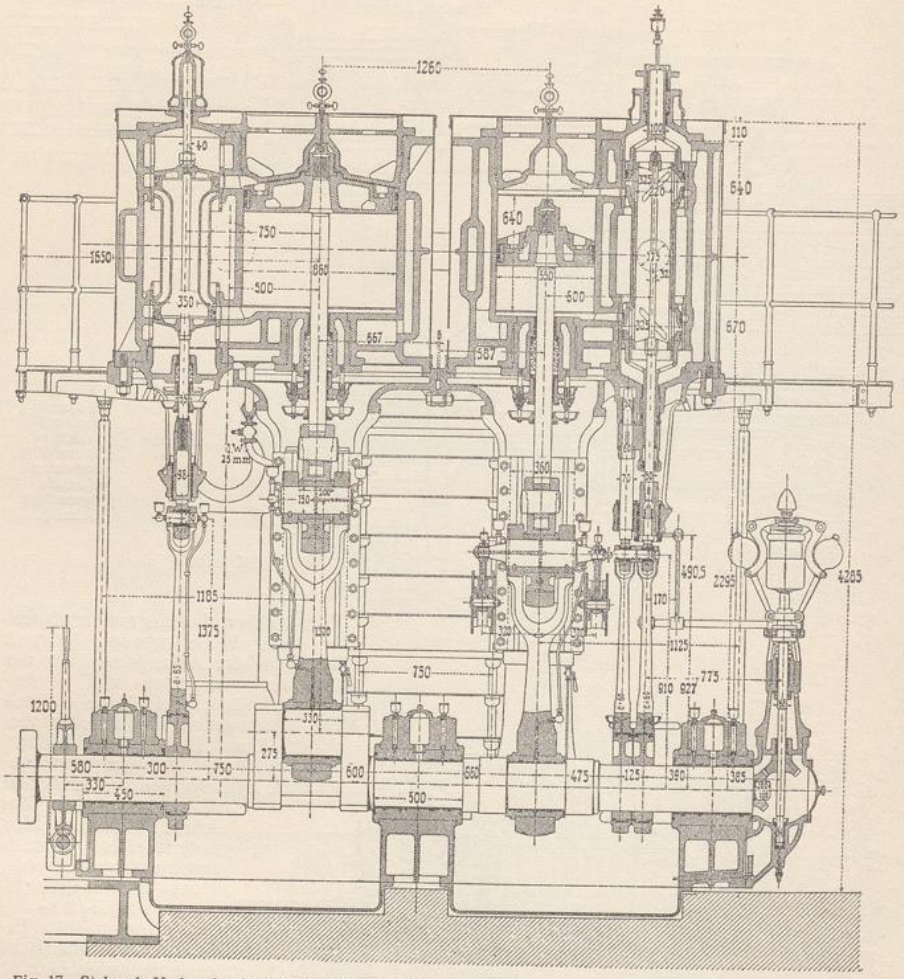


Fig. 17. Stehende Verbundmaſchine mit einſeitiger Kreuzkopfführung (ſenkrechter Schnitt durch beide Zylinder).

Sehr häufige Anwendung findet heute die Woolffche Receivermaſchine mit hintereinander liegenden Zylindern und einem einzigen Kurbeltriebwerk **(Tandemmaſchine,** Fig. 13 und 14). Dieſe Anordnung hat den Vorteil einfacher und billiger Anlage wegen des Fortfalles eines zweiten Kurbelgetriebes. Die allgemein übliche Anordnung der Zweifachexpanſionsmaſchinen iſt heute diejenige mit nebeneinander liegenden Dampfzylindern und unter 90° verſetzten Kurbeln (Fig. 15 und 16 bezw. Fig. 17 und 18). Es wird hierdurch eine gleichmäßigere Kraftwirkung an der Kurbelwelle und damit ein höherer Gleichförmigkeitsgrad bei verhältnismäßig geringen Schwungmaſſen erreicht. Auch das Anlaſſen der Maſchine iſt erleichtert. Da bei dieſem Maſchinenſyſtem im Vergleich zum vorhergehenden die Füllung des Niederdruckzylinders nicht mit dem Auslaß des Hochdruckzylinders zeitlich zuſammenfällt, ſo iſt zur Aufnahme des Arbeitsdampfes ein Behälter (Aufnehmer oder Receiver) zwiſchen Hoch- und Niederdruckzylinder unbedingt notwendig, und es werden daher dieſe Maſchinen auch Compoundreceivermaſchinen oder **Verbundmaſchinen** genannt. Dieſelben ſind nachweisbar zum erſten Male 1829 von der Maſchinenfabrik Röntgen in Tyenoord bei Rotterdam für ein Dampfſchiff ausgeführt worden. Zur

allgemeinen Anwendung kam das Verbundſyſtem aber erſt bei den Schiffsmaſchinen im Jahre 1854 durch die Firma Randolf & Elder in Glasgow, die eine große Zahl älterer Schiffsmaſchinen in Verbundmaſchinen umbaute und dabei eine bis dahin unbekannte Dampfausnutzung erzielte. Bei den ortsfeſten Dampfmaſchinenanlagen fand das Verbundſyſtem erſt 20 Jahre ſpäter die rechte Würdigung und iſt heute zur vollen Geltung gelangt.

Bei ortsfeſten Anlagen kommt hauptſächlich die Zweifachexpanſionsmaſchine (Fig. 15 und 16 bezw. 17 und 18), für ſehr große Anlagen auch die Dreifachexpanſionsmaſchine (Fig. 19 und 20) zur Anwendung. Schiffsmaſchinen (ſ. d.) werden als Zwei-, Drei- und Vierfachexpanſionsmaſchinen gebaut. Der mit der vierfachen Expanſion erreichte Vorteil iſt im Vergleich zur Dreifachexpanſionsmaſchine praktiſch verhältnismäßig gering, und erſtere rechtfertigt ſich daher nur bei Maſchinen von hoher Dampfſpannung (14 Atmoſphären und darüber) und ungewöhnlich großen Leiſtungen. Die Vorteile der Mehrfachexpanſion liegen in der Verminderung des Dampfverbrauches durch Verkleinerung der Dampfverluſte, beſonders der Abkühlungs-

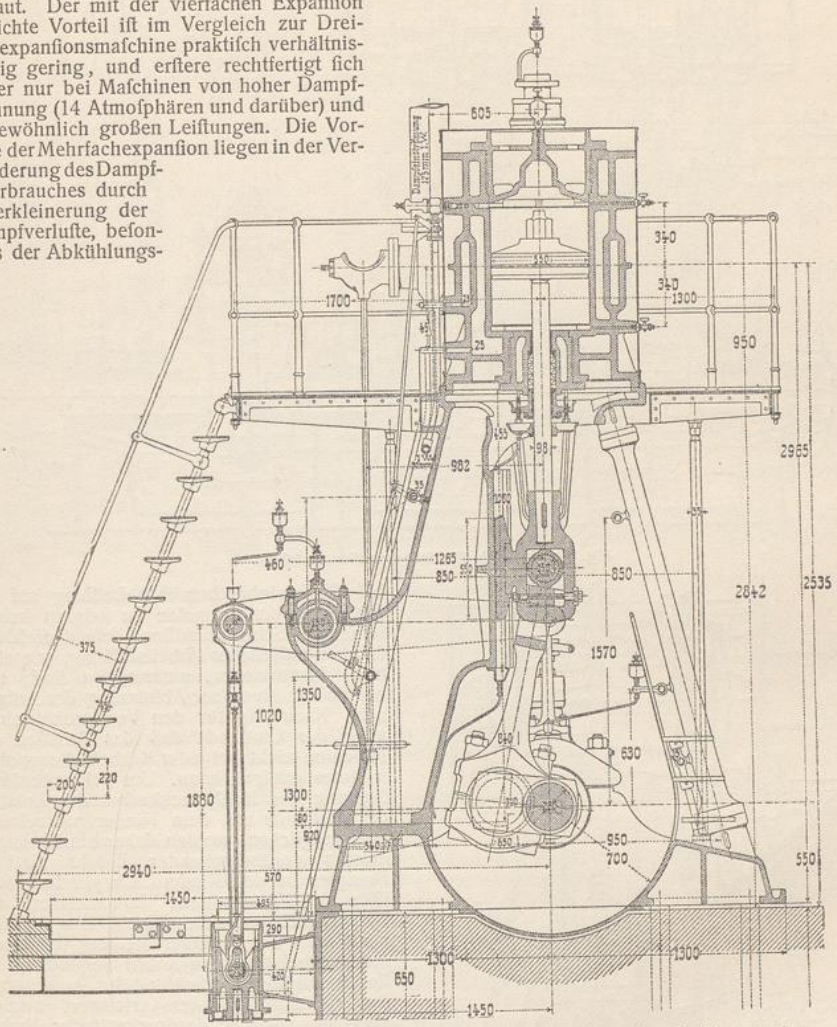


Fig. 18. Stehende Verbundmaſchine mit einſeitiger Kreuzkopfführung (ſenkrechter Schnitt durch den Hochdruckzylinder).

verluſte (ſ. S. 598 und 599), in der beſſeren Arbeitsweiſe durch gleichmäßige Verteilung der Leiſtung auf die einzelnen Zylinder, in der günſtigeren Kraftwirkung und Verminderung der Triebwerksdrücke. Dieſe Vorzüge werden erkauft durch größere Komplikation der Konſtruktion und weſentlich höhere Anlagekoſten. Ein empfindlicher Uebelſtand der Mehrfachexpanſion beſteht darin, daß die Leiſtungsfähigkeit der Maſchinen ſich nicht beliebig ſteigern läßt ohne Beeinträchtigung der Wirkung, Verſchlechterung der Arbeitsverteilung und Erhöhung des Dampfverbrauchs, indem die Leiſtung des Hochdruckzylinders ſtetig abnimmt, während diejenige des Niederdruckzylinders unverhältnismäßig zunimmt. Zur Erhöhung der Maſchinenleiſtung ſieht man ſich daher auch für gewiſſe Betriebsverhältniſſe veranlaßt, von der ſtufenweiſen Expanſion abzuſehen und jedem Zylinder friſchen Keſſeldampf zuzuführen und dieſe voneinander unabhängig zu betreiben. Dieſe Umwandlung des Verbundbetriebes in den Zwillingsmaſchinenbetrieb findet beiſpielsweiſe Anwendung bei unterirdiſchen Waſſerhaltungsmaſchinen, die

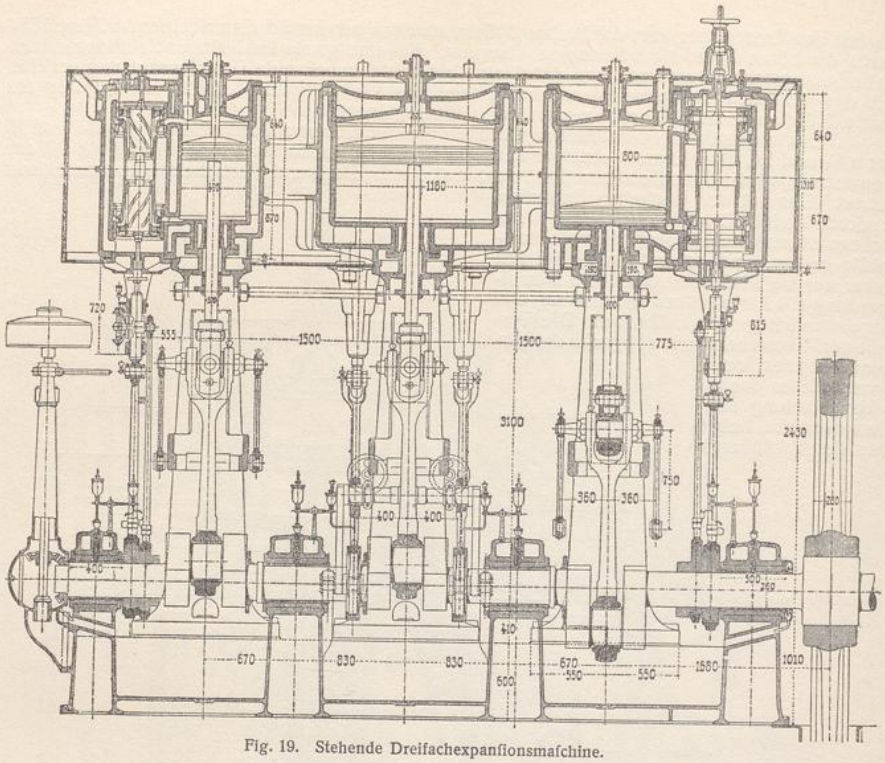


Fig. 19. Stehende Dreifachexpanſionsmaſchine.

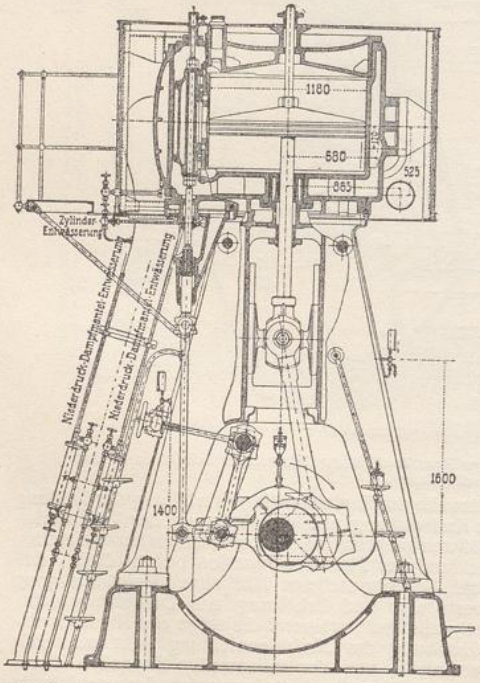


Fig. 20. Senkrechter Querſchnitt durch den Niederdruckzylinder der Dreifachexpanſionsmaſchine (Kreuzkopfführung beiderſeitig).

bei Waſſereinbrüchen ihre Leiſtung auf ein Vielfaches der normalen zu ſteigern haben, ferner bei Schlachtſchiffen, ſobald dieſelben ſehr veränderlicher Arbeitsleiſtung, wie etwa beim Manövrieren, unterworfen ſind, und bei Lokomotiven zur Abkürzung der Anfahrzeit. Nachteilig für den Verbundbetrieb iſt auch der Umſtand, daß das Anlaſſen der Maſchine nicht bei jeder Kurbelſtellung ohne weiteres erfolgen kann. Um bei ungünſtiger Stellung der Hochdruckkurbel das Anlaſſen der Maſchine mit dem Niederdruckzylinder zu ermöglichen, werden daher Einrichtungen zwecks vorübergehender Zufuhr direkten Dampfes in den Niederdruckzylinder nötig. (Für Schiffsmaſchinen, Lokomotiven und Fördermaſchinen unerläßlich.) Das Anlaſſen kann auch bei günſtiger Stellung der Hochdruckkurbel durch zu hohen Gegendruck im Receiver infolge Undichtheit der Steuerorgane des Hochdruckzylinders erſchwert werden. Receiver und Niederdruckzylinder haben daher ſtets Sicherheits- und Auslaßventile.

Sehr häufig vereinigt man die Wirkung mehrmaliger Expanſion mit dem Zwillingsſyſtem durch Verdopplung der Zylinder, wobei ſich die Verdopplung entweder auf alle Zylinder oder nur auf einige bezw. einen zu erſtrecken pflegt. Mannigfaltige Anordnungen ſind hierbei möglich. Die wichtigeren Zylinderanordnungen der Mehrfachexpanſionsmaſchinen ſind nachſtehend zuſammengeſtellt, wobei die einzelnen nacheinander vom Dampfe durchſtrömten Zylinder mit I, II, III, IV, dagegen bei Zwillingsanordnung mit Ia, Ib bezw. IIa, IIb u. ſ. w. bezeichnet werden ſollen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

A. Maſchinen mit zwei Zylindern und zweimaliger Expanſion.

a) Liegend:

1. I und II hintereinander liegend, auf eine Kurbel arbeitend. Entweder liegt I an der Kreuzkopfführung und II dahinter (Fig. 13 und 14 und [1], Jahrg. 1896, Taf. 16) oder umgekehrt ([1], Jahrg. 1902, Taf. 21).

2. I und II nebeneinander liegend, auf zwei Kurbeln arbeitend; ſehr gebräuchlich. (Fig. 15 und 16 ſowie [1], Jahrg. 1901, Taf. 14.)

3. I und II zum Teil hintereinander, zum Teil nebeneinander liegend, auf eine zweimal gekröpfte Welle arbeitend; wenig gebräuchlich. ([1], Jahrg. 1896, Taf. 18.)

b) Stehend.

1. I und II nebeneinander liegend, auf eine zweimal gekröpfte Welle arbeitend; ſehr gebräuchlich. (Fig. 17 und 18 ſowie [1], Jahrg. 1900, Taf. 15.)

2. I und II übereinander liegend, auf eine einmal gekröpfte Welle arbeitend; wenig gebräuchlich.

3. I und II zum Teil nebeneinander, zum Teil übereinander liegend, auf eine zweimal gekröpfte Welle arbeitend; wenig gebräuchlich. ([1], Jahrg. 1891, Taf. 37.)

c) Liegend und ſtehend.

Ein Zylinder iſt mit wagerechter, der andre mit ſenkrechter Achſe angeordnet; beide Zylinder arbeiten auf eine gekröpfte Welle. (Bauart der Görlitzer Maſchinenbau-Anſtalt.)

B. Maſchinen mit drei Zylindern und dreimaliger Expanſion.

a) Liegend.

1. I, II und III nebeneinander liegend, auf eine dreimal gekröpfte Welle arbeitend; wenig gebräuchlich. ([1], Jahrg. 1897, Taf. 17.)

2. I und II, hintereinander liegend, arbeiten auf die eine Kurbel; III, neben I und II liegend, arbeitet auf die andre Kurbel; ſehr gebräuchlich. Entweder liegt I an der Kreuzkopfführung und II dahinter ([1], Jahrg. 1895, Taf. 26) oder umgekehrt ([1], Jahrg. 1900, Taf. 14).

b) Stehend.

1. I, II und III ([1], Jahrg. 1902, Taf. 14) oder I, III und II (Fig. 19 und 20) nebeneinander liegend, auf eine dreimal gekröpfte Welle arbeitend; ſehr gebräuchlich.

2. I, II und III nebeneinander liegend; I und II arbeiten auf zwei Kröpfungen, III auf eine Kurbel der gemeinſamen Welle; wenig gebräuchlich. ([1], Jahrg. 1899, Taf. 23.)

3. I und II, übereinander liegend, arbeiten auf die eine Kröpfung; III, neben I und II liegend, arbeitet anf die andre Kröpfung der Welle. ([1], Jahrg. 1903, Taf. 1.)

4. I und II, übereinander liegend, arbeiten auf die eine Kurbel; III, neben I und II liegend, arbeitet auf die andre Kurbel der gemeinſamen Welle; wenig gebräuchlich. ([1], Jahrg. 1895, Taf. 28.)

C. Maſchinen mit vier Zylindern und zweimaliger Expanſion (Zwillingstandemmaſchinen).

a) Liegend.

Ia und IIa liegen hintereinander auf der einen Seite und arbeiten auf eine Kurbel; Ib und IIb liegen hintereinander auf der andern Seite und arbeiten auf eine zweite Kurbel der gemeinſamen Welle; gebräuchlich für Fördermaſchinen. ([1], Jahrg. 1902, Taf. 26 und 29.)

b) Stehend.

Ia und IIa bezw. Ib und IIb liegen übereinander; Ia und Ib bezw. IIa und IIb liegen nebeneinander und wirken auf eine zweimal gekröpfte Welle. ([1], Jahrg. 1896, S. 1109, Fig. 10—15.)

D. Maſchinen mit vier Zylindern und dreimaliger Expanſion.

a) Liegend.

Der Niederdruckzylinder iſt geteilt: IIIa und IIIb. I und IIIa liegen hintereinander auf der einen Seite und arbeiten auf eine Kurbel; II und IIIb liegen hintereinander auf der andern Seite uud arbeiten auf eine zweite Kurbel der gemeinſamen Welle. Die Teilung des Niederdruckzylinders geſchieht, um kleinere Abmeſſungen zu erhalten. ([1], Jahrg. 1901, Taf. 2 und 12, ſowie 1902, Taf. 5 und 6.)

b) Stehend.

1. Der Niederdruckzylinder iſt geteilt; I, II, IIIa und IIIb liegen nebeneinander und arbeiten auf eine viermal gekröpfte Welle. ([1], Jahrg. 1902, Taf. 42, ſowie 1903, Taf. 9.)

2. Der Niederdruckzylinder iſt geteilt; I und IIIa bezw. II und IIIb liegen übereinander; I und II bezw. IIIa und IIIb liegen nebeneinander und arbeiten auf eine zweimal gekröpfte Welle. ([1], Jahrg. 1899, Taf. 19, 20 und 21, ſowie 1900, Taf. 7 und 8.)

3. Der Hochdruckzylinder iſt geteilt. Ia und II bezw. Ib und III liegen übereinander und arbeiten auf eine Welle mit zwei Kröpfungen. ([1], Jahrg. 1901, Taf. 8.)

E. Maſchinen mit vier Zylindern und viermaliger Expanſion; ſtehend.

I, II, III und IV ([1], Jahrg. 1894, Taf. 17) oder auch I, IV, III und II ([1], Jahrg. 1901, Taf. 10 und 20) liegen nebeneinander und arbeiten auf eine viermal gekröpfte Welle.

F. Maſchinen mit fünf und mehr Zylindern.

Dieſe Maſchinen kommen nur als ſtehende Schiffsmaſchinen (ſ. d.) zur Ausführung; fünfzylindrige Dreifachexpanſionsmaſchinen mit geteiltem Hoch- und Niederdruckzylinder ſind abgebildet [1], Jahrg. 1892, Taf. 33 und 34. Ia und IIIa bezw. Ib und IIIb liegen übereinander; IIIa, II und IIIb nebeneinander; alle Zylinder arbeiten auf eine dreimal gekröpfte Welle. Eine ſechszylindrige Vierfachexpanſionsmaſchine iſt in [1], Jahrg. 1900, Taf. 19 und 20 wiedergegeben (Schnelldampfer „Deutſchland“). Hoch- und Niederdruckzylinder ſind geteilt. Ia und IVa bezw. Ib und IVb

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

liegen übereinander; nebeneinander liegen Ia und Ib bezw. III, IVa, IVb und II. Die Welle hat vier Kröpfungen. Schließlich ſeien noch die achtzylindrigen Vierfachexpanſionsmaſchinen des Schnelldampfers „Kaiſer Wilhelm II." erwähnt ([1], Jahrg. 1903, Taf. 14 und 15); jede der beiden Maſchinen kann als eine Vereinigung zweier vierzylindriger Vierfachexpanſionsmaſchinen angeſehen werden.

Bei den Mehrfachexpanſionsmaſchinen iſt, ſofern mit geſättigtem Dampf gearbeitet wird, ſtets die Heizung der Dampfzylinder und meiſt auch der Zwiſchenbehälter durchgeführt. Dabei erſcheint nicht nur die Heizung der Zylindermäntel, ſondern auch der Deckel erwünſcht. Der Hochdruckzylinder iſt ſtets mit friſchem Keſſeldampf, die Mittel- und Niederdruckzylinder ebenfalls mit ſolchem oder mit gedroſſeltem Dampfe zu heizen. Bezüglich der Heizung der Zwiſchenbehälter ſind die Anſchauungen und Erfahrungen abweichend inſofern, als in einzelnen Fällen die Receiverheizung ſich ſogar nachteilig gezeigt hat oder wenigſtens keine Verminderung des Dampfverbrauches ergab. Allgemein iſt jedoch zu behaupten, daß die Receiverheizung eher vorteilhaft als nachteilig wirken wird und daß nur bei ganz beſtimmten Maſchinenkonſtruktionen und beſonderer Ausbildung aller Konſtruktionsdetails die Receiverheizung entbehrlich erſcheint.

Nach der Höhe der Umlaufszahl oder der Größe der Kolbengeſchwindigkeit pflegt man zu unterſcheiden:

1. Langſam laufende Dampfmaſchinen. Unter dieſen werden Dampfmaſchinen von geringer Hub- oder Umdrehungszahl (30–40 in der Minute), wie ſolche im früheren Dampfmaſchinenbau allgemein üblich waren, verſtanden. Zu ihnen gehören hauptſächlich die Balanciermaſchinen. Der heutige Maſchinenbau hat dieſe geringen Hub- oder Umdrehungszahlen verlaſſen und es werden ſelbſt Betriebsmaſchinen von 60—75 minutlichen Umdrehungen noch zu den langſam gehenden Maſchinen gerechnet. Der Vorteil langſamen Ganges beſteht in geringer Abnutzung der Triebwerksteile und langer Lebensdauer der Maſchinen.

2. Raſch laufende Dampfmaſchinen. Dieſe ſpielen im neueren Maſchinenbau eine wichtige Rolle durch das Beſtreben nach kleinen Ausführungsabmeſſungen, geringem Raumbedarf und niedrigen Anlagekoſten; ihr Bau iſt durch die Forderungen des Dynamomaſchinenbetriebs nach Dampfmaſchinen mit hohen Umdrehungszahlen beſonders gefördert worden.

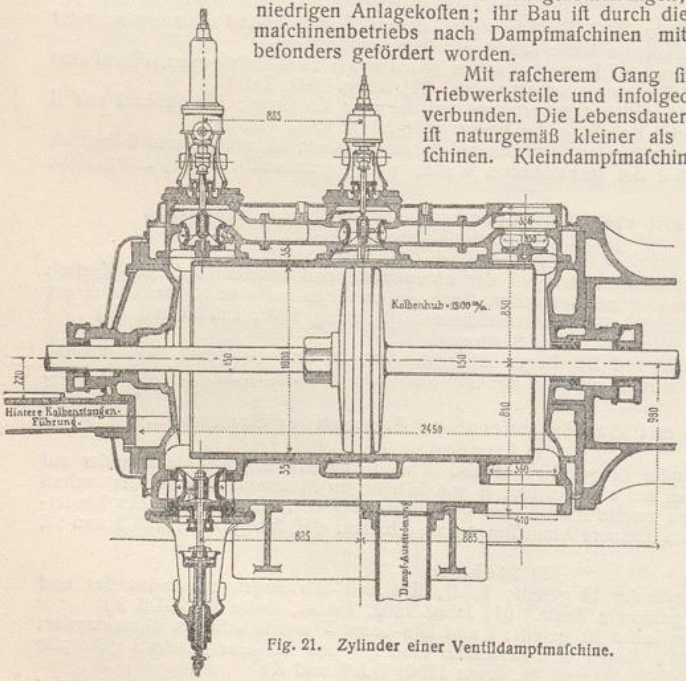


Fig. 21. Zylinder einer Ventildampfmaſchine.

Mit raſcherem Gang ſind ſtärkere Abnutzung der Triebwerksteile und infolgedeſſen höhere Betriebskoſten verbunden. Die Lebensdauer ſchnell laufender Maſchinen iſt naturgemäß kleiner als die langſam laufender Maſchinen. Kleindampfmaſchinen werden vornehmlich als ſogenannte Schnelläufer mit 250—350 minutlichen Umdrehungen ausgeführt, während man bei den Großdampfmaſchinen gewöhnlicher Konſtruktion für mehrere hundert Pferdeſtärken nicht über 100—200 Umdrehungen hinausgeht. Die Konſtruktion raſch laufender Maſchinen verlangt beſondere Berückſichtigung der Maſſenwirkung der Triebwerksteile. Die Erreichung ruhigen, ſtoßfreien Ganges iſt an ganz beſtimmte Dampfverteilung und Kompreſſionsgrade gebunden, und außerdem nimmt auf dieſelbe auch die Ausführung ſelbſt ſowie das Spiel der Triebwerkszapfen in ihren Lagern weſentlichen Einfluß [27] (vgl. a. Aeußere Kräfte). — Zu außergewöhnlichen Konſtruktionen raſch laufender Dampfmaſchinen gehören die Willans-Dampfmaſchinen und die Dampfturbinen (ſ. d.). Willans verwendet ſelbſt für Maſchinen großer Leiſtung 340 bis 450 minutliche Umdrehungen.

Nach der Art der Steuerung kann man unterſcheiden:

1. Schiebermaſchinen. Zu dieſen gehören die mit Flach-, Rund-, Kolben- oder Corliß-Schiebern geſteuerten Dampfmaſchinen (Fig. 4—12, 17—20). Im engeren Sinne gilt dieſe Bezeichnung für Maſchinen mit Flach-, Rund- oder Kolbenſchieberſteuerung (ſ. Schieber).

Sie haben den Vorteil großer Einfachheit der Konſtruktion, leichter Bedienung und Ueberwachung, billiger Anlage. Ihre Hauptübelſtände beſtehen in ſchwieriger ſelbſttätiger Regulierung ſowie in großen ſchädlichen Räumen und Abkühlungsflächen der Steuerkanäle und Schieberkaſten, wodurch die Dampfökonomie dieſer Maſchinen weſentlich beeinträchtigt wird. Dieſe Nachteile müſſen für die Einfachheit und Billigkeit der Konſtruktion in den Kauf genommen

werden. Bezüglich dauernder Dichtheit der Steuerorgane ſind Maſchinen mit Flach- oder Rundſchieberſteuerung (Fig. 4—12) ſolchen mit Kolbenſchieber (Fig. 18) vorzuziehen; dagegen ſind letztere wegen geringen Bewegungswiderſtandes leichter durch den Regulator zu beeinfluſſen. Kolbenſchieber können wegen der vollſtändigen Entlaſtung der Gleitfläche vom Dampfdruck bei den höchſten Spannungen angewendet werden. Die ſenkrechte Anordnung der Kolbenſchieber iſt zur Verhütung einſeitiger Abnutzung der wagerechten Anordnung vorzuziehen; man findet deshalb vorwiegend ſtehende Maſchinen mit Kolbenſchiebern ausgeführt. Die Führung der Stange des Kolbenſchiebers iſt derart durchzubilden, daß durch den Seitendruck der Exzenterſtange keine Belaſtung der Schiebergleitfläche entſtehen kann.

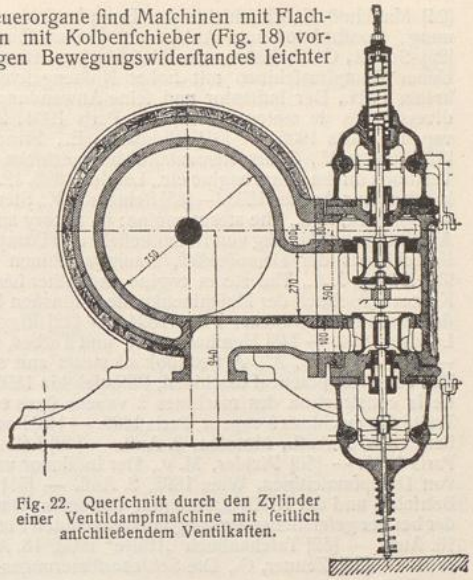


Fig. 22. Querſchnitt durch den Zylinder einer Ventildampfmaſchine mit ſeitlich anſchließendem Ventilkaſten.

2. **Ventildampfmaſchinen.** Dieſe haben als Steuerorgane getrennte Einlaß- und Auslaßventile, die bei doppelt wirkenden Dampfmaſchinen an beiden Zylinderenden meiſt in der oberen und unteren Mantellinie (Fig. 1—3, 13—16, 21) ſeltener in ſeitlich anſchließenden Ventilkaſten (Fig. 22) angeordnet werden.

Die Ventildampfmaſchinen ſind komplizierter in der Ausführung als Schiebermaſchinen und rechtfertigen ſich nur bei ſorgfältig unterhaltenen größeren Anlagen oder für Maſchinen, bei denen es auf möglichſt geringen Dampfverbrauch und möglichſt leichte Regulierfähigkeit ankommt. Sie beſitzen den Vorteil ſehr leichter Einwirkung des Regulators auf die äußere Steuerung, raſcher Anpaſſung der Maſchinenleiſtung an veränderliche Widerſtände und damit Erreichung hohen Gleichförmigkeitsgrades des Maſchinenganges. Die ſchädlichen Räume werden faſt ebenſo groß als diejenigen der Schiebermaſchinen; doch wirkt die vollſtändige Trennung der Ein- und Auslaßorgane dadurch günſtig auf den Dampfverbrauch, daß der friſch eintretende Dampf nicht durch Kanäle zugeführt wird, die von der vorhergehenden Ausſtrömperiode abgekühlt worden ſind (ſ. Steuerungen). Die Ventilmaſchinen laufen in der Regel nur mit mäßigen Umdrehungszahlen (60—75 in der Minute); doch ſind ſie auch mit Vorteil bis zu 150 Umdrehungen in der Minute im Betrieb, namentlich bei Dynamomaſchinen mit raſch wechſelnder Belaſtung.

Als **Präziſionsdampfmaſchinen** werden die Ventilmaſchinen mit Ausklink- oder zwangläufiger Steuerung der Einlaßventile ſowie die Corliß-Dampfmaſchinen (ſ. d., S. 477) betrachtet. Erſtere dominieren beſonders in Deutſchland, Oeſterreich und der Schweiz, während letztere die größte Verbreitung in Amerika, England und Frankreich gefunden haben. Auch Schiebermaſchinen laſſen ſich als Präziſionsdampfmaſchinen konſtruieren, werden aber ſchwerfällig und ſind daher nur wenig in Aufnahme gekommen.

Nach der Beſchaffenheit des der Maſchine zugeführten Dampfes kann man ſchließlich noch unterſcheiden:

1. **Sattdampfmaſchinen,** wenn der in die Maſchine einſtrömende Dampf ſich im Sättigungszuſtande befindet.

2. **Heißdampfmaſchinen,** wenn der in die Maſchine einſtrömende Dampf ſich im überhitzten Zuſtande befindet. Die Anwendung überhitzten Dampfes iſt im letzten Jahrzehnt ſehr ſchnell in Aufnahme gekommen. Ausführliches ſ. Heißdampfmaſchinen.

Literatur: a) Zeitſchriften: [1] Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure (ſ. a. das Stichwort „Dampfmaſchinen“ im Inhaltsverzeichnis der Jahrg. 1884—93 und 1894—1903, Berlin 1895 und 1904). — [2] Dinglers Polyt. Journal. — [3] Stahl und Eiſen. — [4] Mitteil. aus der Praxis des Dampfkeſſel- und Dampfmaſchinenbetriebes. — [5] Zeitſchrift des Bayr. Dampfkeſſelreviſions-Vereins. — [6] Uhlands Zeitſchrift für den praktiſchen Maſchinenkonſtrukteur.

b) Kalender: [7] Kalender für Maſchineningenieure von Uhland, Leipzig. — [8] Kalender für Dampfbetrieb (Dampf), Berlin. — [9] Fehlands Ingenieurkalender, Berlin.

c) Selbſtändige Werke: [10] Beck, Th., James Watt und die Erfindung der Dampfmaſchine, 1894. — [11] Berg, H., Handbuch des Maſchinentechnikers (Bernoullis Vademecum), Stuttgart 1903, 23. Aufl. — [12] Bernoullis Dampfmaſchinenlehre, neu bearbeitet von Fr. Freytag, Stuttgart 1900, 8. Aufl. — [13] Buchetti, J., Les machines à vapeur à l'exposition universelle de Paris 1889, Paris 1890. — [14] Dubbel, H., Die Dampfkraftanlagen auf der Induſtrie- und Gewerbeausſtellung zu Düſſeldorf, Berlin 1903. — [15] Ernſt, Ad., James Watt und die Grundlagen des modernen Dampfmaſchinenbaues, Berlin 1897. — [16] Freytag, Fr., Die Dampfkeſſel und Motoren auf der Sächſ.-Thür. Induſtrie- und Gewerbeausſtellung zu Leipzig, Berlin 1897. — [17] Derſ., Hilfsbuch für den Maſchinenbau, Berlin 1903. — [18] Haeder, H., Die Dampfmaſchinen, Duisburg 1903, 7. Aufl. — [19] Herre, O., Anwendung des überhitzten Dampfes im Dampfmaſchinenbetriebe, Mittweida 1899. — [20] Hrabák, J., Hilfsbuch für Dampfmaſchinentechniker, Berlin 1897, 3. Aufl. — [21] Derſ., Theorie und praktiſche Berechnung der Heißdampfmaſchinen. — [22] Leiſt, C., Die Steuerungen der Dampfmaſchinen, Berlin 1905, 2. Aufl. — [23] Lorenz, H., Dynamik der Kurbelgetriebe mit beſonderer Berückſichtigung der Schiffsmaſchinen, Leipzig 1901. —

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

[24] Matſchoß, E., Geſchichte der Dampfmaſchine, Berlin 1901. — [25] Pohlhauſen, A., Berechnung, Konſtruktion und Anlage der Transmiſſionsdampfmaſchinen, Mittweida 1901, 2. Aufl. — [26] Scholl, C. F., Führer des Maſchiniſten, Braunſchweig 1900, 11. Aufl. — [27] Radinger, G., Ueber Dampfmaſchinen mit hoher Kolbengeſchwindigkeit, Wien 1893, 3. Aufl. — [28] Rofenkranz, P. H., Der Indikator und ſeine Anwendung, Berlin 1901, 6. Aufl. — [29] Sauvage, E., Les divers types de moteurs à vapeur, Paris 1904, 2. Aufl. — [30] Derſ., Manuel de la machine à vapeur, Paris 1905. — [31] Widmann, E., Principes de la machine à vapeur, Paris 1893. — [32] Foulon, V., Cours élémentaire des machines à vapeur, Gand 1893. — [33] Goodeve, T. M., Textbook on the steam engine etc., London 1893, 12. Aufl. — [34] Reiche, H. v., Der Dampfmaſchinenkonſtrukteur, Aachen 1893. — [35] Reinhardt, K., Steuerungstabellen für Dampfmaſchinen, Berlin 1897. — [36] Burn, R. S., The steam engine: its history and mechanism, London 1894. — [37] Schanoj, A., Anleitung zur Wartung von Dampfkeſſeln und Dampfmaſchinen, Leipzig 1895. — [38] Schwartze, Th., Katechismus der Dampfkeſſel, Dampfmaſchinen und andrer Wärmemotoren, Leipzig 1901. — [39] Ewing, J. A., The steam engine and other heat engines, New York 1894. — [40] Hoyer, E. v., Kurzes Handbuch der Maſchinenkunde, München 1898. — [41] Alheilig, Construction et résistance des machines à vapeur, Paris 1894. — [42] Rigg, A., A practical treatise on the steam engine, London 1894. — [43] Henthom, J. T., und Turbes, C. D., The Corliss engine, London 1894, 3. Aufl. — [44] Jamiefon, A., A textbook of steam and steam engines, London 1894. — [45] Rofe, J., The complete practical machinist, Philadelphia 1895, 19. Aufl. — [46] Demoulin, M., Traité pratique de la construction des machines à vapeur fixes et marines, Paris 1895. — [47] Alheilig et Roche, Traité des machines à vapeur, Paris 1895. — [48] Pechan, J., Leitfaden des Maſchinenbaues, Reichenberg 1895, 2. Aufl., Motoren, 3. Aufl. — [49] Léloutre, Le fonctionnement des machines à vapeur, Paris 1895. — [50] Pichler, M. v., Der Indikator und ſein Diagramm, Handbuch zur Unterſuchung von Dampfmaſchinen, Wien 1895, 2. Aufl. — [51] Kofak, G., Katechismus der Einrichtung, des Betriebes und der Kräfteübertragung ſtationärer Dampfkeſſel und Dampfmaſchinen oder Erörterung der bei der geſetzlichen Prüfung vorkommenden Fragen für Heizer und Maſchinenwärter, Wien 1900, 10. Aufl. — [52] Taſchenbuch „Hütte“ 1902, 18. Aufl. — [53] Weiß, J. F., Kondenſation, Berlin 1901. — [54] Zeuner, G., Die Schiebersteuerungen, Leipzig 1904, 6. Aufl. *O. Herre.*

Dampfmaſchinen auf Schiffen, ſ. Schiffsmaſchinen und Schiffsmaſchinentypen.

Dampfmaſchinen für das Kleingewerbe, ſ. Kleindampfmaſchinen.

Dampfmaſchinenberechnung, die Ermittlung der Leiſtung einer vorhandenen bezw. die Feſtſtellung der Abmeſſungen und Arbeitsverhältniſſe einer zu erbauenden Maſchine.

1. Es ſoll für eine vorhandene Maſchine die Leiſtung ermittelt werden. Man unterſcheidet die **indizierte** und **effektive** Leiſtung. Die indizierte Leiſtung N_i (in Pferdeſtärken gemeſſen) wird mit dem Indikator (ſ. d.) ermittelt; ſie ſtellt diejenige Arbeit dar, die der Dampf tatſächlich an den Kolben der Maſchine abgibt. Von dieſer Arbeit wird ein Teil durch die Reibung in der Maſchine verbraucht, ſo daß die an der Kurbelwelle verfügbare Arbeitsleiſtung, die effektive Leiſtung N_e (in Pferdeſtärken gemeſſen), ſtets kleiner als N_i iſt. Das Verhältnis $\eta = N_e : N_i$ iſt der mechaniſche Wirkungsgrad.

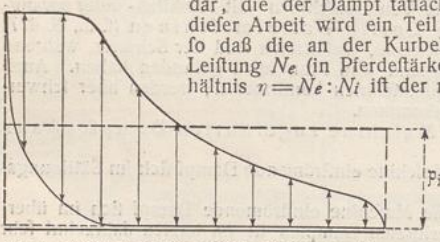


Fig. 1. Beſtimmung der mittleren indizierten Spannung aus dem Diagramm.

Das mit dem Indikator aufgenommene Indikatordiagramm (Fig. 1) ſtellt in ſeiner Fläche die für 1 qcm der Kolbenfläche, für eine Umdrehung und für die eine betreffende unterſuchte Kolbenſeite der Maſchine geleiſtete Arbeit in Meterkilogramm dar. Iſt daher F die wirkſame Kolbenfläche in Quadratzentimetern nach Abzug des Kolbenſtangenquerſchnittes, l der Hub in Metern, p_i die mittlere indizierte Dampfſpannung aus dem Diagramm in Kilogramm/Quadratzentimetern und n die Umlaufszahl für die Minute, ſo iſt die indizierte Leiſtung der einen unterſuchten Kolbenſeite der Maſchine in indizierten Pferdeſtärken

$$N_i = \frac{F p_i l n}{60 \cdot 75}.$$

Die Geſamtleiſtung N_i erhält man als Summe der indizierten Leiſtungen aller Kolbenſeiten, wobei es gleichgültig iſt, ob es ſich um eine ein- oder mehrzylindrige bezw. eine Einfach- oder Mehrfachexpanſionsmaſchine handelt.

Die mittlere Spannung p_i, d. i. die mittlere Ordinatenhöhe des Diagramms (Fig. 1), beſtimmt man entweder durch ein Planimeter (ſ. d.) oder indem man ſich die Diagrammfläche etwa in zehn gleichbreite ſenkrechte Streifen zerlegt denkt, die mittlere Höhe dieſer Streifen in Millimetern beſtimmt, alle zehn Werte addiert und durch 10 dividiert. Das Ergebnis iſt p_i in Millimetern; um p_i in Kilogramm/Quadratzentimetern zu erhalten, hat man den gefundenen Wert noch durch den Kräftemaßſtab der beim Indizieren benutzten Indikatorfeder (z. B. 1 kg/qcm = 10 mm) zu dividieren. Die Beſtimmung der effektiven Leiſtung kann durch Bremſung (ſ. Dynamometer) geſchehen, die jedoch nur bei kleinen Maſchinen leicht und auf längere Dauer ausführbar iſt. Das Bremſen großer Maſchinenleiſtungen wird wegen der damit verbundenen Umſtändlichkeiten, Schwierigkeiten und Gefahren nur ſelten vorgenommen. Um ein Urteil über die inneren Reibungswiderſtände zu gewinnen und um die effektive Maſchinenleiſtung angenähert beſtimmen zu können, begnügt man ſich in der Regel mit der Ermittlung der indizierten Leer-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

laufarbeit durch den Indikator. — Der innere Reibungswiderſtand der belaſteten Maſchine iſt alsdann gleich dem Leerlaufwiderſtand vermehrt um die ſogenannte zuſätzliche Reibung, über deren Größe jedoch allgemeingültige Werte nicht angegeben werden können. Für eine in Creuzot eingehend unterſuchte 150pferdige Einzylindermaſchine ergab ſich beiſpielsweiſe die Beziehung der indizierten zur effektiven Leiſtung wie folgt:

$N_e = 0{,}902\, N_i - 16$ bei Betrieb mit Kondenſation,
$N_e = 0{,}945\, N_i - 12$ „ „ ohne „

2. Es ſollen für eine gegebene Leiſtung die Abmeſſungen und Arbeitsverhältniſſe der Maſchine ermittelt werden.

Außer der Leiſtung N_e bezw. N_i wird gewöhnlich noch der größte Keſſelüberdruck p_k in Kilogramm/Quadratzentimetern bekannt ſein. Man beginnt mit der Aufzeichnung des theoretiſchen Indikatordiagramms (Fig. 2). Hierzu muß zunächſt die Höhe der abſoluten Einlaßſpannung p (Fig. 2) beſtimmt werden; p vermittelt ſich aus p_k unter Berückſichtigung der beim normalen Keſſelbetriebe auftretenden Schwankungen der Keſſelſpannung ſowie des Druckverluſtes bei der Fortleitung des Dampfes vom Keſſel bis zur Maſchine (ſ. Dampfleitungen). Stehen nähere Angaben über die Länge, den Durchmeſſer und die ſonſtigen Verhältniſſe der Dampfleitung und des Keſſelbetriebes nicht zur Verfügung, ſo kann die abſolute Eintrittsſpannung p für normale Verhältniſſe (mäßige Länge der Leitung, mäßige Dampfgeſchwindigkeit u. ſ. w.) annähernd aus der Gleichung $p = 0{,}9\ (p_k + 1) - 0{,}5$ beſtimmt werden.

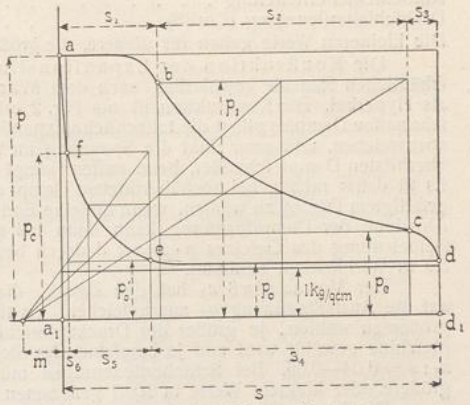


Fig. 2. Theoretiſches Indikatordiagramm.

In dem Diagramm (Fig. 2) ſind nun folgende Dampfperioden zu unterſcheiden:

I. Kolbenhub von a_1 nach d_1 ..... s_1 = Füllung; s_2 = Expanſion; s_3 = Vorauslaß.

II. Kolbenhub von d_1 nach a_1 ..... s_4 = Auslaß; s_5 = Kompreſſion; s_6 = Voreinlaß.

Die Diagrammlänge s wird gleich einer durch 100 leicht teilbaren Zahl gewählt, weil die Kolbenwege s_1 s_2 u. ſ. w. in Prozenten von s ausgedrückt werden. Für die Diagrammhöhe iſt ein beſtimmter Kräftemaßſtab, z. B. 1 kg/qcm = 10 mm, anzuwenden.

Während der Füllung ſinkt die Spannung von p auf p_1. Die Größe $p - p_1$ dieſes Spannungsabfalles — Droſſelung genannt — iſt nach der in Ausſicht genommenen Steuerungsart ſchätzungsweiſe zu bemeſſen. Die Droſſelung fällt um ſo größer aus, je enger die Dampfkanäle ſind und je langſamer das Steuerorgan den Kanal abſchließt. Eine annähernde Beſtimmung des Droſſelungsabfalles zeigt Fig. 3 (S. 613).

Mit beſonderer Sorgfalt iſt die Wahl der Füllung $s_1 : s$ zu treffen, da hiervon die wirtſchaftlichen Eigenſchaften der Maſchine abhängen. Die Füllung muß mindeſtens ſo groß ſein, daß am Ende der Expanſion der Dampfüberdruck $p_e - p_0$ (ſ. Fig. 2) noch ausreicht, um die Reibung in der Maſchine überwinden zu können. Gewöhnlich kürzt man die Expanſion noch mehr ab, d. h. man wählt $p_e - p_0 >$ als den Reibungswiderſtand, da bei einer Abkürzung der Expanſion die Maſchine kleiner und billiger wird. Wie weit mit der Abkürzung der Expanſion bezw. mit der Vergrößerung der relativen Füllung $s_1 : s$ zu gehen iſt, richtet ſich nach den Dampf- oder Brennſtoffkoſten, nach der täglichen Betriebszeit der Maſchine, nach dem Umſtande, ob eine ſpätere Betriebserweiterung zu berückſichtigen iſt oder nicht und nach ſonſtigen wirtſchaftlichen Geſichtspunkten (ſ. a. die Bemerkungen über den Einfluß der Eintrittskondenſation S. 598 d. Bd.). Die Größe der Füllung $s_1 : s$ iſt außerdem bei gleichem Enddruck der Expanſion $p_e - p_0$ noch abhängig von der Einlaßſpannung p (bezw. von p_1), der Auslaßſpannung p_0 (Auspuff oder Kondenſation) und dem Verlauf der Expanſionslinie $b\,c$ (Fig. 2). Man expandiert den Dampf gewöhnlich bei Einzylinderauspuffmaſchinen bis auf $p_e = 1{,}8 - 1{,}5$, bei Verbundauspuffmaſchinen bis auf $p_e = 1{,}7 - 1{,}4$, bei Einzylinderkondenſationsmaſchinen auf $p_e = 0{,}9 - 0{,}7$, bei Verbundkondenſationsmaſchinen auf $p_e = 0{,}8 - 0{,}5$ kg/qcm.

Als Anhalt für die Wahl der wirtſchaftlich günſtigſten Füllung $s_1 : s$ können die Werte der folgenden Tabelle gelten [1], [2].

Tabelle I. Werte für die wirtſchaftlich beſte Füllung $s_1 : s$.

Abſolute Einlaßſpannung p in kg/qcm	Einzylinderauspuffmaſchinen		Kondenſationsmaſchinen		
			Einzylindermaſchinen		Zweizylindermaſchinen
	Einſchieber-Expanſionsſteuerung	ſonſtige Expanſionsſteuerungen	ohne Dampfmantel	mit Dampfmantel	
4	0,53—0,42	0,39—0,31	0,20—0,14	0,15—0,10	—
5	0,46—0,32	0,33—0,27	0,17—0,13	0,13—0,09	0,10—0,08
6	0,40—0,28	0,28—0,23	0,15—0,125	0,11—0,08	0,09—0,07
8	0,34—0,25	0,22—0,19	0,14—0,12	0,09—0,07	0,08—0,06
10	0,29—0,20	0,19—0,17	—	—	0,07—0,05

Anmerkung zu Tabelle I. Als normale Füllungen herzuſtellender Maſchinen wähle man Zwiſchenwerte, und zwar größere Werte für kleine und kleinere Werte für größere Maſchinen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ferner können die normalen Füllungen etwas kleiner genommen werden bei hohen Brennſtoffpreiſen und ununterbrochenem Maſchinenbetriebe, dagegen etwas größer bei billigem Brennſtoff und für häufig unterbrochenen Maſchinenbetrieb.

Der ſchädliche Raum m (Fig. 2), d. i. der nicht vom Kolben durchlaufene Rauminhalt, der zwiſchen dem Kolben in deſſen Totlage und der Abſperrfläche des Steuerorganes liegt, iſt ſeiner Größe nach vorwiegend von der Art der Steuerung und der Größe der Kolbengeſchwindigkeit der Maſchine abhängig. Es kann geſetzt werden bei

Flachſchieber- und Ventilſteuerung	$m = 5—10\,\%$	} des Hubvolumens.
Kolbenſchieberſteuerung	$m = 7—12\,\%$	
Drehſchieberſteuerung (Corliß)	$m = 4—8\,\%$	

Die kleineren Werte gelten für niedere, die größeren Werte für höhere Kolbengeſchwindigkeiten.

Die Konſtruktion der Expanſionslinie bc (Fig. 2) erfolgt mit Berückſichtigung des ſchädlichen Raumes gewöhnlich nach dem Mariotteſchen Geſetz: $p \cdot v = k =$ konſtant, alſo als Hyperbel. Die Konſtruktion iſt aus Fig. 2 erſichtlich. Bei Verwendung hochüberhitzten oder ſehr naſſen Dampfes pflegt die tatſächliche Expanſionslinie oft bemerkenswert von der Linie $p \cdot v = k$ abzuweichen, und zwar ſinkt die Spannung im Vergleich zur Volumenvergrößerung beim hochüberhitzten Dampf ſchneller, beim naſſen Dampf langſamer, als es nach $p \cdot v = k$ der Fall wäre. Es iſt daher ratſam, bei hochüberhitztem Dampf die normale Füllung etwas größer als bei trocken geſättigtem Dampf zu wählen, wenn dieſelbe Endſpannung p_e erreicht werden ſoll. Die ſchnellere Abnahme der Dampfſpannung kann dann bei der Konſtruktion der Linie bc annähernd unter Beibehaltung des Geſetzes $p \cdot v = k$ dadurch berückſichtigt werden, daß man m etwas kleiner als in Wirklichkeit annimmt.

Der Vorauslaß s_3 hat den Zweck, die Expanſionsendſpannung p_e bis zum Hubende auf die Auslaßſpannung p_0 auszugleichen. Es iſt daher die Dauer des Vorauslaſſes $s_3 : s$ um ſo größer zu wählen, je größer der Druckunterſchied $p_e - p_0$ iſt, je größer die Umlaufszahl der Maſchine gewählt wird und je langſamer das Steuerorgan öffnet. In gewöhnlichen Fällen genügt $s_3 : s = 0{,}04—0{,}06$. Bei Schieberſteuerungen müſſen aus andern Gründen manchmal erheblich größere oder kleinere Werte in Kauf genommen werden.

Die Auslaßſpannung p_0 kann bei genügend weiten und mäßig langen Auslaßkanälen konſtant angenommen werden, und zwar bei Auspuffmaſchinen zu $p_0 = 1{,}1—1{,}2$ kg/qcm abſolut, bei Kondenſationsmaſchinen zu $p_0 = 0{,}15—0{,}2$ kg/qcm abſolut. Bei langſamem Abſchluß der Auslaßkanäle kann gegen Ende des Auslaſſes eine Droſſelung des Dampfes, alſo eine Druckzunahme im Zylinder eintreten, ſo daß beim Beginn der Kompreſſion die Spannung p_0' etwas größer als p_0 iſt. Es kann in ſolchen Fällen $p_0' = \sim 1{,}1\, p_0$ geſetzt werden.

Die Kompreſſion $s_5 : s$ iſt derart zu bemeſſen, daß die Kompreſſionsendſpannung p_c noch merklich unter der Einlaßſpannung p bleibt; gewöhnlich ſoll p_c nicht größer als $0{,}7\, p$ werden. Bei Kondenſationsmaſchinen, wo die Anfangsſpannung der Kompreſſion p_0' ſehr klein iſt, wird auch die Endſpannung der Kompreſſion p_c klein ausfallen. Um eine erhebliche Steigerung der Spannung zu erzielen, müßte man die Kompreſſion ſehr frühzeitig beginnen laſſen; man geht aber mit dem Werte $s_5 : s$ nicht gern über 0,4 hinaus. Erwähnt ſei noch, daß unter ſonſt gleichen Verhältniſſen p_c um ſo höher ausfällt, je kleiner m iſt. Bei ſchnell laufenden Maſchinen iſt wegen der Maſſenwirkung der hin und her gehenden Teile die Anwendung hoher Kompreſſion zu empfehlen. Die Kompreſſionslinie ef (Fig. 2) wird hinreichend genau nach dem Geſetz $p \cdot v = k$ konſtruiert.

Der Voreinlaß s_6 hat den Zweck, die Kompreſſionsendſpannung p_c bis zum Hubende auf die Einlaßſpannung p auszugleichen. Es iſt daher die Dauer des Voreinlaſſes $s_6 : s$ um ſo größer zu wählen, je größer der Druckunterſchied $p - p_c$ iſt, je größer die Umlaufszahl der Maſchine gemacht wird und je langſamer das Steuerorgan öffnet. In gewöhnlichen Fällen genügt $s_6 : s = 0{,}005 — 0{,}01$. Bei Schieberſteuerungen müſſen aus andern Gründen manchmal erheblich größere oder kleinere Werte in Kauf genommen werden.

Nach Aufzeichnung des theoretiſchen Indikatordiagramms (Fig. 2) beſtimmt man aus demſelben die mittlere indizierte Spannung p_i (vgl. S. 610). Hierauf ſchreitet man zur Wahl der mittleren Kolbengeſchwindigkeit c_m. Die Werte der Tabelle I. nach [1], [2] beziehen ſich auf Maſchinen mit mäßig ſchnellem Gang. Für mittelſchnellen Gang ſind die Tabellenwerte um 25 %, für ſehr ſchnellen Gang um 50 % und mehr zu erhöhen.

Tabelle II. Werte der mittleren Kolbengeſchwindigkeit c_m (in m/sec) für mäßig ſchnellen Gang.

N in PS.	Abſolute Einlaßſpannung in kg/qcm				
	3	4	6	8	10
3	0,89	0,99	1,13	1,24	1,35
6	0,97	1,07	1,23	1,35	1,47
10	1,02	1,14	1,31	1,43	1,56
20	1,13	1,24	1,42	1,55	1,67
40	1,25	1,37	1,55	1,69	1,82
70	1,42	1,52	1,68	1,82	1,95
100	1,51	1,62	1,78	1,92	2,05
200	1,70	1,84	2,05	2,18	2,31
300	1,81	1,96	2,20	2,35	2,50
400	1,90	2,06	2,31	2,47	2,63
600	2,02	2,20	2,47	2,66	2,83
1000	2,17	2,37	2,67	2,88	3,12

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Werte der Tabelle II. gelten unter der Vorausſetzung, daß das Hubverhältnis $l:D=2$ iſt. Bei abweichendem Hubverhältnis ſind die Werte der Tabelle II. mit einem Koeffizienten α zu multiplizieren, der aus Tabelle IIa. entnommen werden kann.

Tabelle IIa.

$l:D$	α
0,50	0,57
0,75	0,67
1,00	0,75
1,50	0,90
2,00	1,00
2,50	1,10
3,00	1,20

Das Hubverhältnis wird gewöhnlich in den Grenzen $l:D=1$—2 gewählt, und zwar näher an 1 bei ſtehenden und ſchnell gehenden, näher an 2 bei liegenden und langſam laufenden Maſchinen. Iſt c_m gewählt, ſo kann, falls N_i gegeben iſt, die erforderliche Kolbenfläche F in Quadratzentimetern berechnet werden aus $F=\frac{75\,N_i}{p_i\,c_m}$. Iſt nicht N_i, ſondern N_e gegeben, ſo muß erſt der Wirkungsgrad η vorläufig angenommen werden; man kann ſich hierbei der Werte der Tabelle III. [1], [2] bedienen.

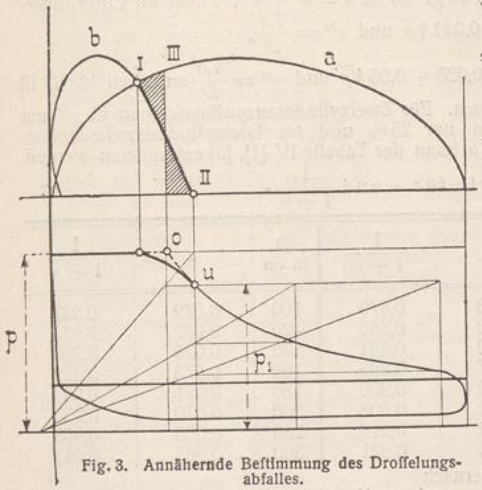


Fig. 3. Annähernde Beſtimmung des Droſſelungsabfalles.

Tabelle III. Vorläufige Wirkungsgrade η bei normalen Füllungen.

$\frac{N_e}{c_m}$	Einzylinder-auspuffmaſchinen	Kondenſationsmaſchinen	
		Einzylinder-maſchinen	Mehrzylinder-maſchinen
3	0,71	—	—
6	0,73	0,69	—
10	0,75	0,71	0,68
14	0,77	0,73	0,70
20	0,79	0,75	0,72
30	0,80	0,77	0,74
40	0,81	0,78	0,76
50	0,82	0,79	0,77
60	0,83	0,80	0,78
80	0,84	0,81	0,79
100	0,85	0,82	0,80
200	0,86	0,84	0,81
400	0,87	0,85	0,82
600	0,88	0,86	0,83
1000	0,89	0,87	0,84
2000	0,90	0,88	0,85

Bei den Zweizylinderauspuffmaſchinen kann η um 0,03 kleiner als bei Einzylinderauspuffmaſchinen, bei Dreizylinderkondenſationsmaſchinen um 0,02 kleiner als bei Zweizylinderkondenſationsmaſchinen angenommen werden. Nach Wahl von η erhält man die erforderliche Kolbenfläche in Quadratzentimetern aus $F=\frac{75\,N_e}{p_i\,c_m\,\eta}$. Der Kolbendurchmeſſer D in Zentimetern folgt dann mit Berückſichtigung der Schwächung der wirkſamen Kolbenfläche durch den Kolbenſtangenquerſchnitt aus der Beziehung $\frac{\pi D^2}{4}=1{,}02\,F$ bis $1{,}03\,F$. Der kleinere Zuſchlag gilt für größere und der größere Zuſchlag für kleinere Maſchinen.

Der Hub l in Metern folgt ſodann aus dem angenommenen Hubverhältnis $l:D$. Schließlich beſtimmt ſich noch die Umlaufszahl aus der Beziehung $n=\frac{30\,c_m}{l}$. Sollte die Rechnung einen ungünſtigen Wert für n liefern, ſo kann zunächſt durch Aenderung von l Abhilfe geſchaffen werden, indem z. B. eine Verkleinerung von l eine Vergrößerung von n nach ſich zieht. Genügt die Abänderung von l nicht, ſo muß c_m geändert werden, worauf F, D, l und n neu zu berechnen ſind.

Vorſtehend erläuterte Berechnungsweiſe liefert zunächſt die vorläufigen Werte für D, l und n. Es iſt jetzt die Steuerung zu entwerfen, worauf die Ermittlung der genauen Indikatordiagramme mit Berückſichtigung der endgültigen Periodenbemeſſung, der Droſſelungsverhältniſſe und des Einfluſſes der Schubſtangenlänge auf die Gleichmäßigkeit der Dampfverteilung beider Kolbenſeiten erfolgen kann.

Ein Annäherungsverfahren zur Beſtimmung des Droſſelungsabfalles am Ende der Füllung iſt aus Fig. 3 zu erſehen. Die Kurve a ſtellt mit ihren Ordinaten diejenigen Kanalöffnungen dar, die für die betreffenden Kolbenſtellungen vorhanden ſein müßten, wenn der Dampf mit konſtanter Geſchwindigkeit $w=60$ m/sec einſtrömen ſollte. Die Ordinaten dieſer Kurve ſind daher den augenblicklichen Kolbengeſchwindigkeiten proportional. Die Kurve b gibt mit ihren Ordinaten die wirklich vorhandenen Kanalöffnungen an. Der Schnittpunkt I beider Kurven kennzeichnet diejenige Kolbenſtellung, wo die Dampfgeſchwindigkeit zum erſten Male den Wert 60 m tatſächlich erreicht und wo dann erfahrungsmäßig die Droſſelung beginnt. Der Punkt II kennzeichnet das Füllungsende. Um den Droſſelungsabfall $p-p_1$ zu beſtimmen, zeichnet man die Ordinate III derart ein, daß die ſchraffierten Felder gleichen Flächeninhalt erhalten; es ſtellt dann III diejenige Füllung dar, die dieſelbe Expanſionslinie wie die wahre Füllung liefern würde, wenn keine Droſſelung ſtattfände. Man braucht alſo nur von o bis zum tatſächlichen Füllungsende eine Expanſionslinie zu konſtruieren, um den Punkt u und damit den Droſſelungsabfall $p-p_1$ zu erhalten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nach Aufzeichnung der genaueren Indikatordiagramme ſind aus denſelben die endgültigen mittleren Spannungen p_i' und p_i'' für beide Kolbenſeiten zu beſtimmen. Iſt N_i gegeben, ſo beſtimmt ſich jetzt der endgültige Wert der Kolbenfläche aus

$$F = \frac{75\,N_i}{\frac{p_i' + p_i''}{2}\,c_m}.$$

Iſt dagegen N_e gegeben, ſo berechnet ſich die endgültige Kolbenfläche aus

$$F = \frac{75\,N_e}{\left(\frac{p_i' + p_i''}{2} - \sigma\right)\frac{1}{1+\mu}\,c_m}.$$

Hierin iſt σ die Leergangswiderſtandſpannung in Kilogramm/Quadratzentimetern und μ der Koeffizient der zuſätzlichen Reibung. Es iſt $\sigma = \sigma' + \sigma''$, wobei für Einzylinderauspuffmaſchinen

$$\sigma' = 0{,}042\sqrt{p} \text{ und } \sigma'' = \frac{2{,}5}{D},$$

für Einzylinderkondenſationsmaſchinen $\sigma' = 0{,}025 + 0{,}05\sqrt{p}$ und $\sigma'' = \frac{4{,}5}{D}$ zu ſetzen iſt; D iſt der vorläufige Kolbendurchmeſſer in Zentimetern. Für Zweizylinderauspuffmaſchinen iſt σ'' um 50%, für Zweizylinderkondenſationsmaſchinen um 25% und für Dreizylinderkondenſationsmaſchinen um 40% zu vergrößern. Der Wert μ kann der Tabelle IV [1], [2] entnommen werden.

Tabelle IV. Werte für μ und $\frac{1}{1+\mu}$.

D in cm	μ	$\frac{1}{1+\mu}$	D in cm	μ	$\frac{1}{1+\mu}$	D in cm	μ	$\frac{1}{1+\mu}$
12	0,212	0,825	40	0,138	0,879	100	0,079	0,927
14	0,204	0,831	45	0,130	0,885	120	0,077	0,928
16	0,197	0,836	50	0,122	0,891	140	0,075	0,930
18	0,190	0,841	55	0,117	0,895	160	0,073	0,932
20	0,183	0,845	60	0,112	0,900	180	0,071	0,933
25	0,170	0,855	70	0,101	0,908	200	0,070	0,935
30	0,157	0,864	80	0,092	0,916	250	0,066	0,938
35	0,147	0,872	90	0,086	0,921	300	0,063	0,941

Der Wirkungsgrad iſt hiernach

$$\eta_i = \frac{p_i' + p_i'' - 2\sigma}{(p_i' + p_i'')(1+\mu)}.$$

Zur annähernden Berechnung der Mehrzylindermaſchinen genügt für jede beliebige Verſetzung der Kurbeln das Einzylinderdiagramm für gleiche Geſamtexpanſion (Fig. 4). Eine Teilung dieſes Diagramms durch wagerechte Linien in zwei oder mehrere Teile, entſprechend unendlich großem Receiverinhalt, ergibt annähernd die Diagramme der einzelnen Zylinder, deren Volumen wie die Grundlinien ihrer Diagramme ſich verhalten. Aus den Teildiagrammen ergeben ſich die Triebwerksdrücke und Steuerungsverhältniſſe ſowie die Arbeiten der einzelnen Zylinder. Letztere werden aber infolge der Abweichungen der wirklichen Dampfverteilung von der angenommenen im allgemeinen für die einzelnen Zylinder kleiner, und zwar beim Hochdruckzylinder etwa 5% und bei dem Mittel- und Niederdruckzylinder mindeſtens 10%. Die Teilung der Diagrammfläche wird in der Regel ſo vorgenommen, daß die einzelnen Zylinder gleiche Arbeiten auf die Maſchinenkurbeln übertragen. Für die Zweifachexpanſionsmaſchine ergibt ſich für gleiche Arbeitsverteilung auf Hoch- und Niederdruckſeite das Verhältnis beider Zylinder zu etwa 1:2. Zur genauen Ermittlung der Dampfdiagramme der einzelnen Zylinder von Zwei- und Mehrzylindermaſchinen wird das Nähere im Art. Kolbenwegdiagramm (ſ. d.) mitgeteilt werden. S. a. Dampfverbrauchsziffer.



Fig. 4. Einzylinderdiagramm.

Literatur: [1] Hrabak, J., Hilfsbuch für Dampfmaſchinentechniker, 3. Aufl., Berlin 1897. — [2] Des Ingenieurs Taſchenbuch „Hütte", 18. Aufl., Berlin 1902. — (Vgl. a. die Literatur unter Dampfmaſchinen.)

O. Herre.

Dampfmaſchinenbetrieb. Beſondere geſetzliche Beſtimmungen, wie ſie beim Bau und Betrieb von Dampfkeſſeln zu berückſichtigen ſind (ſ. Dampfkeſſelbetrieb), beſtehen für den Bau und Betrieb von Dampfmaſchinen nicht. Bei der Wartung von Dampfmaſchinen iſt aber folgendes zu beachten.

Das Anlaſſen der Maſchine darf nur geſchehen, nachdem die Dampfleitung und die Maſchine hinreichend lange angewärmt und das Kondenswaſſer ſorgfältig abgelaſſen worden war. Bei ungenügender Anwärmung oder Entwäſſerung ſind Waſſerſchläge im Zylinder mit ihren verderblichen Folgen zu erwarten. Sämtliche Oeler ſind vor der Inbetriebſetzung der Maſchine zu prüfen. Undichte Stopfbüchſen ſind nachzuziehen und nötigenfalls mit neuer Packung zu verſehen. Iſt die Maſchine zuletzt in einer ungünſtigen Stellung ſtehen geblieben,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſo muß die Andrehvorrichtung mit der erforderlichen Sorgfalt benutzt werden; insbeſondere iſt jedesmal vorher feſtzuſtellen, ob das Abſperrventil der Maſchine vollſtändig niedergeſchraubt iſt und ſicher ſchließt. Bei undichtem oder nicht ganz geſchloſſenem Ventil kann die Maſchine ſchließlich von ſelbſt in Gang geraten, die Andrehvorrichtung wird herausgeſchleudert und gefährdet den daran hantierenden Wärter. Es iſt deshalb darauf zu ſehen, daß die Andrehvorrichtung ſich beim Angehen der Maſchine von ſelbſt ausrückt, und zwar in einer für den Wärter gefahrloſen Weiſe.

Während des Betriebes iſt für **ſorgfältige Oelung** aller gleitenden Teile Sorge zu tragen. Dies gilt in noch erhöhtem Maße für Heißdampfmaſchinen (ſ. d.). Selbſtverſtändlich muß die Auswahl der Oelſorten nach dem Verwendungszweck erfolgen. Es müſſen mindeſtens zwei Oelſorten benutzt werden: Für die unter Dampfdruck ſtehenden gleitenden Teile ein erſt bei hoher Temperatur dünnflüſſig werdendes Oel mit hohem Entflammungspunkt, ein ſogenanntes Zylinderöl; für die nicht unter Dampfdruck ſtehenden gleitenden Teile ein gutes Maſchinenöl. Eine Miſchung des teureren Zylinderöls mit billigerem Maſchinenöl für die Schmierung der unter Dampf arbeitenden Teile in Anwendung zu bringen, iſt verwerflich, weil der beabſichtigte Zweck, Erſparniſſe zu erzielen, doch nicht erreicht wird, da das Maſchinenöl, beſonders bei Verwendung von Heißdampf, verbrennt, ohne Schmierdienſte zu leiſten. Dagegen können die Verbrennungsrückſtände den Gleitflächen leicht verderblich werden.

Eine beſonders ſorgfältige Wartung erfordert der **Regler** der Maſchine, da von deſſen Arbeitsweiſe das Verhalten der Maſchine abhängig iſt. Die Oelung der Reglerzapfen muß trotz der manchmal wenig zugänglichen Oelſtellen peinlich ausgeführt werden. Sehr oft zeigt der Regler das bekannte Springen oder Tanzen. Bei Ventilmaſchinen und den mit verſtellbarem Exzenter arbeitenden Schiebermaſchinen rührt das Springen des Reglers gewöhnlich von einem Rückdruck der Steuerung her, indem die zur Bewegung des Steuerorgans erforderliche Kraft eine Komponente liefert, die den Regler aus ſeiner Stellung abzudrängen ſucht. Die Wirkung des Rückdruckes fällt um ſo erheblicher aus, je kleiner die Umlaufszahl, je ſchwächer der Regler und je geringer die der Reglerverſtellung entgegenwirkende Reibung iſt. Das Springen des Reglers kann aber noch eine andre Urſache haben. Es kann nämlich der Unempfindlichkeitsgrad des Reglers kleiner ſein als der Ungleichförmigkeitsgrad des Schwungrades. Dann reagiert der Regler geſetzmäßig auf die während einer Umdrehung ſich regelmäßig vollziehenden Aenderungen der Winkelgeſchwindigkeit der Schwungraddrehung.

Der wichtigſte Nachteil des Springens des Reglers iſt in der ſchnellen Abnutzung der davon betroffenen Zapfen und Gleitſtellen zu ſehen. Der Maſchinengang wird gewöhnlich nicht nachteilig beeinflußt. Da eine Behebung der Grundurſachen des Springens des Reglers an ausgeführten Maſchinen nachträglich ſchwer möglich iſt, ſo ſucht man gewöhnlich Abhilfe durch Hinzufügung einer Oelbremſe zu ſchaffen. Die Oelbremſe vermindert aber in jedem Falle die Empfindlichkeit der Regulierung. Die Einſtellung der Oelbremſe muß daher mit der erforderlichen Sorgfalt geſchehen, um ein zu ſtarkes Herabſetzen der Empfindlichkeit zu verhüten.

Zeigt es ſich, daß der Regler nach einer Belaſtungsänderung der Maſchine erſt zu arbeiten beginnt, nachdem eine bedeutende Geſchwindigkeitsänderung eingetreten iſt, ſo iſt der Regler zu unempfindlich, entweder weil die von ihm bei der Verſtellung zu überwindende Reibung zu groß geworden iſt oder weil der Regler von Anfang an zu ſchwach gewählt wurde.

Zeigt der Regler, nachdem er in Bewegung gekommen iſt, Neigung zum Ueberregulieren, d. h. pendelt er ununterbrochen zwiſchen der höchſten und tiefſten Stellung auf und ab, ohne zur Ruhe zu kommen, ſo iſt der Regler labil oder zu wenig ſtatiſch. Es muß der Ungleichförmigkeitsgrad vergrößert werden. Bei vielen Reglern kann dies durch einfache Verſtellung am Regler erreicht werden. Das Ueberregulieren wird durch Maſſenwirkung begünſtigt. Gewichtsregler verhalten ſich deshalb in dieſer Hinſicht weniger günſtig als Federkraftregler, bei denen die bewegte Maſſe nach Möglichkeit vermindert iſt.

Iſt die Umlaufszahl bei voller Belaſtung der Maſchine (tiefſter Reglerſtellung) erheblich kleiner als bei kleiner Belaſtung (oberer Reglerſtellung), ſo iſt der Ungleichförmigkeitsgrad des Reglers zu groß. Derſelbe muß verkleinert werden, falls die entſprechende Einſtellung am Regler möglich iſt.

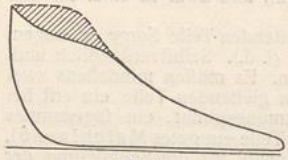
Iſt die Umlaufszahl für alle Reglerſtellungen zu klein oder zu groß, ſo kann Abhilfe durch Beſchwerung oder Entlaſtung des Hülſengewichtes oder durch ſtärkeres bezw. ſchwächeres Spannen der Feder geſchaffen werden. Bei Federkraftreglern ändert ſich mit der Federſpannung aber auch der Ungleichförmigkeitsgrad, ſo daß die angegebene Aenderung der Federſpannung nicht ohne weiteres vorgenommen werden darf.

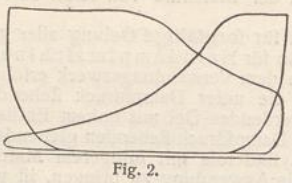
Sehr wichtig iſt es, von Zeit zu Zeit den Betriebszuſtand der Maſchine durch **Indizieren** zu prüfen, da auf dieſe Weiſe am ſicherſten eine fehlerhafte Dampfwirkung und Dampfverteilung ermittelt werden kann. Auch Undichtigkeiten in der Maſchine können bis zu einem gewiſſen Grade aus dem Indikatordiagramm erkannt werden.

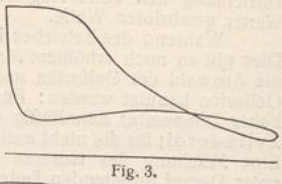
Die wichtigſten Fälle einer fehlerhaften Dampfwirkung ſind in den Fig. 1—11 dargeſtellt. Fig. 1. Der Einlaßdampf iſt ſtark gedroſſelt, entweder weil das Abſperrventil nicht ganz geöffnet iſt oder infolge zu enger und zu langer Dampfleitung bei kleinem Schieber- oder Ventilkaſteninhalt und engen Zylinderkanälen. — Fig. 2. Die Füllungen auf beiden Seiten ſind infolge falſcher Einſtellung der Steuerung ſehr ungleich. — Fig. 3. Bildet ſich die Schleife bei normaler Belaſtung am Diagramm des Hochdruckzylinders einer Verbundmaſchine, ſo iſt die Füllung des Niederdruckzylinders zu klein. Bei Einzylinderauspuffmaſchinen und beim Niederdruckzylinder von Verbundauspuffmaſchinen iſt die Schleifenbildung am Leerlaufsdiagramm eine häufig auftretende und dann unbedenkliche Erſcheinung. — Fig. 4. Gegen Ende des Hubes erfolgt bei kleiner Füllung eine Nacheinſtrömung (Nachfüllung). Die Urſache iſt bei

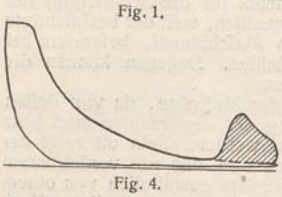
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

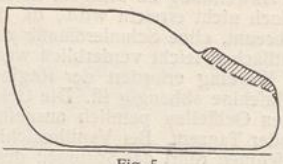
Steuerungen mit geteiltem Expanſionsſchieber (Meyer-Guhrauer) ein zu weites Auseinanderziehen der beiden Schieberhälften bei zu kurzer Plattenlänge, ſo daß der Schieber mit den Innenkanten die Kanäle öffnet. — Fig. 5. Es tritt Nacheinſtrömung für ſehr große Füllungen ein. Die Urſache kann bei allen Doppelſchieberſteuerungen in zu großer Bemeſſung der Maximalfüllung liegen, indem der Expanſionsſchieber nach eben erfolgtem Abſchluß bereits wieder

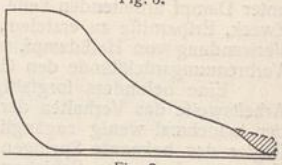

Fig. 1.

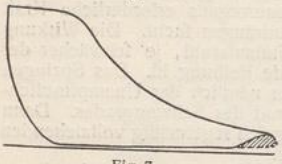

Fig. 2.

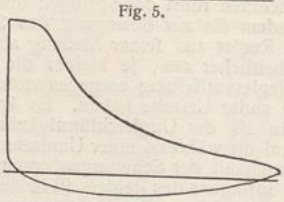

Fig. 3.

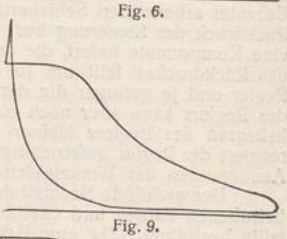

Fig. 4.

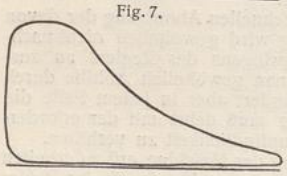

Fig. 5.

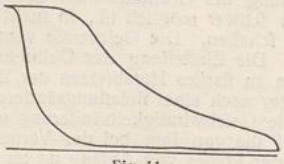

Fig. 6.

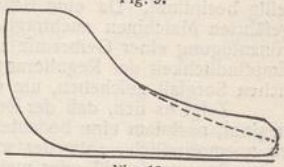

Fig. 7.

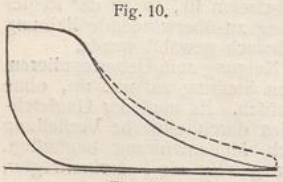

Fig. 8.

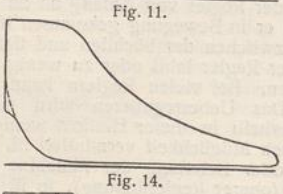

Fig. 9.

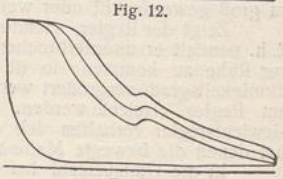

Fig. 10.

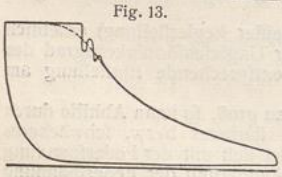

Fig. 11.

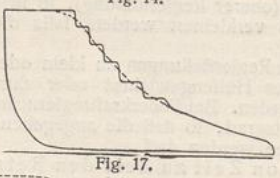

Fig. 12.

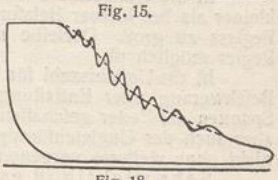

Fig. 13.

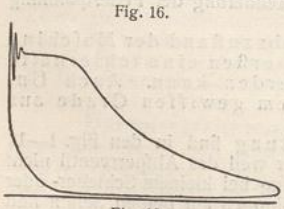

Fig. 14.

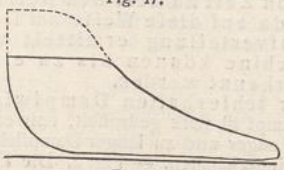

Fig. 15.

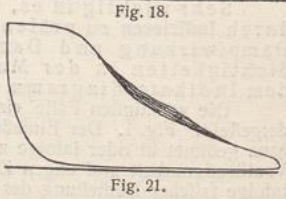

Fig. 16.


Fig. 17.


Fig. 18.


Fig. 19.


Fig. 20.


Fig. 21.

regelrecht öffnet, obwohl der Grundſchieber noch nicht abgeſchloſſen hat. Bei Steuerungen mit trapezförmigem Expanſionsſchieber (Rider) kann die Urſache auch in zu kurzer Plattenlänge gefunden werden, indem bei größter Füllung z. B. die rechte Abſperrkante des Schiebers den linken Kanal von innen öffnet. — Fig. 6. Der Vorauslaß beginnt zu früh. — Fig. 7. Der Vorauslaß beginnt zu ſpät. — Fig. 8. Der Auslaß iſt erſchwert, entweder durch zu enge und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zu lange Rohrleitung zwiſchen Zylinder und Kondenſator oder infolge mangelhafter Wirkung des letzteren. — Fig. 9. Die Kompreſſion ſteigt zu hoch an. — Fig. 10. Die Kompreſſion iſt zu klein und der Voreinlaß verſpätet. — Fig. 11. Der Voreinlaß erfolgt zu früh.

Die Ermittlung von **Undichtigkeiten** aus dem Diagramm iſt nicht immer ſicher, da nur ſehr grobe Undichtigkeiten, und auch dieſe nicht immer, im Diagramm zu erkennen ſind.

Die Fig. 12—15 geben die wichtigſten Fälle wieder: Fig. 12. Die Einlaßſteuerung iſt undicht und läßt Dampf in den Zylinder eintreten. — Fig. 13 und 14. Der Kolben iſt undicht und läßt Dampf auf die andre Seite übertreten, oder die Auslaßſteuerung iſt undicht und läßt den Dampf in den Auslaß entweichen. — Fig. 15. Das Steuerorgan wird bei allen Füllungen bei einer beſtimmten Kolbenſtellung vom Sitz abgehoben.

Bemerkt ſei noch, daß man ein untrügliches Bild von dem Maße der Undichtigkeiten erſt erhält, wenn man die eine Seite des betreffenden Kolbens, Ventils, Schiebers oder dergl. mit Dampf von normaler Betriebsſpannung bei abgeſpreiztem Schwungrade belaſtet und die andre Seite der unmittelbaren Beobachtung möglichſt zugänglich macht. Die betreffenden Dichtungsflächen ſind für undicht zu erklären, wenn der Dampf in andrer Form als in der von feinem Nebel oder Waſſerperlen auf der andern Seite zum Vorſchein kommt.

Beim Indizieren iſt es möglich, daß durch unrichtige Arbeitsweiſe des Apparates und der Hilfsvorrichtungen **falſche Diagramme** erhalten werden können.

Die wichtigſten Fälle ſind in den Fig. 16—21 dargeſtellt. Fig. 16. Der Indikatorkolben hat ſich oben feſtgeklemmt; der Apparat iſt zu reinigen. — Fig. 17. Der Indikatorkolben geht mit Reibung ſprungweiſe abwärts; auch hier iſt Reinigung und Abſtellung der Reibung erforderlich. — Fig. 18. Die Indikatorfeder kommt infolge großer Empfindlichkeit in regelmäßige Schwingungen. Es iſt eine ſtärkere Feder zu nehmen. Auch die Vergrößerung der Reibung durch ſtärkeres Andrücken des Schreibſtiftes dämpft manchmal wirkſam die Schwingungen. — Fig. 19. Der Indikatorkolben geht infolge der Maſſenwirkung über die richtige Lage hinaus; eine ſtärkere Feder mildert dieſen Fehler. — Fig. 20. Der Indikatorhahn iſt nicht ganz geöffnet und droſſelt den Dampf. — Fig. 21. Im Indikator oder in der Zuleitung zu demſelben befindet ſich Waſſer.

Eine gemeinſchaftliche Kommiſſion des Vereins deutſcher Ingenieure und des Verbandes der Dampfkeſſelüberwachungsvereine hat Grundſätze und Anleitung für die Unterſuchung von Dampfkeſſeln und Dampfmaſchinen zur Ermittlung ihrer Leiſtungen aufgeſtellt [1]. In Oeſterreich beſteht eine Verordnung des k. k. Handelsminiſteriums, betreffend den Nachweis der Befähigung zur Bedienung und Ueberwachung von Dampfkeſſeln ſowie zur Bedienung (Führung und Wartung) von Dampfmaſchinen, Lokomotiven und Dampfſchiffsmaſchinen.

Literatur: [1] Normen für Leiſtungsverſuche an Dampfkeſſeln und Dampfmaſchinen, Hamburg 1899. S. a. „Hütte“ 1902, 1. Teil, S. 995 ff. *O. Herre.*

Dampfmeſſer, Vorrichtung zum Meſſen der Dampfſpannung; ſ. Manometer.

Dampfmiſchapparate, ſ. Strahlapparate.

Dampfnäſſe (Dampffeuchtigkeit), der Waſſergehalt des Dampfes. Derſelbe kann entſtanden ſein durch mechaniſches Mitreißen von Waſſer aus dem Keſſel oder durch Abkühlung des Dampfes in den Dampfleitungen ſowie durch die bei der Dampfexpanſion auftretende Kondenſation.

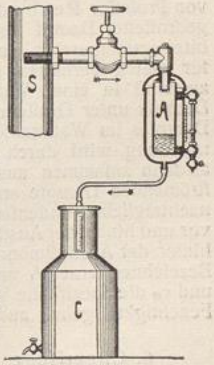


Fig. 1.

Der auf letzterem Wege entſtehende Waſſergehalt kann ſelbſt bei großen Preſſungsunterſchieden praktiſch nur verſchwindend klein ſein, da die mit der Expanſionsarbeit geleiſtete Reibungsarbeit ſich hauptſächlich in Wärme umſetzt und dadurch ein Nachverdampfen verurſacht; dagegen wird der Waſſergehalt des Dampfes bei ſtark ſchäumendem Keſſel einerſeits ſowie durch Abkühlungsverluſt in langen Dampfleitungen anderſeits ſehr beträchtlich.

Bei normalem Keſſelbetrieb und mäßiger Feuerung beträgt der Feuchtigkeitsgehalt des aus dem Keſſel abziehenden Dampfes erfahrungsgemäß nicht über 1 %. Bei forciertem Keſſelbetrieb oder geringem Waſſerraum ſowie unzweckmäßiger Dampfentnahme kann der Waſſergehalt jedoch auf 10 und mehr Prozent ſich ſteigern, abgeſehen von der in der Dampfleitung durch äußere Abkühlung ſich bildenden Kondenſationswaſſermenge. — Genaue und genügend erprobte Methoden zur Beſtimmung der Dampfnäſſe ſind zurzeit noch nicht bekannt. Von den bis jetzt üblichen phyſikaliſchen und chemiſchen Verfahrungsweiſen mögen nachfolgende erwähnt werden:

1. Durch Wägung. Da nach Regnaults Verſuchen die ſpezifiſchen Gewichte des geſättigten Dampfes für die praktiſch in Betracht kommenden Preſſungen bekannt ſind, ſo kann die Dampfnäſſe durch Wägung einer Dampfprobe von bekanntem Volumen ermittelt werden. Dieſes Verfahren iſt ſehr umſtändlich, weil eine große Zahl von Proben zu unterſuchen iſt, um einen richtigen Mittelwert für die Dampffeuchtigkeit zu erhalten. Zur Wägung geeignete Apparate ſind beſchrieben in [1] und [2].

2. Durch Waſſerabſcheidung. Eine von Carpenter, Profeſſor an der Cornell-Univerſität in Nordamerika, angewendete Vorrichtung (Fig. 1) beſteht aus zwei konzentriſch ineinander geſetzten Zylindern, von denen der äußere geſchloſſen, der innere oben offen iſt. Ein Bruchteil des zu unterſuchenden Dampfes wird mittels eines dünnen durchlöcherten Röhrchens *S*

aus der Dampfleitung abgezogen und ſtrömt von oben in den Innenzylinder aus, wobei das Dampfwaſſer infolge der eintretenden Geſchwindigkeitsverminderung des Dampfes ſich ausſcheidet und im unteren Teile des Zylinders A ſich anſammelt. Der Verſuchsdampf ſtrömt weiter durch den Ringraum, der als Dampfmantel wirkt, und vom unteren Teile des Außenzylinders in eine Kühlſchlange des Behälters C, in der er vollſtändig kondenſiert. Der Feuchtigkeitsgrad des unterſuchten Dampfes ermittelt ſich aus den Gewichten oder Volumen des im Abſcheider angeſammelten Waſſers und des kondenſierten Dampfes.

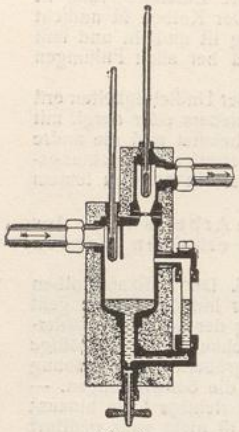


Fig. 3.

3. Durch Kondenſation. Dieſer Weg wurde zuerſt von Hirn eingeſchlagen. Er verwendete einen Kondenſator K (Fig. 2), der an einer Schwimmerwage hing. Eine beſtimmte Menge des zu unterſuchenden Dampfes tritt durch ein Rohr S in den Kondenſator ein und miſcht ſich mit dem Kühlwaſſer unter Mithilfe eines Rührwerkes. Die Einſtellung der Wage vor und nach der Kondenſation erfolgt durch Regulierung mit Gewichten auf eine beſtimmte Marke. Das Verfahren erfordert außerordentlich ſorgfältige Temperaturmeſſungen und Wägungen und macht noch umſtändliche Korrekturen wegen der Wärmeverluſte nötig. — Sei x das ſpezifiſche Dampfgewicht, w die Gewichtszunahme während des Verſuches, ſo ſind $x\,w^k$ Dampf und $(1-x)\,w^k$ Waſſer in den Kondenſator gelangt; wenn ferner W das Gewicht des Kühlwaſſers ſamt Waſſerwert des Kondenſators und t_d die Temperatur des zu unterſuchenden Dampfes ſowie t_a und t_e die Anfangs- und Endtemperatur des Kühlwaſſers und J die Dampfwärme bedeuten, dann iſt:

$$x = \frac{W(t_e - t_a) - w\,(t_d - t_e)}{w\,(J - t_d)}.$$

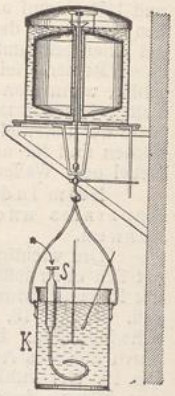


Fig. 2.

Es iſt zweckmäßig, die Anfangstemperatur des Kühlwaſſers ſo viel unter der Außentemperatur anzunehmen, als die Endtemperatur über derſelben ſich ergibt. Den Mängeln dieſes Verfahrens kann dadurch abgeholfen werden, daß ſtatt der Kondenſation einzelner Dampfproben eine fortlaufende Kondenſation vorgenommen wird.

4. Durch Nachverdampfen. Die kalorimetriſche Beſtimmung des Waſſergehaltes kann auch durch Ermittlung derjenigen Wärme erfolgen, die zur Verdampfung des in einer gegebenen Dampfmenge enthaltenen Waſſers notwendig iſt. Verfahren von Leloutre. Auf demſelben Vorgang beruht der Gehreſche Feuchtigkeitsmeſſer. Ein Teil des in der Hauptleitung ſtrömenden zu unterſuchenden Dampfes wird in einer Zwiſchenleitung zwiſchen zwei Abſperrventilen abgefangen und mittels Gasflammen erhitzt. Während dieſer Erwärmung wird die Aenderung des Druckes und der Temperatur der Dampfprobe beobachtet. Solange der Dampf feucht iſt, ſteigt der Druck mit der Temperatur, dem Regnaultſchen Geſetz für geſättigten Dampf gemäß. Die Dampffeuchtigkeit iſt alsdann ausgedrückt durch das Verhältnis der ſpezifiſchen Gewichte des Dampfes bei der Anfangs- und Endpreſſung vor dem Beginn der Ueberhitzung.

5. Ueberhitzung mittels Dampfdroſſelung. Dieſes Verfahren wurde zuerſt von Profeſſor Peabody vorgeſchlagen und beruht auf der Erſcheinung, daß frei ausſtrömender gedroſſelter Dampf bei mäßiger Dampfnäſſe ſich überhitzt und die dabei auftretende Ueberhitzungstemperatur einen Schluß auf den Feuchtigkeitsgrad vor der Droſſelung zuläßt. Einen für dieſes Verfahren geeigneten Apparat zeigt Fig. 3. Der zu unterſuchende Dampf ſtrömt zunächſt in einen Waſſerabſcheider und von dieſem durch eine 1,5 mm weite Oeffnung des Deckels unter Droſſelung bis zur Atmoſphärenſpannung ins Freie. Die Eintrittstemperatur des Dampfes im Waſſerabſcheider und die Temperatur des gedroſſelten Dampfes hinter der Ausflußmündung wird durch empfindliche Thermometer gemeſſen. Die Dampffeuchtigkeit ſetzt ſich alsdann zuſammen aus der im Waſſerabſcheider ausgeſchiedenen Waſſermenge und der im abſtrömenden Dampfe ermittelten Feuchtigkeit. Die Menge des unterſuchten Dampfes wird durch nachträgliche Kondenſation mittels Wägung beſtimmt. — Sind t_1 und t_2 die Temperatur des Dampfes vor und hinter der Ausflußmündung, t_3 die Temperatur des geſättigten Dampfes, entſprechend dem hinter der Ausflußmündung herrſchenden Drucke, dann iſt die eingetretene Ueberhitzung $t_2 - t_3$. Bezeichnen ferner J_1 und J_3 die den Dampftemperaturen t_1 und t_3 entſprechenden Dampfwärmen und c_p die ſpezifiſche Wärme des geſättigten Dampfes bei konſtantem Drucke, ſo ergibt ſich der Feuchtigkeitsgehalt aus:

$$x = \frac{J_3 + (t_2 - t_3)\,c_p - t_1}{J_1 - t_1}.$$

6. Chemiſche Methoden. Dem Keſſelwaſſer wird Kochſalz oder Glauberſalz beigemiſcht (etwa $1\frac{1}{2}\,\%$ des Waſſerinhaltes des Keſſels), das im mitgeriſſenen Waſſer gelöſt bleibt, in den Dampf jedoch nicht übergeht. Der Feuchtigkeitsgrad läßt ſich entweder durch Vergleichung des Salzgehaltes des kondenſierten Dampfes mit dem Salzgehalt des Keſſelwaſſers oder durch Ermittlung der Abnahme des Salzgehaltes des Keſſelwaſſers beſtimmen. Die Ermittlung des Salzes bezw. Chlorgehaltes erfolgt durch Titrierung mit einer Löſung von Silbernitrat unter Benutzung von Kaliummonochromat als Indikator.

Die verſchiedenen Ausführungsarten leiden alle an dem Fehler, daß ſie nur das mitgeriſſene Waſſer anzugeben vermögen, nicht aber das durch Kondenſation entſtandene. Vergleichende Verſuche, die auf zweierlei Art angeſtellt waren, ergaben keine Uebereinſtimmung. Bei einem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

derartigen Verfuch fand Profeſſor Dr. Bunte mit der einen chemiſchen Methode durchſchnittlich 3,25% Waſſergehalt, während die andre 1,7% anzeigte. Die chemiſchen Verfahren ſind im allgemeinen für unzweckmäßig zu erachten; nur wenn beſonders viel Waſſer vom Dampf mitgeriſſen wird, ſo daß das Kondenswaſſer dagegen nicht in Betracht kommt, iſt ein Verfahren anwendbar, das darin beſteht, durch Entnahme einzelner Keſſelwaſſerproben die Verringerung des Sättigungsgrades der anfangs in den Keſſel gebrachten Salzlöſung feſtzuſtellen, während mit reinem Waſſer geſpeiſt wird. — Nach Unwin zeigen die Erfahrungen mit den bis jetzt üblichen Methoden zur Beſtimmung der Dampffeuchtigkeit, daß die freie Ausſtrömung des Dampfes das bequemſte Mittel abgibt, ſolange der Dampf nicht über 2% Feuchtigkeit aufweiſt. Bei größerem Feuchtigkeitsgehalt iſt eine Waſſerausſcheidung durch einen beſonderen Abſcheider zu ermöglichen. Es iſt auch zweckmäßig, den Dampf aus einer vertikalen ſtatt horizontalen Dampfleitung zu entnehmen, da bei letzterer das Dampfwaſſer zum Teil an der unteren Fläche des Rohres entlang fließt.

Literatur: [1] Revue industrielle 1878, S. 102. — [2] Zeitſchr. d. Franklin-Inſtit. 1877, S. 358. — [3] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1885, S. 344. — [4] Ebend. 1895, S. 1059. — [5] Pfeifer, Beſtimmung der Feuchtigkeit des Waſſerdampfes, Journal für Gasbeleuchtung und Waſſerverſorgung, Bd. 45, S. 97 ff. *v. Ihering.*

Dampfofen (Dampfwaſſerofen), ſ. Heizung.

Dampfomnibus, ſ. Straßeneiſenbahnen.

Dampfpfeifen dienen bei Dampfern und Lokomotiven als Warnungs- und Erkennungszeichen. Bei letzteren außerdem zur Verſtändigung des Lokomotivführers mit dem Zugperſonal und umgekehrt.

Die Dampfpfeifen beſtehen aus einem Unterſatz, einem Hahn oder Ventil und der Glocke. Der Unterſatz enthält eine durch den Hahn abſchließbare Bohrung, die am oberen Teile desſelben in eine ringförmige, offene Spalte ausläuft. Ueber dem Unterſatze iſt eine dünnwandige Glocke angebracht, deren unterer zugeſchärfter Rand genau über der erwähnten Spalte ſitzt. Der aus letzterer mit großer Geſchwindigkeit ſtrömende Dampf wird am ſcharfen Rande der Glocke gebrochen und ſetzt derſelbe dieſe ſowie die in der Glocke befindliche Luft in ſtarke Schwingungen, die den Ton der Pfeife verurſachen. Durch Näherung der Glocke an den Spalt wird der Ton mehr gellend, durch Entfernung mehr heulend. Für ortsfeſte Anlagen kommen zur beſſeren Unterſcheidung von den Signalen der Nachbarſchaft doppeltönige Pfeifen oder gar Dreiklangpfeifen, beide von Schäffer & Budenberg in Magdeburg-Buckau (vgl. den Katalog dieſer Firma), zur Anwendung. Die erſteren ſind mit zwei Ventilen für zwei verſchiedene Töne verſehen, die beim gleichzeitigen Oeffnen beider Ventile einen harmoniſchen Doppelton geben. Bei den Dreiklangpfeifen iſt die Schallglocke durch radial angeordnete Zwiſchenwände in drei Räume geteilt, die durch eingeſetzte Horizontalſtege den gewünſchten Tönen entſprechend adjuſtiert und harmoniſch abgeſtimmt ſind. *G. Schwarz.*

Dampfpfeifenſignale, ſ. Zugſignale.

Dampfpflug, ſ. Maſchinenpflug.

Dampfpinaſſe, ſ. Dampfbeiboot.

Dampfpreſſe, die zur Erzeugung eines höheren Glanzes auf dem Gewebe in Anwendung gebrachte hydrauliſche Preſſe, deren zwiſchen Preßtiſch und Preßbalken ſtetig angeordnete Preßplatten hohl hergeſtellt und durch Dampf geheizt ſind. S. Tuchfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Dampfpumpe, ſ. Pumpen.

Dampframme, ſ. Rammen.

Dampfraum, der im Keſſel vom Waſſer nicht eingenommene Teil.

Bei regelmäßiger Dampfentnahme iſt die Größe des Dampfraumes von untergeordneter Bedeutung und gewährt derſelbe alsdann nur dem Dampf Zeit zur Ausſcheidung des etwa mitgeriſſenen Waſſers. Bei ſehr wechſelnder Dampfentnahme dagegen iſt es wichtig, große Dampfräume zu ſchaffen, um ein ſtarkes Aufſchäumen des Waſſers und das damit verbundene Mitreißen von Waſſer zu verhüten, wie beiſpielsweiſe in Keſſeln zum Betrieb von langſam gehenden, oberirdiſchen Waſſerhaltungsmaſchinen oder Walzwerks- und Fördermaſchinen, Kranmaſchinen, Dampfhämmern u. ſ. w. Von Einfluß auf die Qualität des Dampfes (ob feucht, naß, geſättigt oder trocken) iſt auch die Größe der Oberfläche der dampfbildenden Fläche oder Verdampfungsoberfläche im Keſſel zwiſchen Dampf- und Waſſerraum. Je größer dieſe Fläche iſt, deſto trockener iſt der Dampf. Walzenkeſſel, Flammrohr- und mehrfache Walzenkeſſel liefern 40—100 kg Dampf auf 1 qm Waſſeroberfläche in der Stunde. Bei normaler Beanſpruchung enthält der Dampf 3—6% Waſſer. Bei höherer Dampferzeugung auf 1 qm Oberfläche iſt, um zu große Dampffeuchtigkeit zu vermeiden, eine Ueberhitzeranlage mit dem Keſſel zu verbinden. *v. Ihering.*

Dampfrohr auf Schiffen, ſ. Dampfleitungen für Schiffe.

Dampfſammler, ſ. Dampfkeſſel und Schiffskeſſel.

Dampfſchiebebühne, ſ. Verladung.

Dampfſchieber, ſ. Schieber.

Dampfſchiff, ſ. Dampfertypen.

Dampfſchmierapparate, ſ. Maſchinenſchmierung.

Dampfſchneefchaufler, ſ. Schneepflüge.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dampfſchneidemühle, ſ. Sägemühle.

Dampfſchöpfwerke, ſ. Schöpfwerke.

Dampfſchwarz, alle jene ſchwarzen Druckfarben, die ſich erſt beim Dämpfen zu einem vollen Schwarz entwickeln und ſich auf der Faſer fixieren.

In der Druckfarbe ſind bereits jene Beſtandteile enthalten, die zur Schwarzbildung erforderlich ſind. Vielfache Anwendung finden namentlich die verſchieden zuſammengeſetzten Blauholzdampfſchwarz, deren wichtigſter Vertreter das bekannte Noir réduit iſt. Dasſelbe wird hergeſtellt, indem mit Quercitron nuancierter Blauholzextrakt mit Kaliumbichromat gefällt und dieſer Lack mit Oxalſäure, Schwefelſäure, Natriumbiſulfit und Eſſigſäure gelöſt wird. Außer dem Noir réduit findet das Anilindampfſchwarz (ſ. Anilinſchwarz), wo es ſich um echte Artikel handelt, Anwendung. *Ad. Singer.*

Dampfſpannung, ſ. v. w. Druck des Dampfes; ſ. Druck.

Dampfſpater, ſ. Dampfgraber.

Dampfſpeiſepumpe, ſ. Dampfkeſſelſpeiſeapparate.

Dampfſteuerapparate oder Rudermaſchinen finden auf allen Seedampfern Verwendung, um das Ruder ſchnell und ſicher von einer Perſon, dem Rudersmann, legen laſſen zu können.

Obwohl der erſte Dampfſteuerapparat ſchon 1866 auf dem Rieſendampfer „Great Eaſtern“ [1] nach dem Syſtem von Mc. Farlane Gray aufgeſtellt wurde, wurden die Maſchinen erſt innerhalb eines Jahrzehnts ſo weit verbeſſert, daß ſie allgemeiner Eingang fanden. Da bei größeren Schiffen zum Legen des Ruders mit der Hand vier bis zwölf Mann erforderlich waren, ſo brachte der Dampfſteuerapparat eine weſentliche Erſparnis an Perſonal mit ſich; daneben wurde die Manövrierfähigkeit des Schiffes durch das ſchnellere Legen des Ruders weſentlich geſteigert, indem der Drehkreis ein kleinerer und die Zeit zum Durchlaufen desſelben eine kürzere wurde. Die moderne Rudermaſchine legt das Ruder bei großer Fahrt in 30 Sekunden von hart Steuerbord nach hart Backbord und umgekehrt. Das Konſtruktionsprinzip derſelben beſteht darin, daß die Handhabung der Maſchine mittels eines Steuerrades in gleicher Weiſe geſchieht wie beim Steuern mit Hand, d. h. bei Rechtsdrehung des Steuerrades, Drehung nach Steuerbord, muß das Ruder nach Steuerbord ausweichen, und zwar ſofort nach Beginn der Drehung; hört die Drehung auf, ſo muß die Maſchine und demnach auch das Ruder zum Stillſtand kommen und kann demnach in jeder Lage ſicher feſtgehalten werden, ſo daß jeder Drehung des Handrades eine beſtimmte

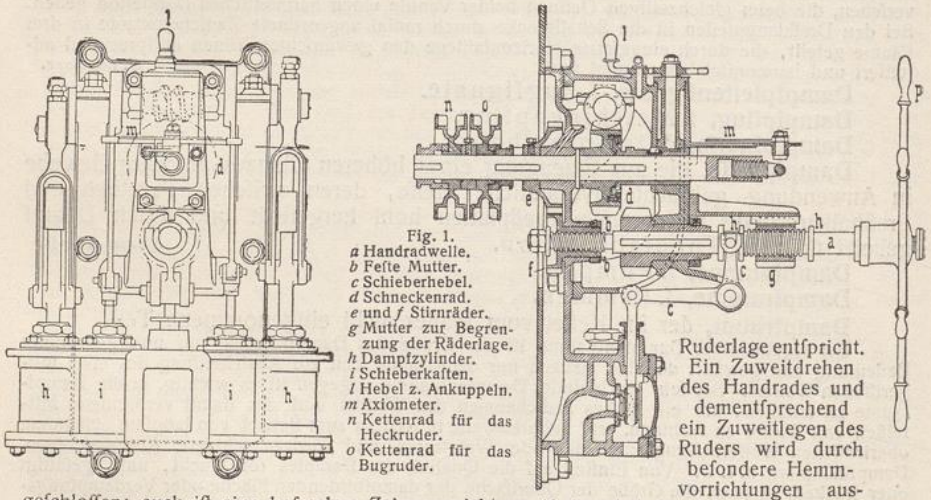


Fig. 1.
a Handradwelle.
b Feſte Mutter.
c Schieberhebel.
d Schneckenrad.
e und *f* Stirnräder.
g Mutter zur Begrenzung der Räderlage.
h Dampfzylinder.
i Schieberkaſten.
l Hebel z. Ankuppeln.
m Axiometer.
n Kettenrad für das Heckruder.
o Kettenrad für das Bugruder.

Ruderlage entſpricht. Ein Zuweitdrehen des Handrades und dementſprechend ein Zuweitlegen des Ruders wird durch beſondere Hemmvorrichtungen ausgeſchloſſen; auch iſt eine beſondere Zeigervorrichtung (Axiometer) beim Handrade vorgeſehen, die dem Steuermann die jeweilige Lage des Ruders angibt. Bei etwaigem Unklarwerden der Maſchine kann der Dampfbetrieb ſchnell und ſicher ausgeſchaltet und in Handbetrieb umgeſchaltet werden [2]—[4].

Die Rudermaſchinen werden durchweg als Zwillingsmaſchinen gebaut und arbeiten mit voller Füllung, damit ſie jederzeit ſicher anſpringen können. Die Anlaß- und Umſteuervorrichtung beſteht aus einem Wechſelſchieber, der in ſeiner Mittelſtellung den Dampfzugang und -abgang nach dem Schieberkaſten der Rudermaſchine abſperrt, in den abgelenkten Stellungen jedoch öffnet und bei der Bewegung nach rechts und links die Dampfwege vertauſcht. Die Bewegung des Wechſelſchiebers erfolgt von der Steuerradwelle aus durch Schrauben oder Zahnradgetriebe und Hebelübertragung, die ſelbſttätige Rückbewegung in die Mittellage durch beſondere Getriebe der Rudermaſchine; ſoll das Ruder weiter gelegt werden, ſo muß der Wechſelſchieber mit Hilfe des Handrades von neuem ausgelenkt werden. Die Begrenzung des Handrades für zu weites Drehen beſteht meiſt aus einer auf der Handradwelle aufgeſchraubten Mutter,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

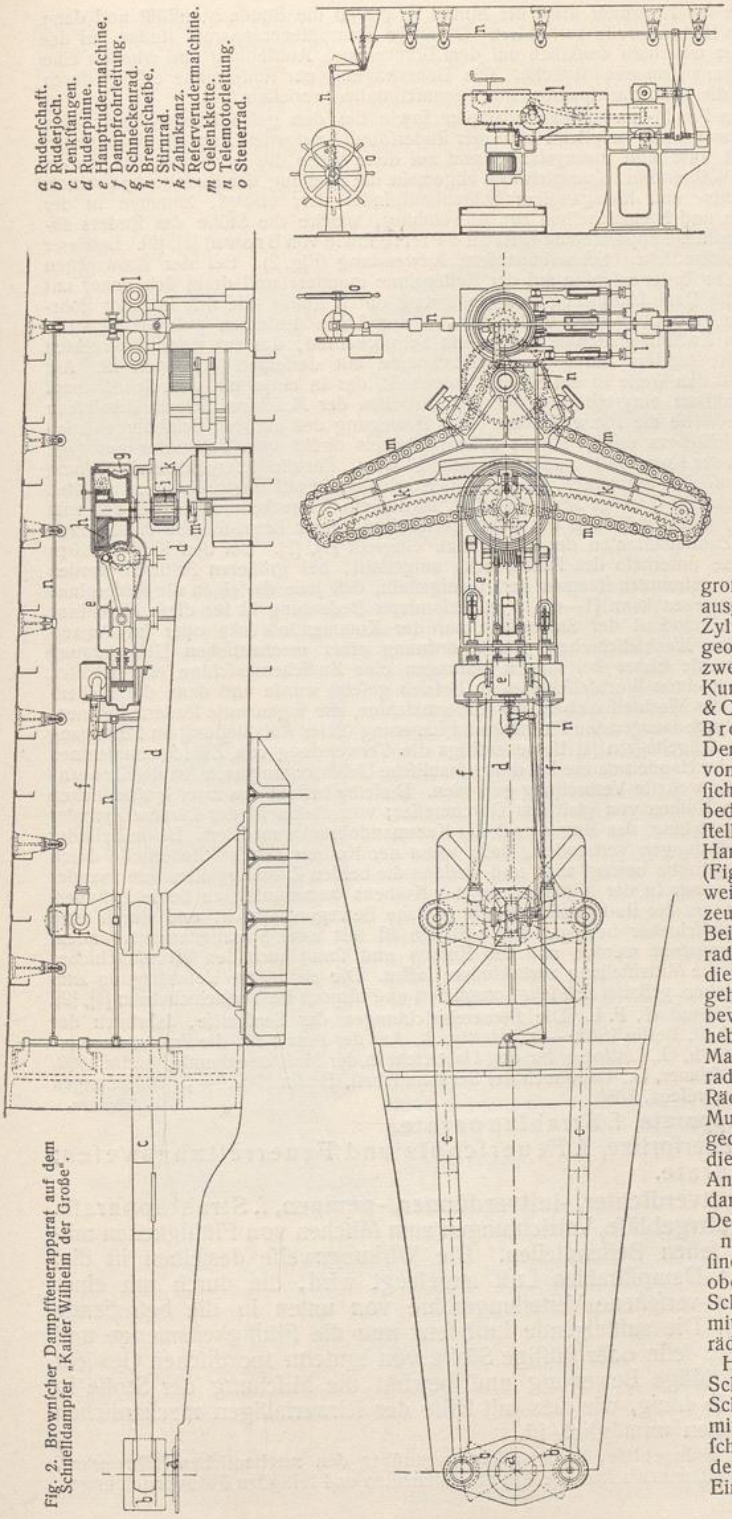


Fig. 2. Brownſcher Dampfſteuerapparat auf dem Schnelldampfer „Kaiſer Wilhelm der Große".

die am Drehen verhindert wird und bei den Hartlagen des Ruders an Begrenzungen anſtößt. Bisweilen erfolgt das Abſtoppen der Maſchine automatiſch von der Ruderpinne aus [1].

Nach der Lage der Zylinder unterſcheidet man drei Arten von Dampfſteuerapparaten: 1. die beiden Zylinder ſtehen unter 45° geneigt und arbeiten auf eine Kurbel (Syſtem Mc. Farlane Gray, Egells); 2. die beiden Zylinder oszillieren und arbeiten auf eine Kurbel (Syſtem The Steam quartermaster von Higginſon), für kleine und mittelgroße Frachtdampfer viel ausgeführt; 3. die beiden Zylinder ſind parallel angeordnet und greifen an zwei um 90° verſetzte Kurbeln an (Syſtem Muir & Caldwell, Schichau, Brown u. ſ. w.) [1], [2]. Der Dampfſteuerapparat von F. Schichau, der ſich durch geringen Raumbedarf und leichte Umſtellung von Dampf- in Handbetrieb auszeichnet (Fig. 1), findet vorzugsweiſe auf Torpedofahrzeugen Verwendung [5]. Beim Drehen der Handradwelle *a* verſchiebt ſich dieſelbe mittels der feſtgehaltenen Mutter *b* und bewegt den Schieberhebel *c*; dann treibt die Maſchine das Schneckenrad *d* an, und mittels der Räder *e* und *f* wird die Mutter *b* wieder zurückgedreht und verſchiebt die Handradwelle *a* in die Anfangsſtellung, wodurch dann der Schieber auf Deckung kommt. Bei den neueren Anordnungen ſind die Dampfzylinder oben angeordnet, und die Schneckenradwelle liegt mit den Uebertragungsrädern unten. Für den Handbetrieb wird das Schneckenrad von der Schnecke abgerückt und mit einem Zahnrad mit ſchrägen Zähnen, das auf der Handradwelle ſitzt, in Eingriff gebracht. Zum

Stoppen der Maſchine bei Hartruder dient die Mutter *g*, die an die Bünde *h* anſtößt und dann ein Weiterdrehen der Handradwelle verhindert. Derartige Dampfſteuerapparate finden auf der Kommandobrücke oder unterhalb derſelben auf dem Brückendeck Aufſtellung und erhalten eine kurze Antriebsleitung zur Kommandobrücke. Die Uebertragung zur Ruderpinne erfolgt durch Ketten und Stangen, die zum Nachſpannen mit Spannſchrauben verſehen ſind.

Für die großen Fracht- und Paſſagierdampfer ſowie bei den geſchützten Kriegsſchiffen werden die Dampfſteuerapparate möglichſt nahe der Ruderſpindel aufgeſtellt, um die Bewegungsübertragung möglichſt kurz und zwangsläufig und auf dieſe Weiſe die Bewegung des Ruders ſtoßfrei zu geſtalten. Während bei Kriegsſchiffen allgemein die Drehung des Ruderjoches mittels Lenkſtangen und rechts- und linksgängiger Schraubenſpindel ſtarr erfolgt, kommen in der Handelsmarine Federn und Bremsſcheiben zur Anwendung, welche die Stöße des Ruders abſchwächen ſollen (Dampfſteuerapparate von Wilſon & Pirrie ſowie von Brown) [1], [2]. Letzterer findet auf allen transatlantiſchen Schnelldampfern Anwendung (Fig. 2). Bei der Brownſchen Steuervorrichtung iſt die Rudermaſchine auf der Ruderpinne montiert und dreht ſich daher mit derſelben; ſie erhält die Dampfzuführung und -abführung durch Rohre, die ſich in einer Rohrſtopfbuchſe vereinigen, die über dem Ruderſchaft in der Achſe desſelben gelagert iſt. Die Kurbeln der liegenden Zwillingsmaſchine treiben ein Schneckenrad, das auf einer ſenkrechten Welle nicht feſtgekeilt, ſondern durch eine Bremsſcheibe mit derſelben gekuppelt iſt. Am unteren Ende der vertikalen Welle iſt ein Stirnrad aufgekeilt, das in einen mit dem Schiffsrumpf feſt verbundenen Zahnkranz eingreift und bei dem Arbeiten der Maſchine ſich an demſelben abrollt und auf dieſe Weiſe die Pinne bewegt. Die Bewegung des auf den Schiebergehäuſen angeordneten Wechſelſchiebers erfolgt mittels Schwingehebels direkt vom Telemotor aus (vgl. weiter unten), der von der Kommandobrücke aus betätigt wird. Für die Reſerveſteuereinrichtung iſt eine Reſerverudermaſchine vorhanden, die mit einer Gelenkkette auf die Ruderpinne arbeitet. Andernfalls iſt auf Deck eine kräftige Säule befeſtigt, in der ein Schneckenradgetriebe, das vom Handrad bewegt wird, gelagert iſt und das unter Einſchaltung einer Bremsſcheibe ein Stirnrad treibt, das in einen Zahnquadranten der Ruderpinne eingreift [1], [2]. Bei den Kriegsſchiffen wird die Rudermaſchine unterhalb des Panzerdecks aufgeſtellt; bei größeren Schiffen werden zwei Rudermaſchinen in getrennten Räumen derart aufgeſtellt, daß jede derſelben die Ruderpinne oder das Ruderjoch bewegen kann [1—4]. Von beſonderer Bedeutung iſt für dieſe Maſchinen die Uebertragung vom Handrad der Steuerſtelle auf der Kommandobrücke oder im Panzerkommandoturm auf den Wechſelſchieber. Bei Anordnung einer mechaniſchen Uebertragung durch Wellenleitung wurde früher bei langen Leitungen eine Zwiſchenmaſchine eingeſchaltet, die vom Handrad durch einen Wechſelſchieber in Betrieb geſetzt wurde und dann die Wellenleitung zur Bewegung des Wechſelſchiebers der Rudermaſchine, die ſogenannte Rudermaſchinenanlaßleitung, drehte. Durch ſachgemäße Führung und Lagerung dieſer Anlaßleitung im Mittelgang unter Verwendung von Kugellagern [1] iſt neuerdings die Verwendung von Zwiſchenmaſchinen hinfällig geworden. In der Handelsmarine hat die hydrauliſche Uebertragung nach Art des Brownſchen Telemotors die weiteſte Verbreitung gefunden. Dieſelbe beſteht aus zwei hydrauliſchen Zylindern mit je einem Kolben von gleichem Durchmeſſer; von dieſen iſt der kürzere Zylinder in der Nähe der Rudermaſchine, der längere auf der Kommandobrücke montiert. Beide Zylinder ſind derart durch Rohrleitungen verbunden, daß, wenn der Kolben an der Steuerſtelle durch Räder und Zahnſtangengetriebe bewegt wird und alsdann die beiden Zylinderhälften voneinander abgeſchloſſen werden — nur in der Mittelſtellung des Kolbens kommunizieren beide Zylinderhälften —, der Kolben an der Rudermaſchine die gleiche Bewegung macht und durch eine Schubſtange den Wechſelſchieber bewegt. Dieſe Stange iſt mit zwei Spiralfedern verbunden, die beim Ruderlegen geſpannt werden und den Kolben und ſomit auch den Wechſelſchieber der Rudermaſchine auf die Mittelſtellung zurückfedern laſſen. Die elektriſche Uebertragung zum Antrieb des Wechſelſchiebers geſtaltet ſich ſehr kompliziert und iſt noch im Verſuchsſtadium [1], [2].

Literatur: [1[Middendorf, F. L., Die Steuereinrichtungen der Seeſchiffe, Jahrbuch der Schiffbautechn. Geſellſchaft, Berlin 1900. — [2] Hartig, J., Aus der Praxis für die Praxis, Bremerhaven 1903. — [3] Klamroth, G., Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. — [4] Dick, C., und Kretſchmer, O., Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1902. — [5] Mitteilungen aus dem Gebiet des Seeweſens, 1886.

T. Schwarz.

Dampfſtrahlapparate, ſ. Strahlapparate.

Dampfſtrahlfeuerſpritze, ſ. Feuerſchutz und Feuerrettungsweſen; vgl. a. Strahlapparate.

Dampfſtrahlluftverdichter, -luftverdünner, -pumpen, ſ. Strahlapparate.

Dampfſtrahlrührgebläſe, Vorrichtungen zum Miſchen von Flüſſigkeiten miteinander oder mit feſten Beſtandteilen. Die Wirkungsweiſe desſelben iſt die, daß mit Hilfe eines Dampfſtrahles Luft angeſaugt wird, die durch mit einer Anzahl von Löchern verſehene Verteilungsrohre von unten in die betreffende Flüſſigkeit eindringt. Die aufſteigende Luft ſetzt nun die Flüſſigkeitsmenge und darin etwa enthaltene feſte oder flüſſige Stoffe von anderm ſpezifiſchen Gewicht von unten her in kräftige Bewegung und bewirkt die Miſchung der Stoffe in ſo kurzer Friſt und ſo innig, wie dies mit Hilfe der ſchwerfälligen mechaniſchen Rührwerke vollkommen unmöglich iſt.

Die Vorteile der Rührgebläſe, insbeſondere gegenüber den mechaniſchen Rührwerken, laſſen ſich in folgendem zuſammenfaſſen: Sie ſind die einfachſten und billigſten Rührvorrichtungen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Es wird zwischen den lösenden und aufzulösenden Stoffen die innigste Mischung herbeigeführt. Sie haben keine sich bewegenden Teile und nutzen sich daher in keiner Weise ab. Sie können an jeder beliebigen Stelle aufgestellt werden und bedürfen zum Betriebe nur einer dünnen Dampfleitung. Sie erfordern keinerlei Wartung oder Aufsicht und werden einfach durch Oeffnen des Dampfventils in Betrieb gesetzt. Eine Regelung der Stärke der Rührbewegung geschieht durch mehr oder minder weites Oeffnen des Dampfventils. Der Betrieb ist ein höchst sparsamer, namentlich auch im Vergleich zu den Kosten des Rührens durch Arbeiter. Das auf dem Boden des Bottichs liegende Luftrohr erfordert nur sehr wenig Platz und erschwert die Reinigung des Bottichs in

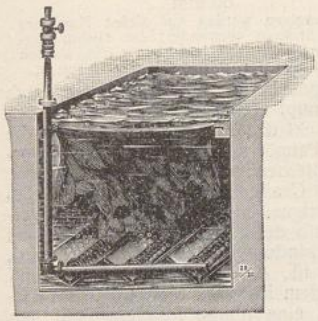


Fig. 4.

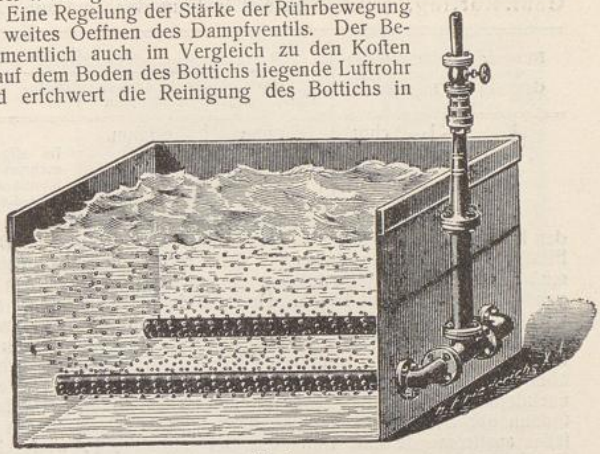


Fig. 1.

keiner Weise. — Die Rührgebläse haben wegen dieser großen Vorzüge vielseitige Verwendung gefunden, z. B. bei einer Reihe der besten Verfahren zur Beseitigung des Kesselsteins aus dem Speisewasser (de Haën, Bohlig, Hanarte, Möller, Eisenbüttel u. dergl.), ferner zum Auflösen von Rohrzucker, zum Mischen der Melasse mit Wasser in den Spritfabriken, zum Neutralisieren des Sirups (Abstumpfen), z. B. in Stärkezuckerfabriken, zum Aufrühren des Kalkes in den Aeschern (Seifenfabriken, Lohgerbereien), zum Auflösen von Chlor, China-clay und zum Rühren in den Stoffbütten in Papierfabriken u. dergl. In vielen Fällen, z. B. bei den obenbeschriebenen Wasserreinigungsverfahren, ist es erwünscht, Luft besonderer Beschaffenheit, wie kohlensäurehaltige Luft der Schornsteine oder aus Koksöfen, der zu rührenden Flüssigkeit zuzuführen; in diesen Fällen verwendet man Rührgebläse mit Mantel. Damit man hierbei in der Lage ist, unter Umständen auch einmal gewöhnliche Luft anzusaugen, ist ein Drehschieber angebracht, der nach Bedarf die Stutzen für die Gase oder für die Luft öffnet und schließt. Auf Wunsch kann das Gebläse auch gleichzeitig ein Gemisch von Gasen und Luft einsaugen.



Fig. 2.

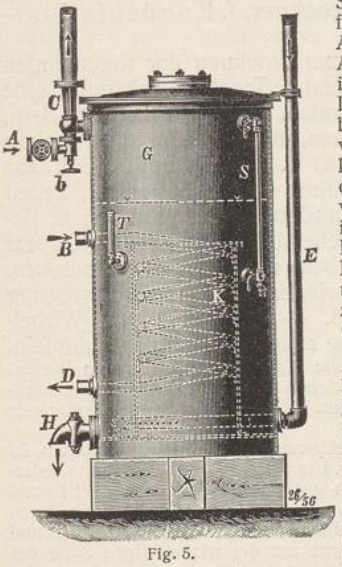


Fig. 5.

Das Gebläse (Fig. 1) muß so hoch angebracht sein, daß sich die Ansaugöffnungen zum mindesten 20 cm oberhalb des Flüssigkeitsstandes des Gefäßes befinden, um bei abgestelltem Gebläse ein Auslaufen der Flüssigkeit durch die Saugöffnungen zu verhindern. Die normalen Gebläse überwinden einen Gegendruck von ca. 3 m Wassersäule. Die Luftröhren werden am zweckmäßigsten mit 10 mm weiten, schräg nach unten gerichteten Löchern versehen (s. Fig. 2), deren Gesamtquerschnitt gleich dem doppelten Querschnitt der für die einzelnen Gebläse angegebenen Luftrohre ist. Um eine gleichmäßige Rührung zu erzielen, ist es notwendig, bei breiteren Gefäßen mehrere Rührrohrstränge nebeneinander zu legen. Als Regel kann man annehmen, daß bei 70 cm Breite des Gefäßes ein Rührrohr genügt, und daß bei größerer Breite auf je 50 cm Breite ein Rohr kommt. Bei solcher Gabelung der Rührrohre muß der Gesamtquerschnitt derselben mindestens gleich dem des Luftrohres sein. Mitunter ist der Einbau schräger Bretter, wie in Fig. 3 dargestellt, behufs besserer Aufrührung sich fest ablagernder Stoffe erwünscht. Bei runden Gefäßen können runde Rohranordnungen Verwendung finden. Die Aufstellung eines solchen Dampfstrahlrührgebläses zum Betriebe von Aeschern in Lohgerbereien ist in Fig. 4 dargestellt, die gleichfalls eine Ausführung der Firma Gebr. Körting, Aktiengesellschaft in Hannover, wiedergibt. Hierbei ist eine Anzahl von durchlöcherten Rohren am Boden eines Aeschers ver-

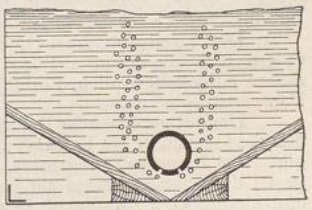


Fig. 3.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

legt und mit einem über der Grube aufgeſtellten Rührgebläſe in Verbindung — durch das letztere wird die Luft angeſaugt und durch die Rohre getrieben, ſo daß ein energiſches Aufrühren der Kalkmilch am Boden des Aeſchers erfolgt. Die Saugrohre der Apparate mit Mantel ſind ſo weit zu nehmen wie die Luftrohre. Die Dimenſionen einiger Ausführungen der Firma Gebr. Körting, Aktiengeſellſchaft in Hannover, ſind aus nachſtehender Tabelle zu erſehen.

Nummer des Gebläſes	Für Behälter von einem Inhalte von	Geringſte Weite		
		des Dampfrohres	der Luftröhren	der Rührröhren
1	1—2 cbm	25 mm	60 mm	50 mm
2	2—4 „	30 „	80 „	Im allgemeinen werden bei dieſen Nummern mehrere Stränge verwendet; der Geſamtquerſchnitt derſelben darf nicht kleiner ſein, als den für die Luftröhren nötigen Weiten entſpricht.
3	4—8 „	40 „	100 „	
4	8—16 „	50 „	120 „	

Eine indirekte Anwendung findet das Dampfſtrahlrührgebläſe dann, wenn zwar durch den Dampfſtrahlapparat das Saugen ſtattfinden ſoll, aber der Dampf nicht mit der aufzurührenden Flüſſigkeit in Berührung kommen darf. In dieſem Falle geſchieht das Aufrühren nur durch die einſtrömende Luft. Einen ſolchen Apparat zum Bleichen von Palmöl nach Ausführung der vorgenannten Firma zeigt Fig. 5. Derſelbe beſteht aus einem eiſernen, luftdicht verſchließbaren Gefäße, an deſſen oberem Teil ein Dampfſtrahlluftſaugapparat *C* angebracht iſt. In dem Gefäß befindet ſich eine kupferne Heizſchlange *K* ſowie ein ringförmiges, mit kleinen Löchern verſehenes Luftverteilungsrohr, welch letzteres mit einem außerhalb des Gefäßes angebrachten, bis über den Oelſtand hinausragenden Luftzuführungsrohr *E* in Verbindung ſteht. Das Palmöl wird, nachdem es in einem beliebig andern Gefäße flüſſig gemacht iſt, in das Gefäß gebracht und ſodann der Saugſtrahlapparat eingelaſſen. Die hierdurch aus dem Ringrohr am Boden des Gefäßes ausſtrömende Luft rührt das Oel lebhaft auf, wodurch eine innige Miſchung mit den Farbſtoffteilchen des Oeles und daher eine Oxydation derſelben durch den Sauerſtoff der Luft bewirkt wird. Vgl. a. die Kataloge von Gebr. Körting. *v. Ihering.*

Dampfſtraßenbahnen, ſ. Straßeneiſenbahnen.

Dampfſtraßenwalze, ſ. Straßenwalzen.

Dampftellerofen, ſ. Brikettieren.

Dampftopf (Kondenſationstopf), **Dampftrockner,** ſ. Kondenſationswaſſerableiter, Waſſerabſcheider.

Dampftrommel (Trockentrommel), die zum Trocknen der ſogenannten endloſen Papierbahn in mehreren Exemplaren verwendete Trockeneinrichtung, eine zylindriſche, im Innern mit Dampf gefüllte Metallwalze. S. Papierfabrikation.

Dampfturbinen, mit Dampf betriebene Turbinen, teilen die charakteriſtiſchen Merkmale der letzteren. Die hauptſächlichſten ſind: 1. Die motoriſche Subſtanz wird einem um eine Achſe drehbaren Körper zugeführt, der mit Schaufeln, Zellen oder Kanälen ausgerüſtet iſt, und übt, mit den Wandungen der letzteren in Berührung tretend, Drücke auf dieſelben aus, welche die Drehung des Körpers veranlaſſen und ihn befähigen, mechaniſche Arbeit nach außen abzugeben. 2. Dabei muß die motoriſche Subſtanz eine vorwiegend ſtrömende Bewegung längs dieſer Wandungen beſitzen, darf alſo z. B. — abgeſehen von Wirbelbewegungen — nicht eine Zeitlang in gewiſſem Sinne relativ zu ihnen in Ruhe ſein.

Das zweite Merkmal [1] unterſcheidet (bekanntlich) die Waſſerturbinen von den Waſſerrädern und könnte in analoger Weiſe als Unterſchied zwiſchen Dampfturbinen und Dampfrädern aufgeſtellt werden, nur daß der Ausdruck Dampfrad zum Teil unter den Begriff „rotierende Dampfmaſchine“ fällt.

Um mit vorſtehender Definition von vornherein eine beſtimmte Vorſtellung zu verbinden, ſei hier die ſogenannte De Laval-Turbine angeführt, wie ſie Fig. 1 in perſpektiviſcher Anſicht wiedergibt. Vier Dampfzuleitungsrohre, Dampfdüſen genannt, leiten unter einem ſpitzen Winkel Dampf gegen die Schaufeln eines auf einer Welle befeſtigten Rades. Der Dampf, der mit hohem Druck und kleiner Geſchwindigkeit in die Düſen eintritt und dieſelben mit hoher Geſchwindigkeit und niedrigem Drucke verläßt, durchſtrömt die Schaufeln und tritt auf der rückwärtigen Seite des Rades aus. Sein Druck auf die konkave Seite der Schaufeln veranlaßt die Umdrehung des Rades, das, einen Widerſtand überwindend, mechaniſche Arbeit leiſtet.

Einleitung.

Bis Ende des vorigen Jahrhunderts iſt die Energie des Waſſerdampfes im weſentlichen nur in der Kolbendampfmaſchine nutzreich verwertet worden, bei der bekanntlich die Expanſivkraft des Dampfes die Bewegung eines hin und her gehenden Kolbens bewirkt. Zum Unterſchiede von der Dampfmaſchine nutzt die Dampfturbine die Expanſivkraft des Dampfes, alſo ſeine potentielle oder Druckenergie, nicht unmittelbar aus, ſondern es wird letztere in kinetiſche Energie verwandelt, die direkt vom rotierenden Turbinenrade in mechaniſche Arbeit umgeſetzt wird. Es bedeutet dies einen prinzipiellen Vorzug der Dampfturbinen vor den Kolbendampfmaſchinen, da bei letzteren die hin und her gehende Bewegung des Kolbens erſt durch das Kurbelgetriebe in eine Drehbewegung verwandelt werden muß. Daß die durch die Bewegung des Kolbens verurſachten Stöße und Erſchütterungen in Wegfall kommen, ſo daß Fundament

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und Unterbau leichter gehalten werden können, daß ferner das bei der Dampfmaſchine in der Regel erforderliche ſchwere Schwungrad entbehrlich wird, indem auch Totpunkte nicht mehr exiſtieren, ſind weitere unmittelbar ſich ergebende prinzipielle Vorteile der Dampfturbinen. Ihre Entwicklung und praktiſche Durchbildung fällt im weſentlichen in den Zeitraum der letzten 20 Jahre; 1884 wurde die erſte Parſonsſche 10-PS.-Dampfturbine für 18000 Touren pro Minute gebaut. Oft verlegt man den Beginn wohl auch auf das Jahr 1893, in dem die De Laval-Turbine auf der Chicagoer Weltausſtellung zum erſten Male an die Oeffentlichkeit trat. Daß die Dampfturbinen, die bis 1904 ſchon in einer Geſamtleiſtung von rund 1½ Millionen PS. — eine Zahl, die in ſtetigem Wachſen begriffen iſt — zur Ausführung gelangt ſind, ſo ſpät erſt lebensfähig wurden, liegt an den großen praktiſchen Schwierigkeiten, denen der Bau derſelben begegnete, an den hohen Tourenzahlen, auf die man bei der Ausführung kam und für die man vor Einführung der Elektrotechnik keine Verwendung hatte, und an der Unkenntnis der Strömungserſcheinungen des Waſſerdampfes. Die Idee an ſich, die Strömungsenergie des Waſſerdampfes direkt in einem rotierenden Dampfmotor auszunutzen, iſt uralt. Schon Heron von Alexandria (um 120 v. Chr.) konſtruierte eine kleine Dampfturbine (Aëlopile), die aus einem um zwei diametrale Zapfen drehbaren, dampferfüllten Gefäße beſtand, wobei ein Zapfen hohl war und als Dampfzuleitung diente. Der Dampf ſtrömte durch zwei tangential geſtellte, einander gegenüberliegende Röhrchen aus, dabei auf das Gefäß eine Rückwirkung ausübend, die dasſelbe in Umdrehung verſetzte. Von andern Vorläufern der Dampfturbine iſt die Maſchine des Italieners Branca vom Jahre 1629 zu erwähnen, die der De Laval-Turbine ähnlich war. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts begannen einzelne Ideen aufzutauchen, die zum Teil ſchon überraſchende Aehnlichkeit mit unſern heutigen Dampfturbinen aufweiſen. Die Namen Pilbrow 1843, Robert Wilſon 1848, Tournaire 1853 und weiter Thomas Baldwin 1873 und A. Müller 1877 mögen hier genügen. Näheres findet ſich in den ausführlichen Werken von Sosnowski [2] und Gentſch [25].

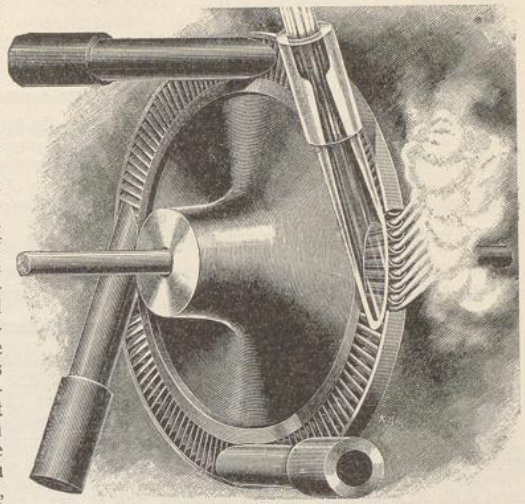


Fig. 1.

Einteilung der Dampfturbinen.

Man kann die Dampfturbinen nach den gleichen Geſichtspunkten wie die Waſſerturbinen einteilen. Eine naheliegende Unterſcheidung iſt diejenige von Axial- und Radialturbinen. Betrachtet man die Bewegung des Dampfes relativ zum rotierenden Rade, ſo ſteht bei Axialturbinen die Relativgeſchwindigkeit eines Dampfteilchens ſenkrecht auf dem von letzterem auf die Drehachſe gefällten Lote, während ſie bei Radialturbinen ſenkrecht zur Drehachſe gerichtet iſt. Bei den ſogenannten gemiſchten oder Diagonalturbinen würde keines von beiden der Fall ſein. Dieſe Unterſcheidung iſt jedoch inſofern für Dampfturbinen von untergeordneter Bedeutung, als der axiale Typ der bei weitem vorherrſchende und faſt ausſchließlich gebaute iſt. Ferner teilt man die Turbinen auch ein in voll und partiell beaufſchlagte, je nachdem ſich die Dampfzuführung gleichzeitig über alle Laufradkanäle oder nur über einen Teil derſelben erſtreckt. Die wichtigſte Einteilung, die ſich mit der vorigen zum Teil deckt, iſt jedoch diejenige in Druck- und Ueberdruckturbinen. Hat der Dampf beim Austritte aus dem Laufrade noch denſelben Druck wie beim Eintritte, ſo daß er im Laufrade im weſentlichen nur eine Aenderung ſeiner abſoluten Geſchwindigkeit, nicht aber ſeines Zuſtandes erleidet, ſo hat man es mit einer Druckturbine zu tun, iſt der Druck an der Eintrittsſtelle größer, ſo daß der Dampf während ſeines Durchganges durch das Laufrad expandiert, ſo liegt eine Ueberdruckturbine vor. Letzteres kann natürlich nur dann der Fall ſein, wenn der Dampf die Kanäle bezw. Schaufelzwiſchenräume voll ausfüllt; inſofern würde ſich die bei Waſſerturbinen in dieſem Sinne z. B. von Zeuner gebrauchte, ſehr treffende Bezeichnung Vollturbine rechtfertigen. Da man indeſſen auch bei den Druckturbinen meiſt ein vollſtändiges Ausfüllen der Kanäle durch den Dampf hat, ſo würde für dieſe die mit Rückſicht auf eine partielle Füllung der Schaufelzwiſchenräume gewählte Bezeichnung Partialturbine abweichend von den Waſſerturbinen nicht am Platze ſein, und man hätte auf den vorliegenden Fall mit größerem Rechte den Ausdruck Grenzturbinen [1] zu übertragen. Statt der Bezeichnungen Druck- und Ueberdruckturbine werden auch vielfach die Benennungen Aktions- und Reaktions-, Freiſtrahl- und Preßſtrahl-, Druck- und Gegendruck-, Freilauf- und Stauturbinen gebraucht, die jedoch im nachſtehenden vermieden werden ſollen.

Die De Laval-Turbine.

Als einfachſte Druckturbine iſt die des Schweden De Laval zu nennen, bei der ein mit hoher Geſchwindigkeit begabter Dampfſtrahl gegen die Schaufeln eines Rades geleitet wird. Zwei Hauptſchwierigkeiten waren es, die De Laval bei Konſtruktion ſeiner Turbine zu überwinden hatte: dem Dampfe die größtmögliche Geſchwindigkeit zu erteilen, und die Umfangs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

geſchwindigkeit eines Laufrades dieſer Geſchwindigkeit ſo anzupaſſen, daß letztere rationell ausgenutzt werden kann.

Der Dampfaustritt. Die größtmögliche Geſchwindigkeit erreichte De Laval, indem er den Dampf durch Düſen ſtrömen ließ, die ſich nach einer engſten Stelle zuſammenziehen, dann aber allmählich wieder erweitern. Die ſtrenge theoretiſche Begründung der Richtigkeit dieſes Mittels wird unten im thermodynamiſchen Teile gegeben werden. Hier möge folgendes genügen: Läßt man Dampf durch ein Rohr mit veränderlichem Querſchnitte ſtrömen und bezeichnet an einer beſtimmten Stelle des Rohres F den Rohrquerſchnitt, v das ſpezifiſche Volumen des Dampfes und w die Geſchwindigkeit desſelben, ſo iſt das pro Sekunde den Querſchnitt durchſtrömende Dampfgewicht $G = \frac{F \cdot w}{v}$. Im Beharrungszuſtande iſt dieſe Größe für alle Stellen des Rohres dieſelbe, d. h. durch alle Querſchnitte ſtrömt in der Zeiteinheit die gleiche Gewichtsmenge Dampf. Iſt nun der Anfangszuſtand des Dampfes gegeben und ſeine Geſchwindigkeit Null, ſo führt er beim Durchſtrömen des Rohres annähernd eine adiabatiſche Zuſtandsänderung aus, wobei der Druck allmählich abnimmt. Jedem Zwiſchendrucke entſpricht dabei ein beſtimmtes ſpezifiſches Volumen und eine beſtimmte Geſchwindigkeit, wobei die beiden letzteren um ſo mehr zunehmen, je mehr erſterer ſinkt. Das Verhältnis $\frac{w}{v}$ zeigt nun das bemerkenswerte Verhalten, daß es, gleichviel von welchem Anfangszuſtande man ausgeht, zuerſt zunimmt bis zu einem Maximalwerte, der etwa bei einem Drucke gleich der Hälfte des Anfangsdruckes eintritt und dann wieder fällt. Da $F \cdot \frac{w}{v}$ eine Konſtante iſt, muß F ſich umgekehrt verhalten, d. h. zuerſt bis zu einem Minimum ab- und dann zunehmen. Nur wenn dies der Fall iſt, iſt es möglich, daß die Expanſion des Dampfes bis auf den Gegendruck, d. h. den Druck des das Rad umgebenden Mediums, getrieben wird; letzteres iſt aber zur Erlangung der größtmöglichen Geſchwindigkeit unerläßlich, denn die Endgeſchwindigkeit wird um ſo größer, je niedriger bei gleichem Anfangszuſtande der Druck im Endquerſchnitte iſt. Bei einer anfänglichen Dampfſpannung von 10 Atmoſphären trocken geſättigten Dampfes und einem Gegendrucke von 0,1 Atmoſphären beträgt z. B. die maximale theoretiſche Ausflußgeſchwindigkeit über 1000 m/sec, und daß dieſe enorme Geſchwindigkeit ſich in der Lavalſchen Düſe auch annähernd erreichen läßt, iſt durch zahlreiche Verſuche an Düſen und ausgeführten Turbinen wiederholt, wenn auch nur indirekt, nachgewieſen worden. Benutzt man dagegen eine gewöhnliche, nicht koniſch erweiterte Düſe, ſo nimmt die Ausflußgeſchwindigkeit nur etwa den Betrag von 450 m/sec, alſo noch nicht halb ſo viel an, und die Expanſion erfolgt innerhalb der Düſe nur bis etwa auf die Hälfte des Innendruckes. Da aber die kinetiſche Energie eines bewegten Körpers durch das Produkt $\frac{G}{g}\frac{w^2}{2}$ dargeſtellt wird (G Gewicht, g Erdbeſchleunigung, w Geſchwindigkeit), ſo würde man in letzterem Falle nur ein Viertel der erreichbaren kinetiſchen Energie erhalten, alſo drei Viertel verloren geben, ſomit eine rationelle Dampfausnutzung von vornherein ausſchließen, ſofern nicht eine außerhalb der Düſe erfolgende weitergehende Expanſion vorſtehende Verhältniſſe noch etwas zugunſten der konvergenten Düſe abändern würde. Dividiert man den Ausdruck für die kinetiſche Energie eines bewegten Körpers durch das Gewicht G desſelben, ſo ſtellt $\frac{w^2}{2g}$ die kinetiſche Energie der Gewichtseinheit dar. Dieſelbe beſitzt zugleich die Bedeutung einer Länge oder einer Höhe; denn ſie gibt diejenige Höhe an, aus der ein Körper frei herabfallen muß, um die Geſchwindigkeit w anzunehmen. Für dieſe Länge hat ſich daher die Bezeichnung Geſchwindigkeitshöhe oder Gefälle eingebürgert. Iſt c_1 die maximale Geſchwindigkeit, die zu Beginn ruhender Dampf von einem gewiſſen Anfangszuſtande bei einem beſtimmten Gegendruck und Abweſenheit aller Widerſtände erreichen kann, ſo heißt $\frac{c_1^2}{2g}$ das disponible oder gegebene Gefälle; dasſelbe wird gemeſſen entweder in Metern oder, da $1\text{ m} = \frac{1\text{ mkg}}{\text{kg}} = \frac{1\text{ cal}}{424\text{ kg}}$ iſt, in Calorien/Kilogramm. Die Berechnung desſelben iſt eine Aufgabe der Thermodynamik und bietet an Hand der ſpäter zu beſprechenden Diagramme keinerlei Schwierigkeiten.

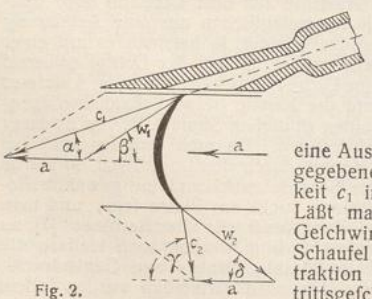


Fig. 2.

Das Laufrad. Durch eine nach dem Ende zu koniſch erweiterte Düſe iſt es alſo De Laval gelungen, eine Austrittsgeſchwindigkeit zu erzielen, wie ſie annähernd dem gegebenen Gefälle entſpricht. Es galt nun, dieſe Geſchwindigkeit c_1 in einem Laufrade möglichſt vollkommen auszunutzen. Läßt man zu dieſem Zwecke den Dampf gegen eine mit der Geſchwindigkeit a geradlinig und gleichförmig fortſchreitende Schaufel (Fig. 2) wirken, ſo erhält man durch geometriſche Subtraktion der Umfangsgeſchwindigkeit a von c_1 die relative Eintrittsgeſchwindigkeit w_1, die mit der Richtung der Schaufel übereinſtimmen muß, da ſonſt ein Stoß des Dampfes gegen die Schaufel beim Eintritte ſtattfindet, der einen Energieverluſt bedeutet. Die Schaufel lenkt nun die relative Eintrittsgeſchwindigkeit w_1 um und führt ſie in die relative Austrittsgeſchwindigkeit w_2 über, zu der wir a geometriſch addieren müſſen, um die abſolute Austrittsgeſchwindigkeit c_2 zu erhalten. Erfolgt die Strömung reibungsfrei, ſo iſt $w_2 = w_1$, wie ja ein Körper, der

gezwungen ist, sich auf einer gegebenen Kurve zu bewegen, nur eine Aenderung der Richtung, nicht aber der Größe seiner Geschwindigkeit erfährt, vorausgesetzt, daß außer dem Bahndrucke irgendwelche Kraft, insbesondere Reibung, nicht auf ihn einwirkt. Ein solcher Körper liegt hier annähernd vor, nur daß der Vorgang in einem gleichförmig fortschreitenden Raume stattfindet und infolgedessen die Relativgeschwindigkeiten zu nehmen sind. Die an das Laufrad abgegebene nützliche Arbeit ergibt sich als Differenz der kinetischen Energien des eintretenden und austretenden Dampfes zu $\frac{c_1^2}{2g} - \frac{c_2^2}{2g}$ pro Kilogramm, ist also bei gegebenem c_1 um so größer, je kleiner c_2 ist. Im idealen Grenzfalle $c_2 = 0$ müßte w_2 gleich und entgegengesetzt gerichtet mit a, $w_1 = w_2 = a$ sein. Nennt man den Winkel, den c_1 mit a bildet, α, so würde $a \cos \alpha = \frac{c_1}{2}$ und $a = \frac{c_1}{2 \cos \alpha}$ werden. a erreicht seinen kleinsten Wert, wenn $\alpha = 0$ wird, in welchem Falle es der Hälfte der absoluten Eintrittsgeschwindigkeit c_1 gleich wird. Bei einer reinen Druckturbine kann daher das Maximum der Arbeit im Grenzfalle erst bei einer Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades erzielt werden, die der Hälfte der Endgeschwindigkeit des Dampfes in der Zuleitungsdüse gleichkommt. Diese kann aber, wie schon erwähnt, bei der Lavalschen Düse unter normalen Betriebsverhältnissen über 1000 m/sec betragen; um sie richtig auszunutzen, hätte daher das Laufrad eine Umfangsgeschwindigkeit von ca. 500 m/sec nötig. Liegt nun auch die günstigste Geschwindigkeit praktisch dank dem Umstande nicht ganz so hoch, daß ein Laufrad um so mehr Arbeit zu seiner Bewegung aufzehrt, je schneller es sich dreht, indem der Ventilationswiderstand des umgebenden Mediums mit der dritten Potenz der Tourenzahl [3], [3a], [4], [5] wächst, so ist doch zu einer rationellen Arbeitsweise in der Regel eine Umfangsgeschwindigkeit von ca. 300 m/sec erforderlich, die denn auch bei größeren Leistungen von der Laval-Turbine erreicht und sogar überschritten wird. Was eine solche Umfangsgeschwindigkeit besagen will, erkennt man, wenn man vergleichsweise die entsprechenden Zugspannungen eines als volle zylindrische Scheibe von gleicher Stärke ausgebildeten Rades ermittelt. Ist a die Umfangsgeschwindigkeit, γ das spezifische Gewicht, g die Erdbeschleunigung, so stellt $\frac{3}{4} \frac{\gamma}{g} a^2$ angenähert die Beanspruchung durch die Fliehkraft dar [6]. Bei Flußeisen ergibt sich danach für $a = 300$ m/sec eine Zugspannung von 5400 kg/qcm, also ein für gewöhnliche Baustoffe unzulässig hoher Betrag. Diese Schwierigkeit zu hoher Beanspruchung durch die Fliehkraft überwand De Laval, indem er seinem Laufrade bei Verwendung vorzüglichen Materials angenähert die Form einer Scheibe gleicher Festigkeit gab, d. h. dasselbe nach dem Rande zu in gesetzmäßiger Weise verjüngte. Fig. 3 veranschaulicht eine Ausführungsform des Laufrades einer 200-PS.-Turbine. Dasselbe wird aus zähem Stahl hergestellt und trägt zwei Verstärkungsringe r_1 und r_2, an welche die mit Flanschen versehenen Wellenstumpfe angeschraubt sind. Diese Befestigungsart vermeidet eine bei durchgehender Welle erforderliche Bohrung, welche die Beanspruchung der Scheibe ungünstig beeinflussen würde, und wird namentlich bei größeren Maschinen angewandt. Bei kleineren Turbinen werden durchgehende Wellen der einfacheren Herstellung wegen meist vorgezogen. Die Schaufeln sind aus Fig. 4 und 5 ersichtlich, von denen erstere Seiten- und Rückansicht mit eingezeichnetem Wandungsprofil, letztere eine perspektivische Ansicht darstellt. Sie tragen am Fuße eine Verdickung, die in eine entsprechende Nut des Laufrades gefügt und leicht verstemmt wird. Diese Befestigungsart hat den Vorzug der Einfachheit und Auswechselbarkeit für sich. Für den Fall, daß die normale Tourenzahl einmal im Betriebe wesentlich überschritten wird, sollen die Schaufeln infolge am Umfange geschwächten Kranzquerschnittes losreißen und abfliegen, wodurch das Rad von selbst zum Stillstande kommen und weiterer Schaden verhindert werden soll. Dadurch will man unter allen Umständen einer Explosion der Scheibe, die ja von verheerender Wirkung sein würde, vorbeugen. Die Schaufeln werden aus Flußstahl durch Pressen und Fräsen auf Kaliber hergestellt. Sie sind symmetrisch und am äußeren Ende mit Ansätzen versehen, die nach Einsetzen der Schaufeln in das Rad einen geschlossenen Kranz bilden. Dadurch wird der durch sie verursachte Ventilationswiderstand beträchtlich verringert. Die Herstellung kleinerer Turbinenräder erfolgt auch, indem

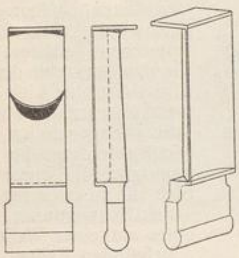


Fig. 4. Fig. 5.

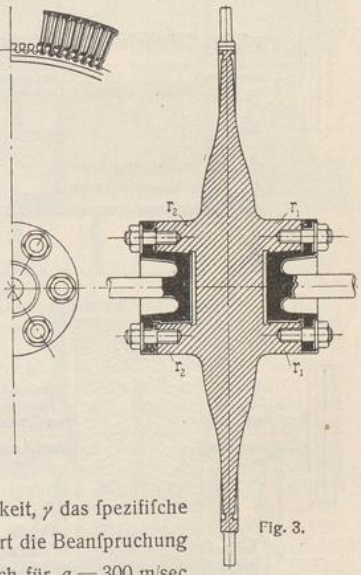


Fig. 3.

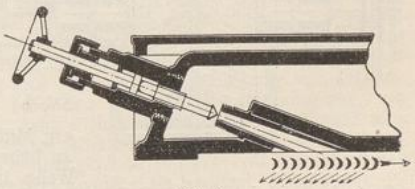


Fig. 6.

in eine maſſive Stahlſcheibe von außen Kanäle eingefräſt werden, über die ein Schrumpfring gezogen wird.

Düſe Die Konſtruktion der Dampfzuleitungsdüſe iſt aus Fig. 6 erſichtlich. Die Düſe, die unter einem Winkel von ungefähr 20° gegen die Radebene geſtellt iſt, beſteht aus Bronze oder Stahl und iſt in das Turbinengehäuſe metalliſch dichtend eingeſetzt. Ihr Eintrittsquerſchnitt kann durch eine am Ende kegelig geſtaltete Spindel, die durch ein Handrad verſtellbar iſt, beliebig verändert werden, wodurch die Durchflußmenge des Dampfes von Hand geregelt werden kann.

Welle. Beſonders charakteriſtiſch für die Laval-Turbine iſt vor allem noch die dünne, federnde Welle, die das Laufrad trägt. Dieſelbe ermöglicht es allein, die hohen Tourenzahlen von 9000—30000 pro Minute zu erzielen, welche die Laval-Turbine auszeichnen, und die bei kleiner Radgröße die im obigen als notwendig nachgewieſenen Umfangsgeſchwindigkeiten zu erreichen geſtatten. Vor dem Auftreten der Laval-Turbine hielt man Tourenzahlen wie die obengenannten ſchlechterdings für unmöglich. Es iſt praktiſch nie zu erreichen, den Schwerpunkt eines auf einer Welle befeſtigten Rades genau in die geometriſche Rotationsachſe zu verlegen; welch gewaltige Fliehkräfte aber ſchon durch die geringſte Exzentrizität entſtehen müſſen, zeigt das einfache Beiſpiel, daß 1 kg bei der Exzentrizität von 1 mm eine Fliehkraft hervorruft, die bei 30000 Touren pro Minute den Betrag von 1000 kg erreicht. Einer ſolchen Beanſpruchung hält aber keine Welle ſtand. Der glückliche Griff De Lavals beſtand nun darin, daß er, ſtatt die Welle ſtark zu nehmen, um, wie man meinen könnte, in der Widerſtandskraft derſelben gegen Durchbiegung ein Mittel zur Aufhebung der auftretenden Zentrifugalkräfte zu haben, welches Mittel ja bald verſagt haben würde, die Welle im Gegenteil auffallend ſchwach und lang dimenſionierte, wodurch er das Problem glänzend löſte. Ein auf einer biegſamen Welle mit geringer Schwerpunktsexzentrizität befeſtigter Körper, in Umdrehung verſetzt, führt nämlich eine Bewegung aus, die ſehr weſentlich von der Elaſtizität der Welle, alſo ihrer Schwingungsdauer abhängt [7], [8]. Iſt die Zeit einer Umdrehung weſentlich größer als die Dauer einer Geſamtſchwingung der nicht rotierenden Welle, welcher Fall im Maſchinenbau im allgemeinen ſtets vorliegt, ſo iſt eine Gefahr der Zerſtörung durch die Fliehkräfte nicht vorhanden; iſt ſie annähernd gleich, in welchem Falle man von der kritiſchen Tourenzahl ſpricht, ſo liegt die Gefahr der Zerſtörung vor; iſt ſie aber weſentlich kleiner, ſo ſtellt ſich der rotierende Körper von ſelber ſo ein, daß ſeine Hauptträgheitsachſe mit der Rotationsachſe zuſammenfällt, und die Bewegung wird um ſo ruhiger, je weiter man ſich von der kritiſchen Tourenzahl entfernt. Eine lange federnde Welle von geringer Dicke hat nun eine verhältnismäßig große Schwingungsdauer; daher befindet man ſich bei den genannten Umdrehungszahlen weit über der kritiſchen, und eine Zerſtörung der Welle durch Fliehkraftwirkung iſt als ausgeſchloſſen zu betrachten. Die Beanſpruchung der Lager wird auf dieſe Weiſe auch zu einer außerordentlich günſtigen, da dieſelben nur das Gewicht von Welle und Rad aufzunehmen haben.

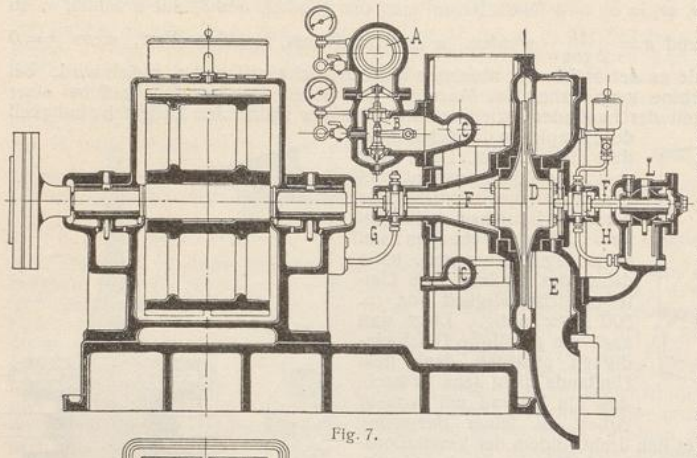


Fig. 7.

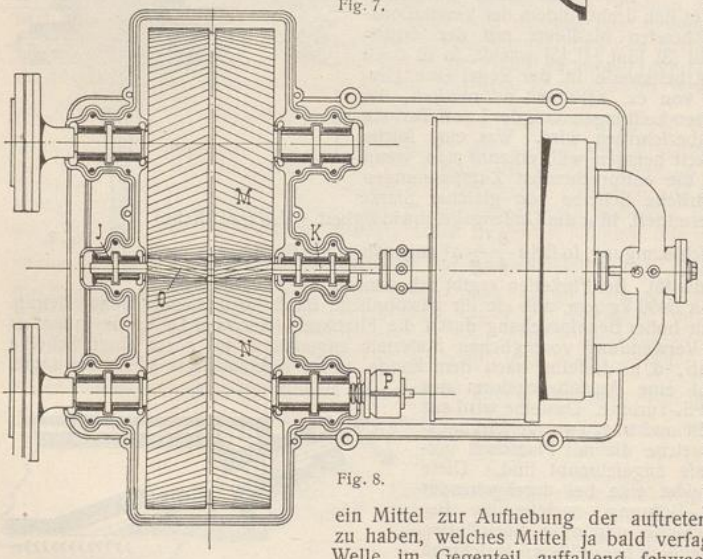


Fig. 8.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vorgelege. Natürlich sind die genannten Tourenzahlen von 9000—30000 pro Minute noch viel zu hoch, um direkt benutzt werden zu können, weshalb sie erst durch ein Zahnradgetriebe im Verhältnis 1 : 10 bis 1 : 13 ins Langsame übersetzt werden müssen. De Laval verwendet durchgehends Winkelräder mit geringer Zahnhöhe und großer Zahnbreite, die einen axialen Schub selbsttätig aufheben. Dieselben haben sich dank vorzüglicher Ausführung auch im allgemeinen in bezug auf Betriebssicherheit und Abnutzung bestens bewährt, doch bilden sie das Hindernis, das die Laval-Turbine bis jetzt vom Großbetriebe ausgeschlossen hat. Letztere findet sich daher auch nur bis zu Leistungen von ca. 300 PS. ausgeführt.

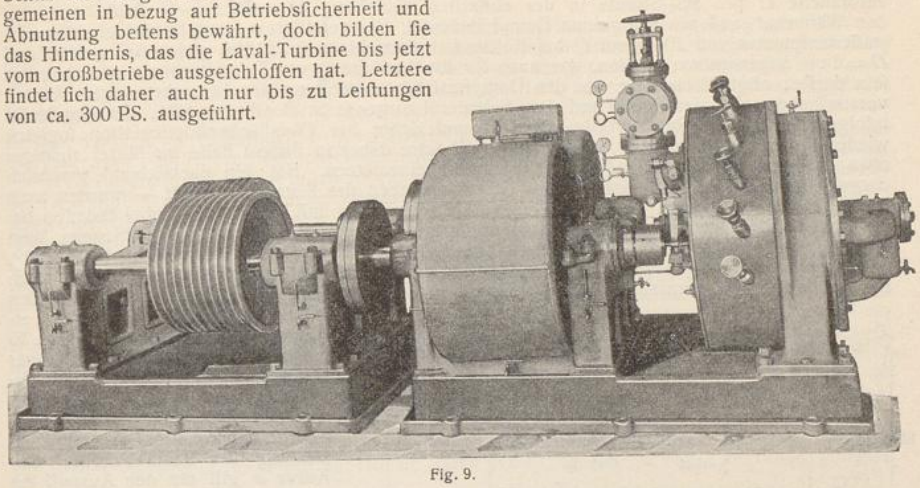


Fig. 9.

Gesamtanordnung. Nachdem im obigen die charakteristischen Bestandteile der Laval-Turbine gekennzeichnet wurden, wird nun die Gesamtanordnung Fig. 7, 8 und 9 einer 300-PS.-Turbine entsprechend der Ausführung der Maschinenbauanstalt Humboldt, Kalk bei Köln, ohne weiteres verständlich sein. Fig. 7 stellt einen Längsschnitt dar. Der Dampf, der durch das Dampfzuleitungsrohr *A* zugeführt und durch ein Dampfreinigungssieb geklärt wird, tritt durch das doppelsitzige, von einem Regulator beherrschte Einlaßventil *B* in den ringförmigen Sammelraum *C* ein, von dem er durch die obenbeschriebenen charakteristischen Düsen dem Laufrade *D* zugeführt wird. Nach Durchströmen des letzteren wird er durch die Kammer *E*, in der die Spannung des Kondensators herrscht, nach letzterem abgeführt. Das Laufrad *D* sitzt auf der langen, federnden Welle *F*, die, durch zwei bewegliche Stopfbüchsen *G* und *H* hindurchgehend, in den drei Lagern *J*, *K*, *L* geführt ist, von denen die beiden ersteren, wie aus dem Grundriß Fig. 8 ersichtlich, gewöhnliche, feste Ringschmierlager sind, während das letztere (Fig. 7) zugleich mit Kugelschalen ausgerüstet ist, um die Selbsteinstellung der Welle zu ermöglichen. Das Zahnrädergetriebe ist aus Fig. 8 am besten zu erkennen, wie es nach abgenommener oberer Verschalungshälfte offen zutage liegt. Wie ersichtlich, sind zu beiden Seiten des auf der Turbinenwelle sitzenden Ritzels *O* zwei Vorgelege *M N* vorhanden, entsprechend dem Antriebe zweier gleichsinnig rotierender paralleler Ankerwellen einer Zwillingsdynamo oder zweier Seilscheiben. Auf der Welle des Zahnrades *N* sitzt der Regulator *P*, der, meist fälschlich als Achsenregulator bezeichnet, als einfacher Pendelregulator ausgebildet ist, dessen äußerlich als Rotationskörper gestaltete Pendel um Schneiden drehbar sind und in einer durch die Drehachse gehenden Ebene ausschlagen können, welche Bewegung in der auch sonst bei Dampfmaschinen üblichen Weise mittels axial verschieblicher Muffe und Winkelhebel auf das Dampfeinlaßventil übertragen wird, wodurch der Dampf eine größere oder geringere Drosselung erfährt. Die dadurch erzielte Regulierung hat in bezug auf Gleichförmigkeit völlig befriedigende Resultate ergeben, als maximale Tourenschwankung zwischen Vollbelastung und Leerlauf wird der Betrag von 4% angegeben. Neuere Ausführungen weisen noch eine besondere Sicherheitsvorrichtung auf, um ein Durchgehen der Turbine, wie solches bei nicht ganz dicht schließendem Einlaßventil eintreten könnte, zu verhindern. Dieselbe besteht in einem Abschlusse des Abdampfrohres durch eine Drosselklappe, wodurch sich der Dampf im Turbinengehäuse anstaut und infolge seiner größeren Dichte den Lauf des Rades sowie die Zuflußgeschwindigkeit wirksam verlangsamt.

Die äußere Ansicht der in Fig. 7 und 8 veranschaulichten 300-PS.-Turbine gibt Fig. 9. Die Kraftabnahme erfolgt durch zwei Seilscheiben. Die Gewichte der kompletten Turbinen sind nach Angabe der Maschinenbau-Aktiengesellschaft Humboldt in Kalk bei Köln:

Effektive Leistung in PS.	1½	3	5	10	15	20	30	50	75	100	150	225	300
Gewichte in Kilogramm	90	110	210	350	390	750	850	2300	3300	4750	4950	6000	10000

Wesentlich für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Dampfturbine ist ihr Dampfverbrauch bezogen auf die PSe-Stunde. Er bildet auch ein angenähertes Maß für die Oekonomie derselben, solange trocken gesättigter und nicht überhitzter Dampf zur Verwendung gelangt. Da ein Motor mit sehr verschiedenen Dampfverbrauchszahlen arbeiten kann, je nachdem bei ein und demselben Anfangszustande des Dampfes Auspuff oder Kondensation vorliegt, und je nachdem in letzterem Falle besseres oder schlechteres Vakuum vorhanden ist, ist es daneben noch sehr wünschenswert, die von 1 kg Dampf geleistete effektive Arbeit zu der disponibeln Arbeit, d. h. dem gegebenen Gefälle, ins Verhältnis zu setzen, und den „indizierten" Wirkungs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

grad anzugeben. Das Verhältnis des gegebenen Gefälles zu demjenigen Wärmeaufwande, der zur Erzeugung des Eintrittsdampfes pro Kilogramm erforderlich ist, bezeichnet man nach Mollier [9] als den thermischen Wirkungsgrad der verlustfreien Maschine. Das Produkt aus letzterem und dem indizierten Wirkungsgrade gibt den sogenannten thermischen Wirkungsgrad ηt der wirklichen Maschine an, der bei anfänglich gesättigtem Dampfe zu dem Dampfverbrauche D pro PS$_e$-Stunde in der einfachen Beziehung $D = 637 : \eta t \cdot Q$ steht, worin Q den Wärmeaufwand pro Kilogramm Dampf bedeutet. Bei gesättigtem Dampfe und einer Speisewassertemperatur von 20° kann Q bei Kolbendampfmaschinen im Mittel gleich 637 gesetzt und $D = 1 : \eta t$ angenommen werden, was auch für die Beurteilung von Dampfturbinen gerechtfertigt sein dürfte, obgleich letztere vor den Dampfmaschinen meistens den bemerkenswerten Vorteil voraus haben, daß der Dampf mit dem Schmieröl nirgends in Berührung tritt, das Kondensat infolgedessen in der Regel völlig ölfrei ist und daher bei Oberflächenkondensation sogleich wieder in den Kessel gespeist werden kann. Q wäre daher in diesem Falle im Mittel richtiger etwa mit dem Betrage 600 oder noch niedriger einzusetzen. Bei den nachstehend graphisch dargestellten Dampfverbrauchszahlen — Garantieangaben der Firma Humboldt — wurden auch Maßstäbe des indizierten und thermischen Wirkungsgrades mit beigefügt, wobei indessen bei Berechnung der letzteren als Speisewassertemperatur noch der einmal vorgeschlagene Wert von 20° beibehalten worden ist. Der geringe Nachteil, der sich hieraus für die Turbine ergibt, wird wieder aufgewogen durch den Umstand, daß die Kondensation getrennt angetrieben wird. Bei Antrieb der Kondensation durch die Turbine selbst würden sich die Dampfverbrauchszahlen ohnehin um ca. 6 % im Mittel erhöhen. Die drei Kurven in Fig. 10 gelten für den Fall, daß gesättigter Dampf von 10 Atmosphären absolutem Druck vorliegt, und stellen den Dampfverbrauch pro PS$_e$-Stunde als Funktion der normalen Leistung der Laval-Turbine dar. Kurve *a* gilt für den Auspuff ins Freie, *b* und *c* für Kondensation, und zwar *b* für ein Vakuum von 64 cm Queckfilberfäule = 0,16 Atmosphären, *c* für ein solches von 70 cm Queckfilberfäule = 0,08 Atmosphären. Während die Kurven *b* und *c* das durchaus normale Verhalten zeigen, daß der Dampfverbrauch mit wachsender Maschinengröße abnimmt — bei Kurve *c* bis 7,25 kg PS$_e$-Stunde — steigt bei Kurve *a* der Dampfverbrauch etwa von 200 PS. ab nicht unerheblich mit zunehmender Normalleistung. Der indizierte Wirkungsgrad erreicht seinen Höchstwert mit $\eta i = 0{,}51$ bei 300-PS.-Leistung im Falle *c*, der thermische Wirkungsgrad entsprechend mit $\eta t = 0{,}14$. Zum Vergleiche mit der Dampfmaschine, bei der es bekanntlich üblich ist, alle Werte auf die indizierte Leistung zu beziehen, sind die Dampfverbrauchszahlen mit dem mechanischen Wirkungsgrade, der je nach Maschinengröße zwischen 0,77 und 0,87 liegt, zu multiplizieren, die Wirkungsgrade ηi und ηt entsprechend zu dividieren. Man erkennt dann, daß die Lavalsche Dampfturbine bei Kondensation dem Dampfverbrauche nach etwa einer mittelguten Kolbendampfmaschine entspricht, bei Auspuff hingegen etwas ungünstiger arbeitet. Die Aenderung des Dampfverbrauches ein und derselben Maschine, die bei annähernd konstanter Tourenzahl mit verschiedenen Belastungen laufen muß, ist als günstig zu bezeichnen. Er steigt bei $^3/_4$ Belastung um ca. 4 %, bei $^1/_2$ Belastung um 12 %, bei $^1/_4$ Belastung um 25 %, und nimmt bei Ueberlastung noch um ca. 4 % ab.

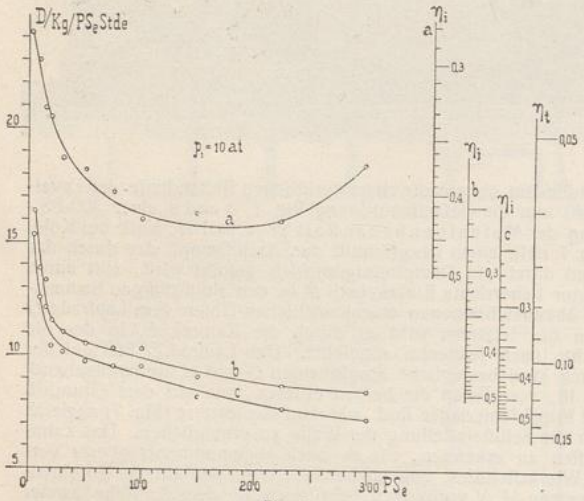


Fig. 10.

Als entschiedene Vorzüge der Laval-Turbine werden außer den genannten noch geltend gemacht: Geringer Oelverbrauch, Einfachheit der Bedienung, stete Betriebsbereitschaft, Anwendbarkeit viel höherer Ueberhitzung als bei Dampfmaschinen [4] — De Laval-Turbinen können leicht mit Ueberhitzung bis 600° betrieben werden —, einfache und schnelle Montage, Wegfall von Packungsmaterial u. s. w. Die in vereinzelten Fällen konstatierte Abnutzung der Laufradschaufeln, die indessen nur bei besonders nassem Dampfe eintritt, hat nur einen unwesentlichen Einfluß auf den Dampfverbrauch und scheint sich durch die Anwendung überhitzten Dampfes völlig vermeiden zu lassen. Außerdem lassen sich ja die Schaufeln, wie erwähnt, leicht gegen neue auswechseln. — Die aus der Uebersetzung der hohen Tourenzahlen der Laval-Turbine ins Langsame sich ergebenden Schwierigkeiten sind, wie bereits erwähnt, das wesentlichste Hindernis ihrer allgemeinen Verwendung und schließen sie vom Großbetriebe aus.

Mittel zur Herabsetzung von Umlaufzahlen.

Man hat daher nach Mitteln gesucht, die Umlaufzahlen herabzusetzen, ohne den Dampfverbrauch zu nachteilig zu beeinflussen. Als solche Mittel sind im wesentlichen zwei zu nennen. Das eine besteht darin, daß man den Dampf nicht mit einem Male von dem gegebenen Anfangs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

druck bis auf den Gegendruck expandieren läßt, sondern allmählich, indem man die zur Verfügung ſtehende Geſamtdruckdifferenz in eine Anzahl kleiner Druckſtufen aufteilt, alſo gewiſſermaßen das gegebene Gefälle in lauter kleine Teilgefälle zerlegt und letztere fukzeſſive in nacheinander vom Dampfe paſſierten Turbinenrädern ausnutzt; denn einem kleineren Gefälle entſpricht eine kleinere Ausflußgeſchwindigkeit des Dampfes und damit eine kleinere Umfangsgeſchwindigkeit des Laufrades.

Freilich iſt die Druckabſtufung nicht ſehr wirkſam. Man muß ſchon eine große Zahl von Druckſtufen anwenden, um die Umfangsgeſchwindigkeit nennenswert herabzuziehen. Teilt man das gegebene Gefälle in p gleiche Teile ein, ſo daß auch die p einzelnen, mit gleicher Umfangsgeſchwindigkeit laufenden Turbinenräder alle gleiche Arbeit leiſten, ſo wird die erforderliche Umfangsgeſchwindigkeit, da ihr Quadrat dem Teilgefälle proportional iſt, gegenüber der einſtufigen Turbine im Verhältnis $\sqrt{p}:1$ reduziert. Es wären alſo z. B. 100 Druckſtufen nötig, um die Tourenzahl der Turbine bei gleichbleibender Radgröße auf den zehnten Teil zurückzuführen.

Das andre Mittel beſteht in der ſogenannten Geſchwindigkeitsabſtufung und kann nur bei Druckturbinen zur Anwendung kommen. Der mit hoher Geſchwindigkeit aus der Dampfzuleitungsdüſe austretende Dampfſtrahl wird gegen ein Laufrad geſchickt, das eine weſentlich langſamere Geſchwindigkeit beſitzt, als zur geſamten Aufarbeitung der Geſchwindigkeit erforderlich iſt. Die Folge davon iſt, daß der Dampf beim Austritte aus dem Laufrade noch eine verhältnismäßig hohe abſolute Geſchwindigkeit hat, die in nachfolgenden Turbinenrädern zur Arbeitsleiſtung herangezogen werden kann. Meiſt ſetzt man ſämtliche Turbinenräder auf eine Welle; dann iſt es erforderlich, die abſolute Austrittsgeſchwindigkeit des erſten Rades in einem beſonderen Leitapparat (Effuſer) aufzufangen und umzulenken. Wendet man nach verſchiedenen Richtungen umlaufende Turbinenräder an, ſo kann der Dampf, direkt aus dem erſten Laufrade kommend, in das zweite, entgegengeſetzt rotierende eintreten, ſo daß man in dieſem Falle die Zwiſchenleitvorrichtungen erſpart, wie dies z. B. bei der Segerſchen Dampfturbine geſchieht (ſ. ſpäter).

Die Geſchwindigkeitsabſtufung iſt weſentlich wirkſamer als die Druckabſtufung. Nehmen wir wieder verluſtfreie Strömung an, ſo iſt unter Benutzung der in Fig. 2 zugrunde gelegten Bezeichnungen $w_2 = w_1$, und die pro Kilogramm an das Laufrad übertragene Arbeit $\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g}$. Nun iſt mit den dort eingetragenen Bezeichnungen:

$$c_1^2 = w_1^2 + a^2 + 2\,a\,w_1 \cos\beta$$
$$c_2^2 = w_2^2 + a^2 - 2\,a\,w_2 \cos\delta,$$

folglich
$$\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} = \frac{a}{g}(w_1 \cos\beta + w_2 \cos\delta).$$

Benutzt man die Beziehungen $w_1 \cos\beta = c_1 \cos\alpha - a$ und $w_2 = w_1 = \sqrt{c_1^2 + a^2 - 2\,a\,c_1 \cos\alpha}$, ſo wird
$$\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} = \frac{a}{g}(c_1 \cos\alpha - a + \sqrt{c_1^2 + a^2 - 2\,a\,c_1 \cos\alpha}\,\cos\delta).$$

Bei gegebenen c_1 und a wird $\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g}$ zunächſt offenbar um ſo größer, je kleiner δ iſt, und man hat für $\delta = 0$
$$\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} = \frac{a}{g}(c_1 \cos\alpha - a + \sqrt{c_1^2 + a^2 - 2\,a\,c_1 \cos\alpha}).$$

Der rechtsſeitige Ausdruck beſitzt als Funktion von α ein Maximum bei $\alpha = 0$, ſofern $a < \frac{c_1}{2}$ iſt, ein Fall, der hier allein in Frage kommen kann. (Für $a > \frac{c_1}{2}$ war die Bedingung der Höchſtleiſtung bereits auf S. 627 zu $\cos\alpha = \frac{c_1}{2a}$ ermittelt worden.) Die Maximalleiſtung pro Kilogramm beträgt daher $\frac{2\,a\,(c_1 - a)}{g} = \frac{c_1^2 - (c_1 - 2\,a)^2}{2g}$. Die verbleibende abſolute Austrittsgeſchwindigkeit beträgt ſomit nach dem letzteren Ausdruck $c_1 - 2\,a$, die nun wieder in einem zweiten Laufrade mit der gleichen Geſchwindigkeit a auf den Betrag $c_1 - 4\,a$ vermindert werden kann. Allgemein würde bei p Rädern die abſolute Austrittsgeſchwindigkeit, überall maximale Arbeitsleiſtung als Grenzfall vorausgeſetzt, beim letzten Rade $c_1 - 2\,p\,a$ betragen, und da dieſer Reſtbetrag zur völligen Ausnutzung der Geſchwindigkeit c_1 ſchließlich Null werden muß, ſo gibt $a = \frac{c_1}{2p}$ die bei p Geſchwindigkeitsſtufen im ideellen Grenzfalle erforderliche Umfangsgeſchwindigkeit an. Um alſo die Umfangsgeſchwindigkeit gegenüber der einſtufigen Druckturbine auf den zehnten Teil zu reduzieren, muß man zehn Geſchwindigkeitsſtufen in Anwendung bringen, d. h. zehnmal ſo wenig, als im gleichen Falle bei der Druckabſtufung erforderlich war. Als weiterer Vorteil der Geſchwindigkeitsabſtufung ergibt ſich, daß ſich die Laufräder in Räumen bewegen, die ſämtlich den gleichen Druck beſitzen und daher nicht gegeneinander abgedichtet zu ſein brauchen. Bei der Druckabſtufung iſt dies nicht der Fall. Dagegen iſt als Vorteil der letzteren zu nennen, daß die Verluſte weit geringer ſind als bei der Geſchwindigkeitsabſtufung, bei der die ſtarken Richtungsänderungen der an ſich hohen Dampfgeſchwindigkeiten mit großen Verluſten verknüpft ſein müſſen, weshalb die Geſchwindigkeitsabſtufung allein oft nur als ein Notbehelf bezeichnet wird.

Um über die im nachfolgenden zu beſchreibenden hauptſächlichſten Dampfturbinenſyſteme ſchon hier eine gewiſſe Ueberſicht zu gewinnen, iſt nachſtehendes Schema (S. 632) entworfen. Man ſieht, daß die Parſons-Turbine allen andern Syſtemen ziemlich iſoliert gegenüberſteht; bevor indeſſen auf die Beſchreibung dieſer älteſten und praktiſch weitaus am meiſten erprobten und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

verbreiteten Turbine eingegangen werden kann, wird noch ein kurzer Vergleich zwischen Druck- und Ueberdruckturbine am Platze sein. Derselbe soll sich zunächst auf die Umfangsgeschwindigkeiten beziehen, die zur Aufarbeitung eines gegebenen Gefälles in dem einen oder andern Falle erforderlich sind. Hat der Dampf beim Eintritte ins Laufrad eine verhältnismäßig niedrige und zu vernachlässigende Geschwindigkeit, dafür aber eine hohe Geschwindigkeitsenergie findet Gefälle entsprechende maximale Geschwindigkeit als relative Austrittsgeschwindigkeit aus dem Laufrade auftreten. Volle Ausnutzung der disponibeln Arbeit kann nur dann erreicht werden, wenn die absolute Austrittsgeschwindigkeit den Wert Null besitzt. Letztere kann aber als Resultante aus der relativen Austrittsgeschwindigkeit w_2 und der Umfangsgeschwindigkeit a nur dann Null werden, wenn w_2 entgegengesetzt gleich a ist. w_2 entspricht nun der Größe nach der im obigen mit c_1 bezeichneten Geschwindigkeit; bei der Ueberdruckturbine ist also, maximalen Ueberdruck vorausgesetzt, im Grenzfalle größter Arbeitsleistung die erforderliche Umfangsgeschwindigkeit doppelt so groß als bei der einfachen Druckturbine. Findet die Umsetzung von Druckenergie in Geschwindigkeitsenergie nicht ausschließlich im Laufrade statt, sondern zum Teil auch in der vorhergehenden Zuleitung, dem sogenannten Leitapparate, so daß die Austrittsgeschwindigkeit c_1 aus demselben kleiner als $\sqrt{2gH}$ (H gegebenes Gefälle) ist, so nennt man $1 - \frac{c_1^2}{2gH}$ den Ueberdruckgrad (Reaktionsgrad). Praktisch arbeitet man niemals mit dem Ueberdruckgrad 1, wie in obigem Beispiele angenommen, sondern nur etwa $^1/_2$. Dadurch wird die günstigste Umfangsgeschwindigkeit von dem Betrage $\sqrt{2gH}$ auf den Wert $\sqrt{gH}$ zurückgeführt, so daß sich im Mittel die günstigsten Umfangsgeschwindigkeiten von Druck- und Ueberdruckturbinen wie $1 : \sqrt{2}$, d. h. 1 : 1,4 verhalten. Die Ueberdruckturbine stellt sich also hinsichtlich der Umfangsgeschwindigkeit ungünstiger als die Druckturbine. Dem steht anderseits gegenüber, daß die Widerstandsverluste bei dieser geringer ausfallen als bei jener. Dieselben sind angenähert den Quadraten der Dampfgeschwindigkeiten proportional, also z. B. bei der reinen Druckturbine nach obigen Bezeichnungen auf die Gewichtseinheit bezogen $\zeta \frac{c_1^2}{2g} + \zeta_1 \frac{w_2^2}{2g}$ oder, bei Gleichsetzung des Widerstandskoeffizienten ζ und ζ_1 gleich $\zeta\left(\frac{c_1^2 + w_2^2}{2g}\right)$. Nun ist in dem betrachteten Grenzfalle $\frac{c_1^2}{2g} = H$, $w_2 = w_1 = \frac{c_1}{2}$, mithin die Größe der Verluste $^5/_4 \cdot \zeta \cdot H$. Bei der mit dem Ueberdruckgrad $^1/_2$ arbeitenden Ueberdruckturbine sind dieselben hingegen, da $c_1 = w_2 = \sqrt{gH}$ sind, gleich $\zeta \cdot H$, also um $^1/_4$ geringer als oben. Inwieweit sich diese Verhältnisse durch die praktischen Abweichungen von dem vorausgesetzten idealen Grenzfalle und insbesondere durch die bei Ueberdruckturbinen infolge des Ueberdruckes auftretenden nicht berücksichtigten Spaltverluste umgestalten, kann nur der Versuch entscheiden. Bei großen Einheiten, bei denen diese Verluste prozentual weniger ins Gewicht fallen, scheint die Parsons-Turbine vorstehende Ueberlegung zu bestätigen.

	Druckturbinen	Ueberdruckturbinen
A. Einstufig	De Laval	(Herons Aëlopile)
B. Mehrstufig:		
a) nur Druckstufen .	Zoelly, Rateau	Parsons
b) nur Geschwindigkeitsstufen	Seger, Electra (Riedler-Stumpf)	
c) Druck- und Geschwindigkeitsstufen zugleich . .	Riedler-Stumpf, Curtis (Electra)	

Aeußerlich sind die Schaufeln des Laufrades einer Druckturbine meist unschwer von denen einer Ueberdruckturbine zu unterscheiden. Da bei ersterer an Ein- und Austrittsstelle des Laufrades der gleiche Druck herrscht, so findet beim Durchströmen des Dampfes keine Geschwindigkeitszunahme statt, sondern höchstens eine geringe Verzögerung infolge von Reibungswiderständen, von der jedoch in erster Annäherung abgesehen werden kann. Dann muß der Querschnitt des Laufradkanales von der Eintritts- nach der Austrittsstelle zu konstant bleiben, was man bei gleichbleibender radialer Weite am einfachsten durch Verdicken der Schaufeln in der Mitte erreichen kann. Voraussetzung ist dabei natürlich, daß die konvexe Rückseite der Schaufeln zur Führung des Dampfstrahles benutzt und der Einfluß der aus der Umlenkung der relativen Geschwindigkeit resultierenden Zentrifugalkraft vernachlässigt wird.

Bei der Ueberdruckturbine hingegen herrscht an der Eintrittsstelle des Laufrades ein höherer Druck als an der Austrittsstelle, es findet daher eine Beschleunigung der relativen Geschwindigkeit statt, so daß nach den Ausführungen auf S. 626 eine Querschnittsänderung, meist Verengung, stattfinden muß. Das wesentlichste Unterscheidungsmerkmal zwischen Druck- und Ueberdruckturbinen ist jedoch das, daß eine Druckturbine mit partieller Beaufschlagung des Laufrades arbeiten kann, während eine Ueberdruckturbine stets am ganzen Umfange beaufschlagt sein muß, welcher Unterschied ja auch bei den Wasserturbinen besteht. Würde man eine Ueberdruckturbine mit teilweiser Beaufschlagung laufen lassen, so würde das Auffüllen der vorher entspannten Dampf enthaltenden Kanäle durch solchen mit höherer Spannung sowie auch andre Umstände ein unwirtschaftliches Arbeiten der Turbine unvermeidlich machen. Es bedeutet dies einen prinzipiellen Vorzug der Druckturbinen vor den Ueberdruckturbinen, der namentlich bei kleinen Leistungen zur Geltung kommt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Parsons-Turbine.

Als zurzeit verbreitetſte Dampfturbine und einzige Ueberdruckturbine war bereits die von Parſons genannt (vgl. S. 631). 1888 vollendete Parſons ſeine erſte größere Turbine von 120 PS., die ſchon mit einer Gleichſtromdynamo gekuppelt war. Ein Jahr ſpäter ging er, wenn auch widerſtrebend, zur Radialturbine über, deren Erſtausführung — eine 200 PS.-Kondenſationsturbine — in das Jahr 1892 fällt. Dieſelbe erzielte einen bemerkenswerten Dampfverbrauch. Bei 8 Atmoſphären abſoluter Dampfeintrittsſpannung und einer Kondenſatorſpannung von 0,08 Atmoſphären wurde bei maximaler Belaſtung ein Dampfverbrauch von 12,25 kg Kilowattſtunde = 7,25 kg PSi-Stunde feſtgeſtellt. Trotzdem kehrte Parſons wieder zum Syſtem der Axialturbine zurück, mit dem er bald noch weſentlich günſtigere Erfolge erzielen ſollte. Im nachfolgenden ſoll dieſes Syſtem in ſeiner heutigen, den Ausführungen der Firma Brown, Boveri & Cie. A.-G., Baden und Mannheim, entſprechenden Geſtalt erläutert worden.

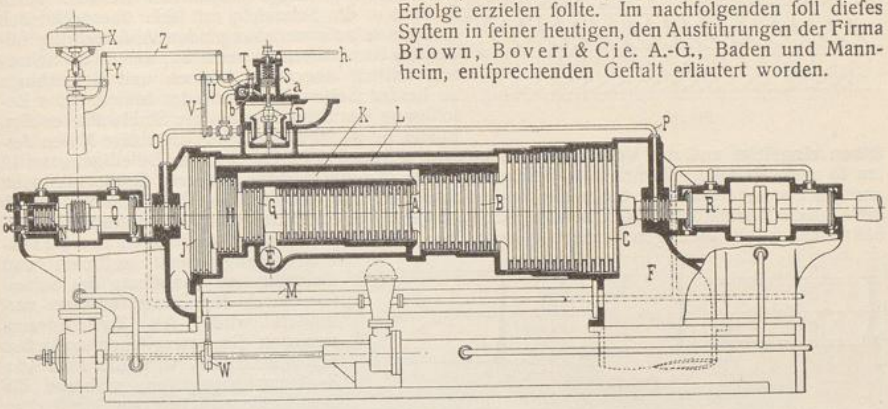


Fig. 11.

Fig. 11 ſtellt eine Parſons-Turbine in ſchematiſchem Längsſchnitt dar. Der Hauptbeſtandteil iſt eine lange, drehbar gelagerte, als Stahlgußſtück hergeſtellte Stufenwalze *A B C*, die mit Lauffchaufelkränzen verſehen iſt, die ſich zwiſchen feſtſtehenden, am umgebenden Gehäuſe befeſtigten Leitſchaufelkränzen mit geringen Spaltzwiſchenräumen drehen. Der Dampf tritt durch das Einlaßventil *D* ein und gelangt in den ringförmigen Vorraum *E*. Nun durchſtrömt er abwechſelnd Leit- und Lauffchaufeln, und zwar erſt diejenigen der Stufe *A*, dann die von *B* und ſchließlich die von *C*. Die ſtufenweiſe Zunahme des Walzendurchmeſſers trägt der ſtarken Volumenvergrößerung des Dampfes mit fortſchreitender Expanſion Rechnung. Bei *F* tritt der Dampf aus und wird zum Kondenſator abgeleitet. Da an der Eintrittsſtelle jedes Lauffchaufelkranzes höherer Druck als an der Austrittsſtelle herrſcht, ſo reſultiert aus dieſen Ueberdrücken und den Drücken auf die Stirnflächen der einzelnen Stufen ein ſtarker axialer Druck, der, durch die von den Durchflußgeſchwindigkeiten des Dampfes durch die Laufräder herrührenden Geſchwindigkeitsrückwirkungen nur unweſentlich beeinflußt, durch eine beſondere Ausgleichvorrichtung aufgehoben werden muß. Zu dieſem Zwecke iſt die Parſons-Turbine mit ſogenannten Ausgleichkolben *G H J* verſehen, die den drei Druckſtufen *A B C* entſprechen. Drei Kanäle *K L M* ſtellen die Verbindung zwiſchen den einzelnen Stufen der Turbine und den Kolben her. Damit letztere nicht durch den unvermeidlichen Spalt zwiſchen ihnen und dem feſtſtehenden Gehäuſe eine Quelle von bedeutenden Dampfverluſten werden, wird eine ſogenannte Labyrinthdichtung angewandt. Dieſelbe beſteht darin, daß die beiden gegeneinander abzudichtenden Teile mit ringförmigen Erhöhungen und Vertiefungen verſehen ſind, die ineinander greifen, ohne ſich jedoch zu berühren. Die Abdichtung wird daher nicht durch ſich berührende Flächen, ſondern lediglich dadurch erzielt, daß der Dampf nur auf einem langen engen und mit zahlreichen Richtungsänderungen verſehenen Wege entweichen kann. Natürlich iſt dieſe Dichtung keine vollkommene, da etwas Dampf immer entweichen wird, doch beträgt der Verluſt nach Angaben der ausführenden Firma Brown, Boveri & Cie., Baden, nur ca. 1 % des Geſamtdampfverbrauches, welcher Betrag als klein angeſehen werden darf. Als Vorteil dieſer Abdichtung iſt zu erwähnen, daß eine Reibung metalliſcher Flächen aufeinander und damit jede Abnutzung gänzlich vermieden und auch kein Oel zur Schmierung erforderlich iſt. Der früher von der Weſtinghouſe Mfg. Co. in England gebaute Typ, bei dem der Druckausgleich durch zwei ſymmetriſch angeordnete Turbinen von je halber Leiſtung zuſtande kommt und ſonach die Ausgleichkolben ganz vermieden ſind, empfiehlt ſich nicht, da die Verluſte bei zwei kleinen Turbinen weitaus mehr überwiegen als diejenigen einer größen von doppelter Leiſtung. Um jedes Anſtreifen der Laufradſchaufeln an die Leitſchaufeln auszuſchließen, was durch ein Pendeln der Walze in Richtung ihrer Längsachſe erfolgen könnte, iſt ein beſonderes, einſtellbares Kammlager *N* vorgeſehen, das, da die Walze axial entlaſtet iſt, weſentliche Drücke nicht aufzunehmen hat. Die Schaufeln ſtellt in ihrer Aufeinanderfolge Fig. 12 ſchematiſch dar. Dieſelben haben Aehnlichkeit mit der bei Axialwaſſerturbinen üblichen Form, nur daß ſie dieſer gegenüber ſtark verkleinert ſind. Zum Unterſchiede von der Laval-Turbine erfolgt hier die Zuführung des Dampfes zu den Laufradſchaufeln nicht durch einzelne Düſen, ſondern durch die Kanäle, welche die feſtſtehenden Leitſchaufeln bilden. Letztere ſind in Fig. 12 ſchwarz angelegt, während die Lauffchaufeln hell ſind. Eingezeichnete Pfeile geben den Fort-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

fchreitungsfinn an. Die Austrittswinkel der Schaufeln betragen im Mittel 20—25°, die Eintrittswinkel 75—90°. Die als Refultante aus der relativen Austrittsgefchwindigkeit des Dampfes aus einer Laufradfchaufel und der Umfangsgefchwindigkeit derfelben an der betreffenden Stelle fich ergebende abfolute Austrittsgefchwindigkeit gilt als Eintrittsgefchwindigkeit für die nächftfolgende Leitfchaufel, deren Eintrittswinkel mit Rückficht hierauf gewählt wird. Die Schaufeln, deren radiale Länge entfprechend der fortfchreitenden Dampfexpanfion abfatzweife zunimmt, werden aus fchmiedbarer Spezialbronze hergeftellt, indem fie in langen Stäben gewalzt und dann in Stücke von entfprechender Länge gefchnitten werden. Auch fucht man die Schaufeln mit fich überdeckenden und einen zufammenhängenden Abfchlußring bildenden Kopfplatten zu verfehen, welche die Schaufeln feitlich überragen können und Schleifringe zu beiden Seiten des Laufrades bilden. Die Befeftigung der Schaufeln auf der Stahlwalze erfolgt, indem fie in fchwalbenfchwanzförmige Nuten derfelben eingefetzt und mit Verfchlußftück verfehen werden. Eine fo einfache Befeftigungsart ift um fo mehr geboten, als fich 60—70 Schaufelkränze in einer Turbine mittlerer Größe vorfinden und die Summe fämtlicher Schaufeln den anfehnlichen Wert von 40000—80000 erreicht. Durch diefe große Anzahl wird die Umfangsgefchwindigkeit des Laufrades in für Dampfturbinen verhältnismäßig fehr niedrigen Grenzen gehalten, fo daß gefährliche Beanfpruchungen durch Fliehkraftwirkung nicht auftreten und daneben eine Abnutzung der Schaufeln durch den Dampf wirkfam verhindert wird. Als Zwifchenraum zwifchen den beweglichen und feften Schaufelkränzen wird das Maß von 3—4 mm angegeben, während die Spaltgröße zwifchen den Stirnflächen der Laufichaufeln und dem feften Gehäufezylinder bezw. zwifchen Leitfchaufelenden und Walze je nach Größe des Raddurchmeffers 0,6—3 mm beträgt [10]. Dank der Vorzüglichkeit der modernen Werkzeugmafchinen kann man radiale Dimenfionen heutzutage auf 0,1 mm genau herftellen, fo daß die genannten kleinen Zwifchenräume praktifch keine Schwierigkeiten verurfachen.



Fig. 12.

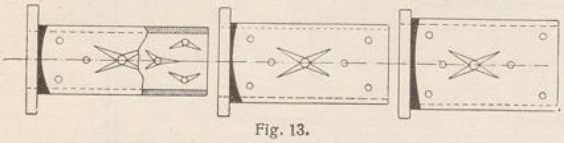


Fig. 13.

An den Austrittsftellen der Stahlwalze aus dem Gehäufe (Fig. 11) ift das Fehlen jeder Stopfbüchfe bemerkenswert, indem auch hier Labyrinthdichtung vorgefehen ift. Um das Eindringen von Luft in den Kondenfator zu vermeiden, leiten zwei Rohre, *O* und *P*, den Abdampf der Steuerung (f. fpäter) nach der Mitte der Dichtungsfläche, von wo aus er fich nach innen und außen verteilen kann. Auf diefe Weife ift es möglich geworden, durch Labyrinthdichtung ein Vakuum von 95% aufrechtzuerhalten. Arbeitet die Turbine mit Auspuff, fo ift nur ein unwefentlicher Ueberdruck vorhanden, fo daß eine Abdichtung auch nur in geringem Maße erforderlich ift. Ueber die Arbeit, welche die Labyrinthdichtung verzehrt, fehlen gegenwärtig noch genauere Angaben.

Die Lagerung der Turbinenwalze gefchieht in den Lagern *Q* und *R* (Fig. 11). Denfelben ift feitens Parfons die in Fig. 13 veranfchaulichte Konftruktion zugrunde gelegt worden. Sie beftehen aus mehreren, mit geringem Spielraum übereinander gefchobenen Büchfen, die mit Löchern verfehen find, durch die das Schmieröl von außen her mit Hilfe einer ventillofen Oelpumpe gepreßt wird. Das zwifchen zwei Lagerfchalen befindliche Oel bildet alsdann eine Art elaftifches Kiffen, fo daß fich das Lager der jeweiligen Einftellung der Welle anpaffen kann. Das Oel befindet fich dabei in ftändiger Zirkulation und wird in einem in der Grundplatte untergebrachten Behälter möglichft tief abgekühlt. Bei großen Mafchinen gelangen an Stelle diefer Konftruktion Lager mit Kugelfchalen und Waffer kühlung zur Verwendung. Der Oelverbrauch ift als gering zu bezeichnen.

Die Regulierung der Parfons-Turbine gefchieht auf folgendem Wege: Die Spindel des Einlaßventils *D* (Fig. 11) trägt an ihrem oberen Ende einen kleinen Kolben *S*, der von oben durch eine Spiralfeder belaftet ift und fich in einem umgebenden Zylinder bewegen kann. Er repräfentiert gewiffermaßen eine kleine einfeitig wirkende Dampfmafchine, die von unten Dampf empfängt und kleine hin und her gehende Bewegungen von veränderlicher Hublänge ausführt. Der Dampfeintritt erfolgt durch den kleinen Kanal *a* von dem vor dem Ventil befindlichen Dampfvorraume her. Der Dampfaustritt hingegen gefchieht durch den wefentlich weiteren Kanal *b*, der von dem in auf und ab fchwingender Bewegung befindlichen Schieber *T* abgefperrt bezw. mehr oder weniger geöffnet werden kann. Diefer Schieber führt eine hin und her gehende Bewegung aus, die durch eine periodifche Schwingung des Hebels *U* hervorgerufen wird, der an die Exzenterftange *V* angelenkt ift. Diefe erhält ihre Bewegung von dem Exzenter *W*, der auf der Oelpumpenwelle aufgekeilt ift, die mittels Schnecken- und Zahnradüberfetzung von der Turbinenwelle angetrieben wird, wobei die Tourenzahl der letzteren etwa im Verhältnis 1 : 14 reduziert wird. Die mittlere Höhenlage der Schwingung des Schiebers *T* kann durch den Regulator *X* mittels des Zwifchengetriebes *YZ* verändert werden. Da über dem Ventile der volle Dampfdruck herrfcht, fo pflanzt derfelbe fich auch durch den Kanal *a* in den Raum unterhalb des Kolbens *S* fort. Findet nun der Dampf den Ausweg bei *b* durch den Schieber *T* verfperrt, fo hebt er den Kolben unter Ueberwindung der Federkraft an, dadurch zugleich das Einlaßventil öffnend, was beiläufig bemerkt auch von Hand aus mittels Handhebels *h* gefchehen kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sobald der Schieber *T* den Kanal *b* freigibt, entweicht der unter dem Kolben befindliche Dampf, und das Ventil wird geschlossen. Je nachdem nun der Kanal *b* länger oder kürzer geschlossen bleibt, wird das Dampfeinlaßventil mehr oder weniger geöffnet und eine größere oder geringere Dampfmenge gelangt in die Turbine. Es wird damit eine Quantitätsregulierung, entsprechend der Füllungsänderung bei Dampfmaschinen, angestrebt und zum Teil auch erzielt. Freilich beruht die Regulierung zum andern Teile auch auf Drosselung, wie Fig. 14 zeigt, die ein Indikatordiagramm — Admissionsdruck als Funktion der Zeit — darstellt [11]. Die mit dieser Regulierung hinsichtlich der Gleichförmigkeit des Ganges erzielten Resultate lassen die Parsons-Turbine ebenbürtig — wenn nicht überlegen — den besten Kolbendampfmaschinen und besonders geeignet für den Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen erscheinen. Der aus dem Kanale *b* entweichende Abdampf gelangt übrigens nicht direkt ins Freie oder in den Kondensator, sondern er wird den Labyrinthdichtungen zugeführt, wie dies bereits früher erwähnt wurde. Das Gehäuse der Parsons-Turbine ist zweiteilig, und zwar berühren sich die beiden Teile in einer horizontalen Trennungsfläche, wobei ein besonderes Dichtungsmaterial nicht zur Anwendung kommt, sondern die metallischen geschliffenen Flächen ohne Zwischenmittel aufeinander liegen. Fig. 15 gibt die Ansicht einer

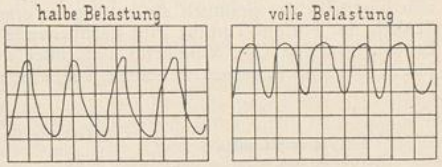


Fig. 14.

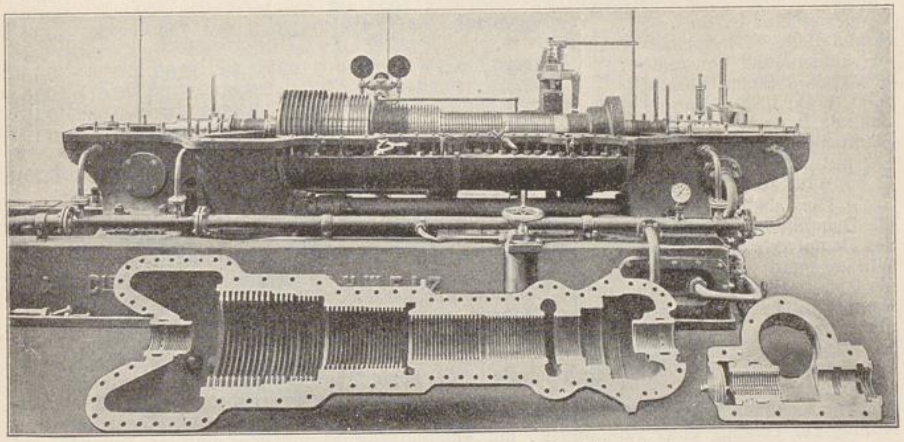


Fig. 15. (Brown, Boveri & Cie. A.-G., Käfertal-Mannheim.)

Parsons-Turbine mit abgenommenem oberen Gehäuseteil wieder, welche die meisten der beschriebenen Details, insbesondere die Leit- und Laufschaufelkränze, Labyrinthdichtungen u. s. w. deutlich erkennen läßt. Die Möglichkeit, durch Abheben des Deckels nach oben das Innere

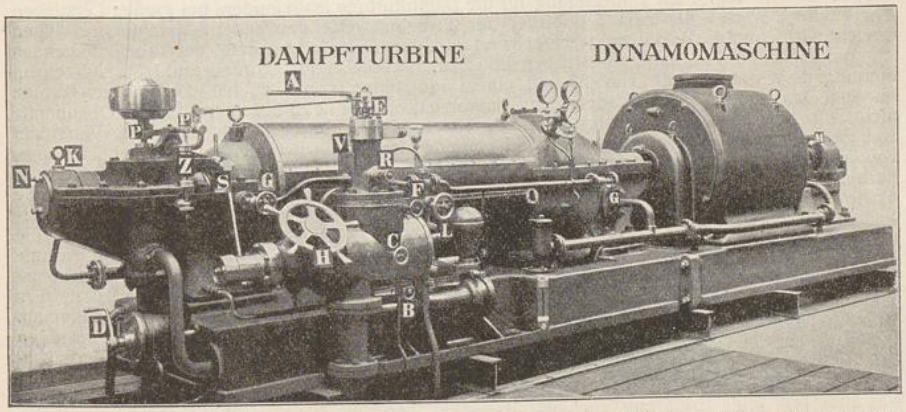


Fig. 16. Dampfturbine: *H* Handrad zum Hauptdampfventil. *C* Einlaßventilkasten. *A* Handhebel zum ersten Anheben des Ventils bei der Inbetriebsetzung. *P-P-E* Regulator und Steuerungsmechanismus. *Z* Gegenfeder zum Einstellen der Tourenzahl. *N-K* Kammlager. *D-B-L* Oelpumpe mit Windkessel *L* und Kurbel *D* zur Betätigung der Pumpe vor der Inbetriebsetzung der Turbine. — Dynamomaschine: *M* Erregermaschine.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Turbine bloßlegen zu können, iſt ſehr ſchätzbar für eine raſche und bequeme Montage. Die äußere Anſicht einer Parſons-Turbine ſtellt endlich Fig. 16 dar. Die Leiſtungen der bisher ausgeführten Parſons-Turbinen liegen zwiſchen 100 und 10 000 PS. und die benutzten Tourenzahlen etwa zwiſchen 750 und 3500 in der Minute, je nach Maſchinengröße. Die Geſamtlänge der Turbinenſpindel wird bei Maſchinen bis 900 PS. $\leq$ 2,5 m und bei größeren Maſchinen auf 3—3,2 m angegeben. An der Walze gemeſſen betragen die größten Umfangsgeſchwindigkeiten 50—60 m sec und an der äußerſten Schaufelſpitze 75—100 m sec, ſie liegen alſo innerhalb der praktiſch als zuläſſig zu erachtenden Grenzen. Ein Bild von der Wirtſchaftlichkeit der Parſons-Turbine gibt nachſtehende Tabelle, die auf Grund von Angaben der Firma Brown, Boveri & Co., Mannheim, berechnet worden iſt [12].

Dampfturbine Syſtem Brown-Boveri-Parſons	Leiſtung in PS_e-Stunden	Abſolute Dampfeintrittsſpannung in at	Dampftemperatur in ° C.	Kondenſatordruck in at	Dampfverbrauch pro PS_e-Stunde in kg	Reduzierter Dampfverbrauch pro PS_e-Stunde in kg	Indizierter Wirkungsgrad η_i	Thermiſcher Wirkungsgrad η_t
Geſellſchaft für Markt- und Kühlhallen, Berlin*)	150	9,7	190	0,124	8,28	8,40	0,48	0,12
Elektrizitätswerk der Stadt Chur .	300	13,5	250	0,083	6,37	6,73	0,52	0,15
Tramway- und Elektrizitätsgeſellſchaft Linz-Urfahr	450	10	geſättigter Dampf	0,103	7,28	7,33	0,53	0,14
Konſolidierte Tſchöpelner Braunkohlen- und Tonwerke . . .	600	8,5	208	0,103	6,59	6,80	0,59	0,15
Schlieper & Baum, Elberfeld . .	750	11	250	0,103	5,88	6,22	0,61	0,16
A.-G. „Alta Italia“, Turin	2250	11,7	230	0,093	5,25	5,48	0,68	0,18
Zentrale Porta-Volta, Mailand*) .	4500	13,5	235	0,083	5,03	5,26	0,67	0,19
Städtiſches Elektrizitätswerk Frankfurt a. M.*)	4500	12	300	0,103	4,68	5,12	0,71	0,20

*) Die Arbeit für die Kondenſation iſt in der Dampfverbrauchsangabe nicht eingeſchloſſen.

Die Tabelle bezieht ſich auf die Vollbelaſtung der jeweiligen Maſchine und gibt zunächſt die Dampfverbrauchszahlen pro PS_e-Stunde an, aus denen man durch Diviſion mit $0{,}736 \cdot \eta_d$ die Dampfverbrauchsziffern bezogen auf die elektriſche Kilowattſtunde findet, wenn η_d den Wirkungsgrad der Dynamo bedeutet. Letzterer wurde je nach Maſchinengröße zu 0,90 bis 0,95 angenommen. Aus dieſen Dampfverbrauchszahlen wurde der ſogenannte reduzierte Dampfverbrauch in bekannter Weiſe dadurch ermittelt, daß man erſtere im Verhältniſſe des Mehraufwandes an Wärme gegenüber trocken geſättigtem Dampfe von im Mittel 657 cal von 0° ab gerechneter Erzeugungswärme unter Annahme von 20° als Speiſewaſſertemperatur vergrößerte. Der reziproke Wert des ſo erhaltenen reduzierten Dampfverbrauches ſtellt alsdann den thermiſchen Wirkungsgrad dar, der ſich in der letzten Spalte der Tabelle angegeben findet. Die vorhergehende Kolumne zeigt den indizierten Wirkungsgrad als Verhältnis der effektiven Turbinenleiſtung zur Leiſtung einer verluſtfreien, mit Admiſſionsdampf von dem gleichen Zuſtande und mit gleichem Vakuum arbeitenden Dampfturbine (oder allgemein Dampfmaſchine) d. h. zu dem gegebenen Gefälle an. Um die Dampfturbine hinſichtlich ihrer Wirtſchaftlichkeit mit der Kolbendampfmaſchine vergleichen zu können, ſind die Dampfverbrauchszahlen mit dem mechaniſchen Wirkungsgrade derſelben zu multiplizieren, die Wirkungsgrade η_t und η_i hingegen zu dividieren. Da dieſer Wirkungsgrad je nach der Größe der Maſchine zwiſchen 0,85 und 0,92 liegend geſchätzt werden darf, ſo ergibt die Umrechnung für die Dampfturbine insbeſondere bei großen Leiſtungen ſehr günſtige Werte, die zum Teil bisher nur ausnahmsweiſe von andern Maſchinengattungen erreicht worden ſind. Beſonders beachtenswert ſind die in der letzten Zeile der Tabelle ſtehenden Ergebniſſe, die im Frankfurter ſtädtiſchen Elektrizitätswerke erzielt worden ſind [13]. Mit einem thermiſchen Wirkungsgrade von 20 und einem indizierten von 71 % hat die Parſons-Turbine bis jetzt das Maximum ihrer Wärmeausnutzung erzielt. Dabei iſt zu beachten, daß die Oekonomie nicht wie bei der Kolbendampfmaſchine der Beeinfluſſung durch Abnutzung und Verſchleiß abdichtender Flächen und durch mehr oder minder ſorgfältige Schmierung unterliegt, ſondern, von ſolchen Faktoren unabhängig, ſich auf Jahre hinaus unverändert erhält, da ja innerhalb der Turbine ſelbſt kein Gleiten metalliſcher Flächen aufeinander ſtattfindet. Aus dieſem Grunde dürfte ſich auch die Lebensdauer der Parſons-Turbine als eine verhältnismäßig hohe erweiſen. Außer den in obiger Tabelle wiedergegebenen Verſuchsziffern ſei hier noch auf die bekannten Unterſuchungen von Lindley, Schröter und Weber einer 1000-Kilowatt-Turbine in Newcaſtle [14] ſowie auf diejenigen von Stoney und von Robb verwieſen [15]. Beachtenswert iſt noch der hohe Einfluß eines guten Vakuums auf den Dampfverbrauch. Es iſt dies eine Eigenſchaft, die der Dampfturbine allgemein im Gegenſatze zur Dampfmaſchine zukommt. Während es bei letzterer zu unzuläſſig großen Zylinderabmeſſungen führen würde, wollte man den Dampf bis auf den Gegendruck herabexpandieren laſſen, indem die daraus reſultierenden Reibungs- und Wärmeverluſte unverhältnismäßig ſtark zunehmen und den Gewinn illuſoriſch machen würden, kann die Dampfturbine vorteilhaft mit ſehr niedrigem Expanſionsenddruck arbeiten, was zum Teil ſeine Erklärung auch mit darin hat, daß die Bewegung eines Körpers in Luft oder Dampf um ſo leichter und widerſtandsfreier erfolgen kann, je geringer das ſpezifiſche Gewicht des umgebenden Mediums iſt. Daß aber das ſpezifiſche Gewicht des Waſſerdampfes bei niedrigen Drücken ſchon bei kleiner Druckverringerung ſtarke Abnahme zeigt, iſt bekannt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da es nicht genügt, wenn ein Wärmemotor bei voller Belaſtung günſtig arbeitet, ſondern man überall auch die Forderung ſtellen muß, daß er auch bei andern Belaſtungen ökonomiſch bleibt, ſo iſt noch für die Beurteilung der Parſons-Turbine wichtig, den Dampfverbrauch als Funktion der Leiſtung ein und derſelben Maſchine bei annähernd konſtanter Tourenzahl zu kennen. Fig. 17 gibt hierüber Aufſchluß. Die Dampfturbine unterſcheidet ſich, wie erſichtlich, von der Dampfmaſchine dadurch, daß der günſtigſte Dampfverbrauch nicht bei der normalen Leiſtung, ſondern bei Ueberlaſt erzielt wird, und der Verbrauch auch nicht in ſo weiten Grenzen konſtant bleibt.

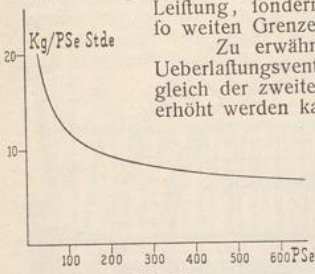
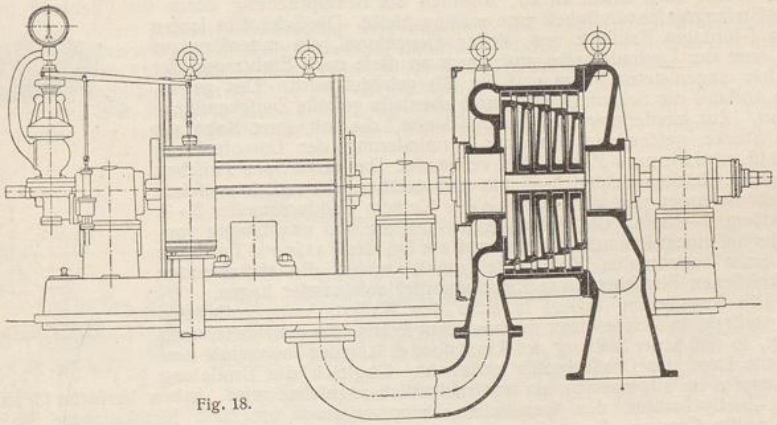


Fig. 17.

Zu erwähnen iſt noch, daß die Parſons-Turbine meiſt ein beſonderes Ueberlaſtungsventil beſitzt, das den Zweck hat, den Dampf erforderlichenfalls gleich der zweiten Stufe zuzuführen, wodurch die Leiſtungsfähigkeit beträchtlich erhöht werden kann. Obgleich hierdurch ein Rückſtau gegen die erſte Stufe entſteht, ſoll der Wirkungsgrad dadurch nicht ſehr ungünſtig beeinflußt werden. — Der Raumbedarf der Parſons-Turbine iſt im allgemeinen im Vergleich zu demjenigen liegender Kolbendampfmaſchinen gering, wenn auch ihre Baulänge nicht unbedeutend iſt. Desgleichen ſtellt ſich auch ihr Gewicht weſentlich niedriger als das gleichwertiger Kolbendampfmaſchinen. Für den ruhigen Gang iſt das Beiſpiel der ſeinerzeit in Newcaſtle an vier Drähten aufgehängten, im Betriebe vorgeführten Turbine kennzeichnend [16]. Die Wiederverwendbarkeit des Kondenswaſſers und die hohe Betriebsſicherheit und ſtete Betriebsbereitſchaft hat die Parſons-Turbine mit der Lavalſchen und andern gemein. Nach den heute vorliegenden Erfahrungen muß ſie als Antriebsmotor erſten Ranges für elektriſche Maſchinen bezeichnet werden, und wird wohl auch hier immer ihr Hauptverwendungsgebiet liegen, obgleich einige ihrer Vorzüge ſie auch für den Schiffsbetrieb hervorragend geeignet erſcheinen laſſen. Inwieweit es ihr hier gelingen wird, die Kolbendampfmaſchine zu verdrängen, iſt zurzeit noch eine offene Frage.


Fig. 18.

Die Dampfturbine Rateau und Zoelly. In dem auf S. 632 mitgeteilten Ueberſichtsſchema ſtand der Parſons-Turbine die Rateau- und Zoelly-Turbine gegenüber. Dieſe beiden ſind vielſtufige Druckturbinen ohne Geſchwindigkeitsabſtufung und gegenwärtig ungefähr in gleicher Geſamtleiſtung (ca. 20000 PS.) zur Ausführung gelangt.

Die **Zoelly-Turbine** der A.-G. Eſcher Wyß & Cie. in Zürich [3], [17] wird meiſt als Verbundturbine mit hintereinander geſchaltetem Hochdruck- und Niederdruckteil ausgeführt. Jeder Teil enthält z. B. bei einer 500-PS.-Turbine fünf Druckſtufen, ſo daß die Geſamtzahl der Laufräder zehn, alſo verhältnismäßig wenig beträgt. Fig. 18 gibt die Hochdruckſeite einer ſolchen Verbundturbine in Anſicht, die Niederdruckſeite im Schnitt an. Zwiſchen den auf der Welle aufgekeilten Laufrädern befinden ſich die als Leitapparate ausgebildeten Zwiſchenwände, deren jede ſich mit einem vorſpringenden Rande gegen die vorhergehende lehnt. Dieſe Wände haben einen verhältnismäßig ſtarken einſeitigen Druck auszuhalten und ſind entſprechend kräftig gehalten. Ihre Detailkonſtruktion iſt aus Fig. 19 erſichtlich. Sie werden aus Stahlguß hergeſtellt und dampfdicht in das Gehäuſe eingepaßt. An der Stelle, wo die Welle der Turbine durchtritt, ſind ſie, um Dampfverluſte nach Möglichkeit zu vermeiden, mit einer Labyrinthdichtung verſehen, wie ſolche bereits gelegentlich der Parſons-Turbine beſchrieben wurde. Der verhältnismäßig kleine Durchmeſſer der Bohrung macht den Dampfläſſigkeitsverluſt unbedeutend. Die Leitſchaufeln *m* (Fig. 19) ſind mit Lappen *n* verſehen, die in entſprechende Schlitze *l* des äußeren Randes der Scheidewand und des umgebenden ſchmiedeeiſernen Kranzes *k* ſtramm eingepaßt werden. Um ein Herausfallen zu verhüten, werden nach Einſetzen der Schaufeln zwei Nuten o_1 und o_2 eingedreht, in die Preßringe gelegt werden, deren Befeſtigung durch verſenkte Schrauben erfolgt. Die Leitſchaufeln erſtrecken ſich dabei in den erſten Partien nicht über den ganzen Umfang, ſo daß die Beaufſchlagung im Anfange eine partielle iſt, wobei geeignete Paßſtücke *p*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die toten Räume zwiſchen den einzelnen Schaufelgruppen ausfüllen. Erſt in den ſpäteren Stufen verteilen ſich die Schaufeln über den ganzen Umfang. Die radiale Weite der Leitapparate nimmt mit fortſchreitender Expanſion des Dampfes beſtändig zu. Das gleiche gilt auch von den Längen der Schaufeln des Laufrades; letzteres iſt in Fig. 20 im Detail, in Fig. 21 in Anſicht dargeſtellt.

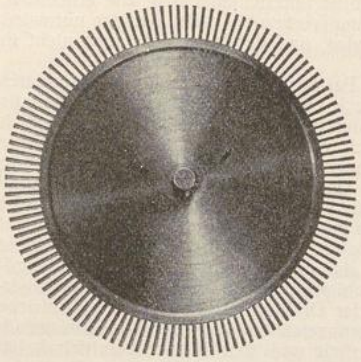


Fig. 21.

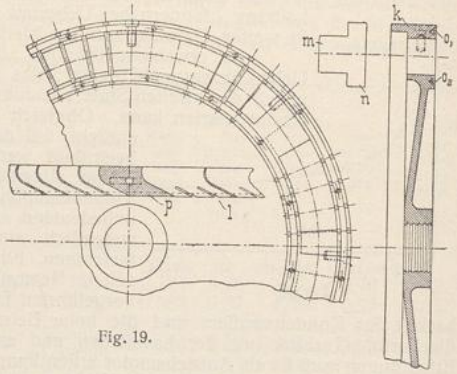


Fig. 19.

Die Schaufeln, deren Geſamtzahl im Verhältnis zu der andrer vielſtufiger Turbinen gering iſt, werden mit großer Genauigkeit durch Fräſen aus feinſtem Nickelſtahl hergeſtellt und ſauber poliert. Dadurch ſoll dem Verroſten und der Dampfreibung vorgebeugt werden. Ihr Querſchnitt nimmt nach außen zu ab, wodurch die Beanſpruchung durch die Fliehkraft trotz der hohen Umfangsgeſchwindigkeit eine mäßige bleibt. Die Schaufeln laufen in ein T-förmiges Fußſtück aus, deſſen Gegenform, ein nutenförmiger Kanal, von der Laufradſcheibe und einem an dieſe nach Einbringen der Schaufeln angenieteten Ringe *s* (ſ. Fig. 20) gebildet wird. Der gegenſeitige Abſtand der Schaufeln wird durch ebenfalls gefräſte Zwiſchenſtücke gewahrt. Zur Herſtellung der Laufradſcheibe, die mit ihrer Nabe aus einem Stücke geſchmiedet und zur Verminderung der Dampfreibung poliert iſt, wird Siemens-Martin-Stahl verwendet. Das axiale Spiel zwiſchen Lauf- und Leiträdern beträgt 3—5 mm und darüber, das radiale zwiſchen den Schaufelenden und dem Gehäuſe bei kleinem Raddurchmeſſer 2—3, bei großem 3—4 mm. Die gut iſolierten Gehäuſe ſind unabhängig voneinander auf einem Rahmen montiert und wie bei der Parſons-Turbine längs einer horizontalen Mittelebene geteilt, wobei die abdichtenden aufgeſchliffenen Flanſchen ohne Zwiſchenmittel aufeinander liegen.

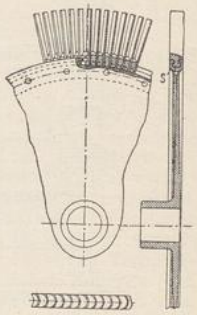


Fig. 20.

Die Regulierung erfolgt in einer den Waſſerturbinen entlehnten Weiſe, indirekt mit Hilfe eines mechaniſchen Relais, das ein Droſſelventil betätigt, ſo daß jeder Stellung des Regulators d. h. jeder Tourenzahl eine beſtimmte Lage des Droſſelventils entſpricht. Obgleich die Droſſelung des Dampfes im allgemeinen als unwirtſchaftlich angeſehen wird, haben Verſuche [3] an einer 500-PS-Zoelly-Turbine den ſpezifiſchen Dampfverbrauch innerhalb für ſtationäre Maſchinen relativ weiter Grenzen als wenig veränderlich ergeben, und ſtellt Fig. 22 den Dampfverbrauch pro PS_e-Stunde als Funktion der Belaſtung dar, wie er aus den Verſuchsdaten mit Berückſichtigung des Wirkungsgrades der Dynamo folgt. Der abſolute Druck des nur um 2—4° überhitzten, alſo nahezu trocken geſättigten Dampfes betrug 11 Atmoſphären, der Gegendruck 0,07 Atmoſphären. Die in Fig. 22 eingetragenen Maßſtäbe des indizierten und thermiſchen Wirkungsgrades laſſen die Größe der letzteren erkennen, deren Maximalwerte 0,54 bezw. 0,15 ſind. Ein Dampfverbrauch von 5,77 kg/PS_e-Stunde wurde bei 258,5° Anfangstemperatur, 13,13 Atmoſphären Druck, 0,066 Atmoſphären Gegendruck und 575 PS_e Nutzleiſtung erzielt, welchen Werten ein $\eta_t = 0{,}56$ und $\eta_t = 0{,}16$ entſpricht. Zu beachten iſt, daß in vorſtehenden Angaben die Arbeit für die Kondenſation nicht inbegriffen iſt, dieſelbe mag 3% der Normalleiſtung betragen haben. Die Tourenzahlen ſind für Leiſtungen bis ca. 100 PS. 3000—4000, für 100—1000 PS. 3000, von 1000—3000 PS. ca. 1500, bei höheren Leiſtungen 1000 u. ſ. w pro Minute. Längere Betriebserfahrungen liegen zurzeit noch nicht vor, doch wird angegeben, daß eine ſeit einem Jahre bei der Firma Eſcher Wyß & Cie. im Betriebe befindliche Turbine noch keine Abnutzung der Schaufeln oder andrer Teile erkennen ließ.

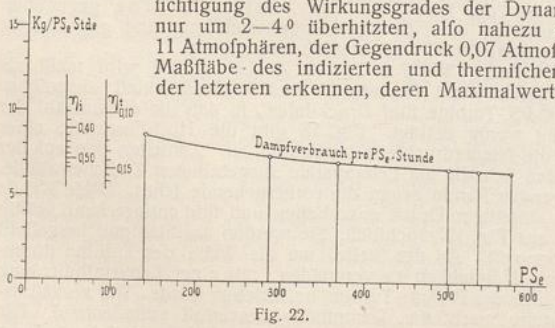


Fig. 22.

Wesentlich mehr Versuchsresultate sind indessen bis jetzt gesammelt worden bezüglich der **Rateau-Turbine** [3], [18] der Société Sautter Harlé & Cie., Paris, und der Maschinenfabrik Oerlikon, Schweiz, die sich von der im Prinzipe identischen Zoelly-Turbine durch die im allgemeinen etwas größere Zahl von Druckstufen und entsprechend kleinere Umfangsgeschwindigkeiten unterscheidet. Die Laufräder bestehen aus einer Nabe, einer an diese angenieteten, am äußeren Rande umgebördelten dünnen Platte aus Flußeisenblech und den mit letzterer durch Nietung verbundenen Schaufeln, die, aus Bronze oder Stahlblech gebogen, zur Ausfüllung der Bodenecken wohl auch mit Metall ausgegossen und zur Verminderung der

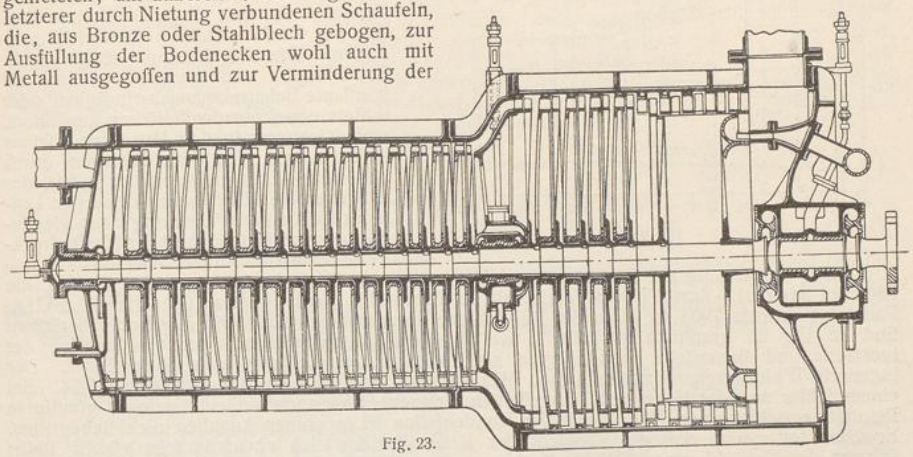


Fig. 23.

Ventilation mit einem äußeren Abschlußring umgeben sind. Die Leiträder, im wesentlichen aus denselben Elementen wie die Laufräder bestehend, unterscheiden sich von diesen zunächst dadurch, daß sie bei neueren Ausführungen längs eines horizontalen Durchmessers geteilt sind, wobei die oberen Hälften mit dem oberen Teile des ebenfalls in horizontaler Mittelebene geteilten Gehäuses wie bei der Zoelly-Turbine gleichzeitig abgehoben werden können. Der partiellen Beaufschlagung der ersten Turbinenräder entsprechend haben die Leiträder anfangs nur einige

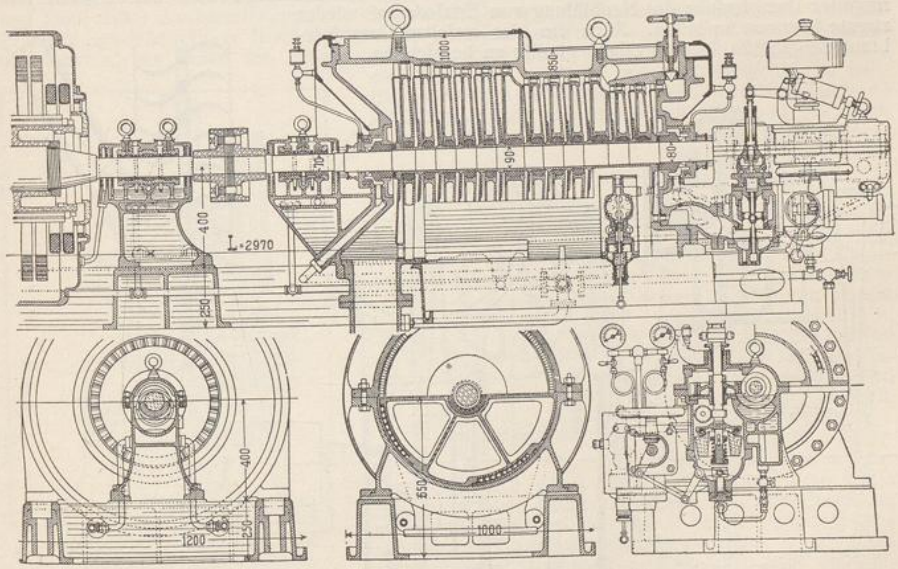


Fig. 24. Dampfturbine „Oerlikon", 200 Kilowatt, 3000 Touren.

in gleichen Abständen angeordnete Durchlaßöffnungen für die Leitschaufeln, die sich erst später über den ganzen Umfang erstrecken. Fig. 23 stellt den Längsschnitt durch eine für Schiffszwecke bestimmte Turbine von 1200 PS. älterer Bauart dar, während Fig. 24 eine 300-PS$_e$-Turbine neuerer Konstruktion zeigt, erstere mit im Innern der Turbine angeordneten Lagern, deren Schmierung und Instandhaltung indessen wegen ihrer Unzugänglichkeit während des Betriebes Schwierigkeiten verursacht haben dürften. Daher weisen neuere Ausführungen bei größeren Einheiten ähnlich der Zoelly-Turbine eine Teilung in Hoch- und Niederdruckturbinen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

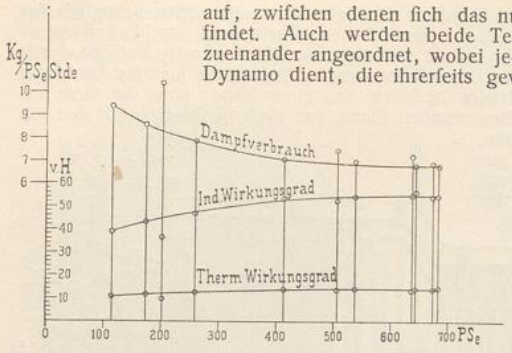


Fig. 25.

auf, zwiſchen denen ſich das nunmehr frei zugängliche Zwiſchenlager befindet. Auch werden beide Teile, Hoch- und Niederdruck, oft parallel zueinander angeordnet, wobei jede Turbine zum Antriebe einer beſonderen Dynamo dient, die ihrerſeits gewöhnlich in Parallelſchaltung auf dasſelbe Netz arbeiten. Wie bei der Zoelly-Turbine iſt ein axialer Schub kaum vorhanden, ſo daß Ausgleichkolben wie bei der Parſons-Turbine ſich nicht vorfinden. Die Regulierung erfolgt durch Droſſelung, und zwar entweder auf konſtante Beharrungsgeſchwindigkeit oder mittels eines pſeudoaſtatiſchen Regulators, wobei letzterer in den Mittellagen ſeines Hubes direkt, in den Endlagen durch Auslöſung eines mechaniſchen Relais, das entweder die Abſchützung des erſten Leitrades durch einen Deckring oder die Zuführung von Friſchdampf zur Niederdruckſtufe veranlaßt, wirken ſoll.

Zur Beurteilung der Rateau-Turbine mögen die Verſuche herangezogen werden, die Profeſſor Stodola-Zürich [3] im Verein mit der Erbauerin, Société Sautter Harlé & Cie., Paris, im Februar 1903 an einer 500-PSe-Turbine vorgenommen hat. Die Ergebniſſe derſelben ſind in Fig. 25 graphiſch dargeſtellt, wo ſich der Dampfverbrauch pro PSe-Stunde, der indizierte und thermiſche Wirkungsgrad als Funktion der Leiſtung angegeben findet. Der indizierte Wirkungsgrad erreicht ſeinen Maximalwert mit 0,56, der thermiſche mit 0,14. Bei einem ſpäter von der Firma ſelbſt angeſtellten Verſuche ſind noch um ein Geringes günſtigere Reſultate erzielt worden. Die Arbeit der Kondenſation iſt in obigen Angaben nicht inbegriffen. Erwähnt ſei noch, daß das Gewicht der Rateau-Turbine ſich ebenfalls ſehr günſtig ſtellt; ſo wird das Gewicht einer 1200 PS.-Turbine auf ca. 3500 kg angegeben. Ein neues Feld der Energieausnutzung haben in letzter Zeit die Rateauſchen Niederdruckturbinen in Verbindung mit einem beſonderen Wärmeakkumulator [19] erſchloſſen, nämlich die Ausnutzung des Abdampfes von Fördermaſchinen und andern mit Auspuff arbeitenden Dampfmaſchinen. Dieſer wird meiſt mit ungefähr atmoſphäriſcher Spannung aus letzteren abſatzweiſe ausgeſtoßen. Rateau leitet ihn in einen Wärmeakkumulator, ein hinreichend große Gußeiſenmaſſen oder Waſſermengen enthaltendes Gefäß. Dort wird er zwecks Druckausgleiches geſammelt, wobei ſich überſchüſſiger Dampf kondenſieren kann, um ſeine Kondenſationswärme bei zeitweiſe verringerter Dampfzufuhr der Neubildung von Erſatzdampf wieder zugute kommen zu laſſen. Auch die hier erzielten Dampfverbrauchsergebniſſe ſind als relativ günſtig zu bezeichnen.

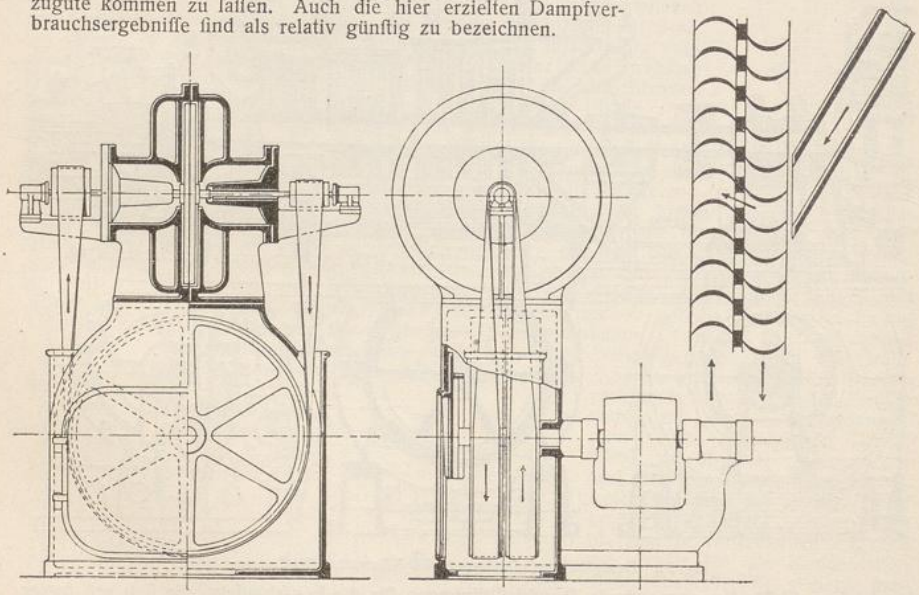


Fig. 26.

Turbinen mit Geſchwindigkeitsabſtufung.

Den nur auf dem Prinzipe der Druckabſtufung beruhenden Turbinen von Rateau und Zoelly ſtehen die mit Geſchwindigkeitsabſtufung arbeitenden gegenüber, von denen in dem Ueberſichtsſchema S. 632 die Seger-, Riedler-Stumpf- ſowie Electra-Turbine genannt worden ſind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Dampfturbine von Seger [20] ist von diesen die älteste und hat seinerzeit in Frankreich einige Anwendung gefunden. Sie ist aus dem Grunde bemerkenswert, weil bei ihr zwei in entgegengesetztem Sinne rotierende Laufräder zur Verwendung gelangen, eine Anordnung, die zur Nachahmung wiederholt gereizt hat. Fig. 26 gibt ein Bild von ihrer Einrichtung. Der aus der Zuleitungsdüse kommende Dampf strömt mit großer Geschwindigkeit gegen ein Laufrad, aus dem er noch mit ziemlich hoher absoluter Geschwindigkeit austritt. Mit dieser wird er gegen ein zweites Laufrad geschickt und darin verarbeitet. Der Uebertritt erfolgt dabei durch eine mit Löchern versehene Scheidewand ohne Vermittlung eines besonderen feststehenden Leitapparates. Jede Laufradachse trägt zum Zwecke der Kraftabnahme eine kleine Riemenscheibe, über die ein Riemen unter Vermittlung zweier größerer Scheiben geführt ist. Die eine der letzteren dient nur zum Anspannen des Riemens und ist zu diesem Zwecke vertikal verstellbar, die andre zur Arbeitsabgabe.

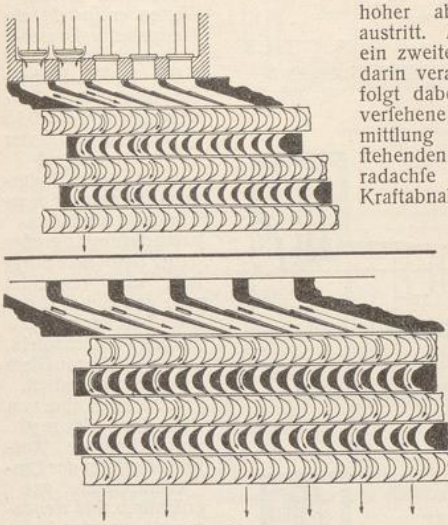


Fig. 29.



Fig. 27.

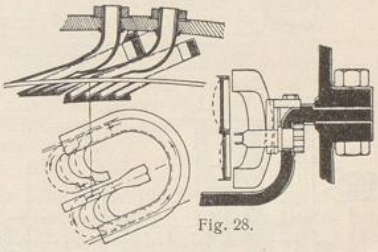


Fig. 28.

In wesentlich verschiedener Weise wird die Geschwindigkeitsabstufung bei solchen Turbinen erzielt, die nur nach einer Richtung umlaufende Räder besitzen und somit fester Zwischenleitapparate zum Auffangen und Umlenken der absoluten Austrittsgeschwindigkeit benötigen. Hierher gehören vor allem die Konstruktionen von Riedler-Stumpf und Curtis, aus denen die Turbine der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin entstanden ist, sowie die von der Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe gebaute Electra-Turbine [21]. Das Prinzip der letzteren [20] ist aus Fig. 27 zu erkennen. Eine Radialdruckturbine wird zuerst durch eine Lavalsche Dampfdüse von außen beaufschlagt. Den noch mit hoher Geschwindigkeit aus dem Rade austretenden Dampf fängt ein Umkehrapparat auf, der ihn von neuem, und zwar diesmal von innen, gegen das Laufrad schickt. Am äußeren Umfange austretend, wird er abermals aufgefangen, umgelenkt und zum dritten Male in die Turbine gesandt. Das Spiel kann sich noch öfters wiederholen. Auf diese Weise gelingt es, bei kleiner Radgröße mit verhältnismäßig geringer Umfangsgeschwindigkeit bezw. Tourenzahl eine annehmbare Dampfökonomie zu erzielen. Wo es nicht auf niedrigsten Dampfverbrauch, sondern mehr auf Einfachheit der Konstruktion ankommt, gebührt die Electra-Turbine in erster Linie genannt zu werden. Als sehr einfach und naheliegend ist das Mittel von Riedler-Stumpf [22] und Curtis [23] zu bezeichnen, das in einer Verringerung der Tourenzahl durch Vergrößerung des Raddurchmessers besteht und bei gleichzeitiger richtiger Benutzung der Vorteile der Geschwindigkeitsabstufung zu einer aus wenigen Elementen bestehenden Konstruktion führt. So ist eine 2000-PS.-Riedler-Stumpf-Turbine mit nur einem Rade von 2 m Durchmesser und 3000 Touren pro Minute — nach Riedler lassen sich solche Räder aus Nickelstahl noch mit fünffacher Bruchsicherheit herstellen — im Elektrizitätswerke zu Moabit zur Aufstellung gelangt, die bei 10 (13) Atmosphären Anfangsdruck, 295° (300°) Anfangstemperatur und

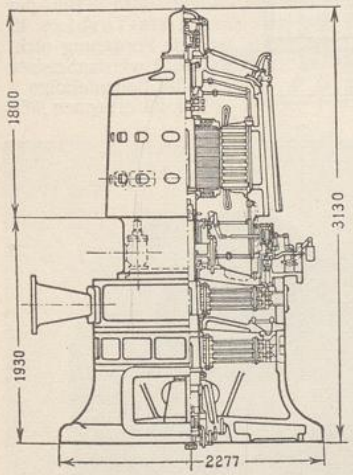
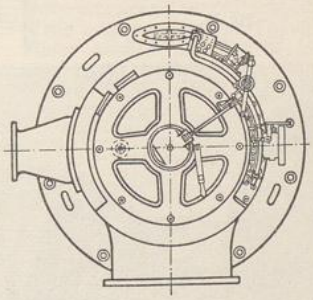


Fig. 30.



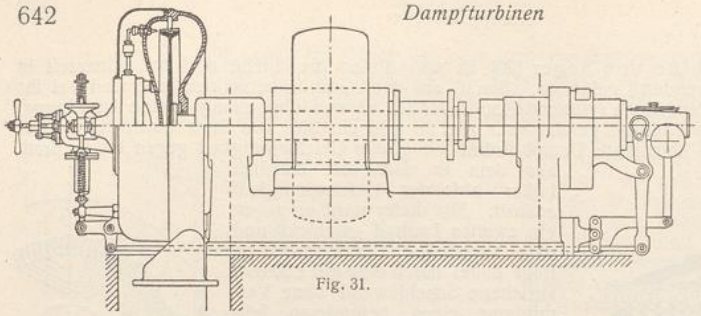


Fig. 31.

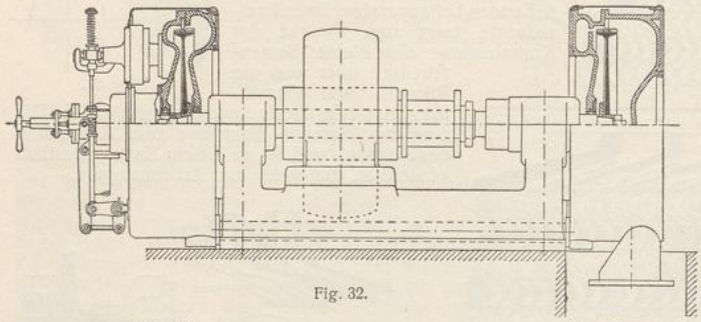


Fig. 32.

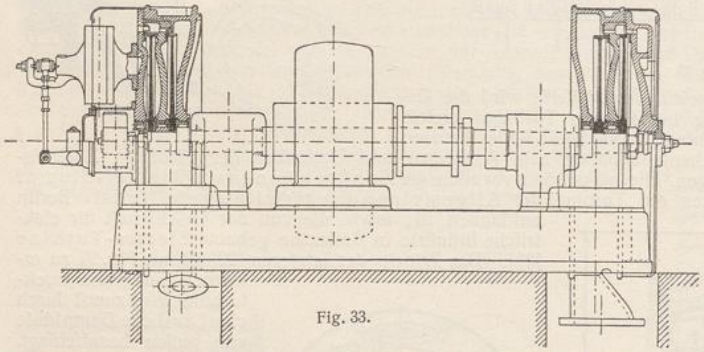


Fig. 33.

0,15 (0,0855) Atmosphären Gegendruck 8,89 (7,9) kg/Kilowattstunde = 6,04 (5,36) kg/PSe-Stunde brauchte. Diesen Werten entspricht ein reduzierter Dampfverbrauch von 6,60 (5,86) kg/PSe-Stunde, ein thermischer Wirkungsgrad $\eta_t = 0{,}15$ (0,17), ein indizierter Wirkungsgrad $\eta_i = 0{,}61$ (0,60). Natürlich erfordert die Ausbildung und Ausbalancierung so großer Räder besondere Sorgfalt, und vermeidet man daher bei ihnen die besondere Einsetzung von Schaufeln, die man lieber aus dem Vollen herausfräst. Fig. 28 zeigt eine von Riedler-Stumpf vorgeschlagene Ausführungsform der Umkehrapparate; wie ersichtlich, sind Wendepunkte in der Bahn des Dampfes vermieden, indem die Krümmung derselben stets gleichsinnig bleibt, ein Punkt, auf den wohl nicht mit Unrecht Gewicht gelegt wird. Bei der Curtis-Turbine ist diese Forderung nicht erfüllt, wie das Schema der Schaufelfolge Fig. 29 erkennen läßt.

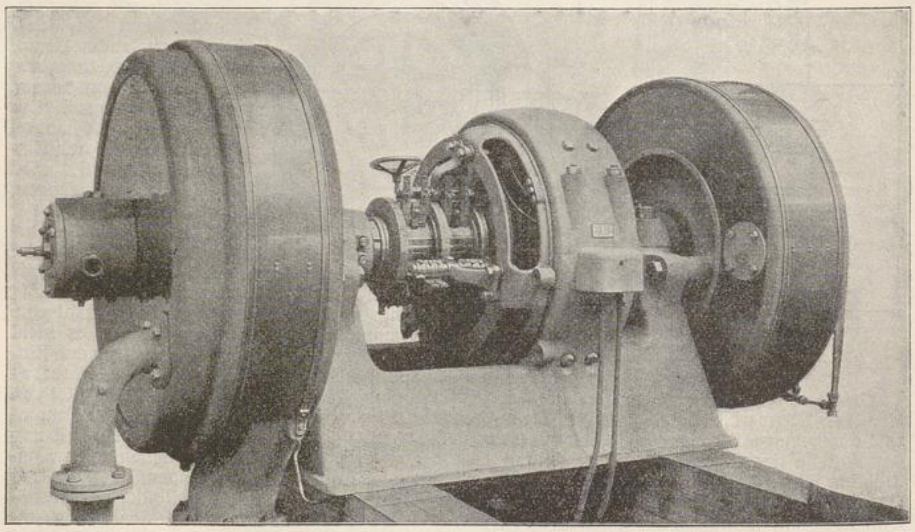


Fig. 34. (Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft Berlin.)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 30 ſtellt eine 500-Kilowatt-Turbine mit zwei Druck- und je drei Geſchwindigkeitsſtufen zur Hälfte im Schnitt dar. Die vertikale Bauart mit oben angeordneter Dynamo wird von den Amerikanern bevorzugt, doch ſind auch Curtis-Turbinen mit horizontaler Achſe zur Ausführung gelangt. Die erforderliche Bodenfläche iſt natürlich im erſteren Falle geringer als im letzteren, dagegen iſt die Montage und Zugänglichkeit bei der horizontalen Anordnung im allgemeinen bequemer. Fig. 31—33 ſtellen drei Typen der von der Allgemeinen Elektrizitätsgeſellſchaft Berlin [24] gebauten Turbine dar. Fig. 31 läßt eine einſtufige Turbine erkennen. Das Laufrad iſt fliegend an das Ende der Welle angeflanſcht, die, in zwei Lagern geführt, in der Mitte zwiſchen dieſen die Dynamo trägt. In Fig. 32 iſt man bereits zu zwei, in Fig. 33 ſogar zu vier Druckſtufen geſchritten, wobei in letzterem Falle eingebaute und bis nahe an die Welle geführte kräftige Scheidewände zur Abgrenzung der Druckräume vorgeſehen ſind. Fig. 34 zeigt eine Außenanſicht der Allgemeinen Elektrizitätsgeſellſchafts-Turbinen. Wie erſichtlich, iſt das Turbinengehäuſe fliegend gegen die Enden des Lagerbockes geſchraubt, ſo daß es ſich unter dem Einfluſſe der Wärme frei nach allen Seiten hin ausdehnen kann. Charakteriſtiſch für die Riedler-Stumpfſchen Konſtruktionen iſt noch die Dampfdüſe Fig. 35, die mit der Lavalſchen Düſe die Erweiterung gemein hat, ſich jedoch von dieſer dadurch unterſcheidet, daß das Querſchnittsprofil des erweiterten Teils, wie die einzelnen Schnitte *a—d* zeigen, allmählich von der runden in die viereckige Form übergeht. Dadurch ſoll ein ungünſtiges Arbeiten, wie es bei der elliptiſchen Geſtalt des Schnittes einer Lavalſchen Düſe mit der Radebene an den Enden der Ellipſe wegen Beauffchlagung der betreffenden Schaufeln auf einer ungenügenden Länge vermutlich ſtatthat, vermieden werden.

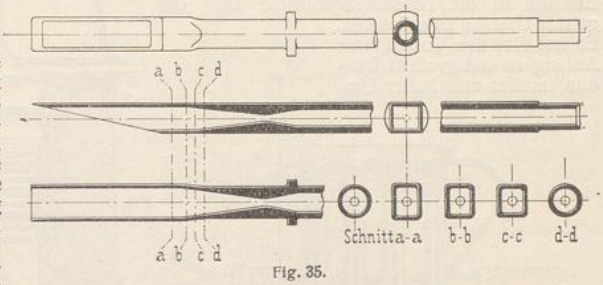


Fig. 35.

Schluß.

Es würde hier zu weit führen, auf die große Zahl der in jüngſter Zeit aufgetauchten Beſtrebungen und Konſtruktionen einzugehen. Zwei derſelben mögen hingegen noch kurz erwähnt werden. Die eine iſt die Turbine von Schulz [3], [25], die andre diejenige der Union-A.-G. Eſſen. Erſtere iſt in einer Stärke von 230 PS_e max. als Verbundturbine mit einem aus zehn nach dem Druck-, fünf nach dem Ueberdruckprinzip arbeitenden Lauffchaufelkränzen beſtehenden Hochdruckteil und einem als 15ſtufige Ueberdruckturbine eingerichteten Niederdruckteil in Verbindung mit einer aus Radial- und Axialturbine zuſammengeſetzten Rückwärtsturbine (für Schiffszwecke) ausgeführt, und der Gegenſtand ebenſo einfacher wie inſtruktiver Indizierverſuche geworden. Die Beauffchlagung der erſten zehn Druckſtufen des Hochdruckteils kann mit Hilfe von Ringſchiebern beliebig verändert und dem der jeweiligen Leiſtung der Turbine entſprechenden Dampfdurchgange in theoretiſch richtiger Weiſe angepaßt werden. Fig. 36 zeigt die in den einzelnen Stufen herrſchenden Drücke bei normaler, Fig. 36a bei verringerter Leiſtung, Fig. 37 eine aus vier Druck- und je zwei Geſchwindigkeitsunterſtufen beſtehende Schulz-Turbine neuerer Konſtruktion für Dynamoantrieb. Für den Fall der Benutzung des Ueberdruckprinzips wendet Schulz zur Aufhebung des Axialſchubs an Stelle der Parſonsſchen Ausgleichkolben das ebenſo bemerkenswerte wie einfache Mittel an, die Turbine in einen Hoch- und Niederdruckteil zu zerlegen und beide in entgegengeſetzter Richtung vom Dampfe durchſtrömen zu laſſen, ſo daß die axialen Schübe einander entgegenwirken und ſich gänzlich oder bis zu einem beliebigen Reſtbetrage kompenſieren. Die Union-Turbine (Fig. 38) hingegen ſtellt einen Verſuch dar, bei vertikaler Anordnung der Turbinenwelle den axialen Schub dem Gewichte der drehbaren Teile entgegenwirken zu laſſen und dieſes ſomit ganz oder teilweiſe aufzuheben, indem der Dampf die Turbine von unten nach oben durchſtrömt. Letztere iſt in ihrem Niederdruckteil als Ueberdruckturbine

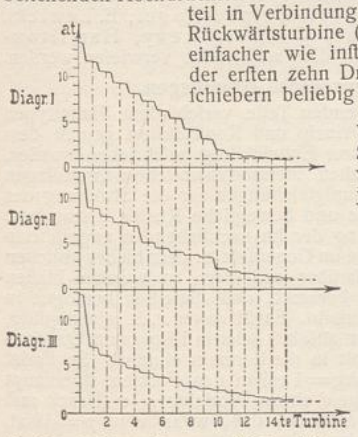


Fig. 36a. Indikatordiagramm (22. Jan. 1901).
Diagramm I: Die Leiträder 1—10 erhalten $^1/_6$ Durchgang; 1310 Umgänge.
Diagramm II: Die Leiträder 1, 5 und 10 erhalten $^1/_6$ Durchgang; 1440 Umgänge.
Diagramm III: Leitrad 1 erhält $^1/_6$ Durchgang; 1440 Umgänge.

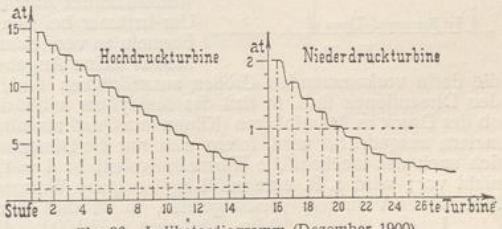


Fig. 36. Indikatordiagramm (Dezember 1900). 2050 Umgänge pro Minute.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ausgebildet, der vierſtufige Hochdruckteil iſt aus Druckturbinen zuſammengeſetzt, wobei die Laufräder mit taſchenförmig in den Umfang eingefräſten peltonartigen Schaufeln verſehen ſind und tangentialer Beaufſchlagung unterliegen. Letztere iſt im Anfange eine partielle und nimmt mit fortſchreitender Expanſion zu, um ſich beim Eintritte in die Niederdruckturbine über den ganzen Umfang zu erſtrecken.

Es hat dies den Vorteil, von Anfang an mit großem Raddurchmeſſer und hoher Um-

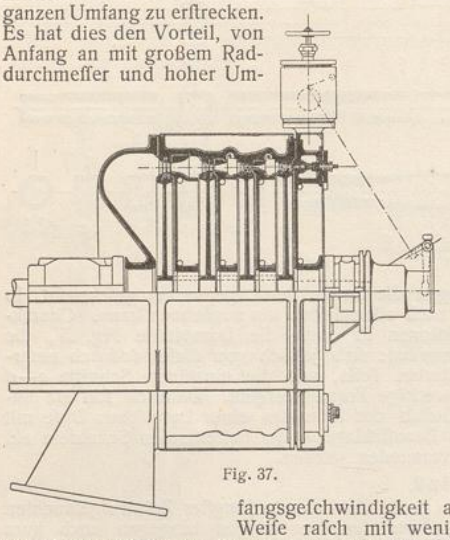


Fig. 37.

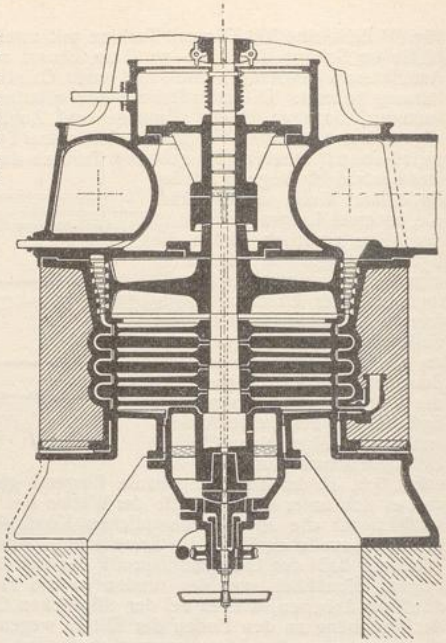


Fig. 38.

fangsgeſchwindigkeit arbeiten und das disponible Gefälle auf dieſe Weiſe raſch mit wenig Rädern aufarbeiten zu können; denn käme das Ueberdruckprinzip bereits bei den erſten Stufen zur Anwendung, ſo würden ſich infolge des noch geringen ſpezifiſchen Dampfvolumens bei der erforderlichen vollen Beaufſchlagung unzuläſſig geringe Schaufellängen ergeben, ſofern man nicht wie Parſons durch eine große Zahl von Druckſtufen die Dampfgeſchwindigkeit in niedrigen Grenzen hält. Bezüglich der weiteren Konſtruktionen und Beſtrebungen von Lindmarck, Breguet, Gelpke-Kugel, E. Lewicki, Nadrowski, Fullagar, Dolder, Levy, Hamilton-Holzwarth u. a. muß auf die Fachliteratur verwieſen werden.

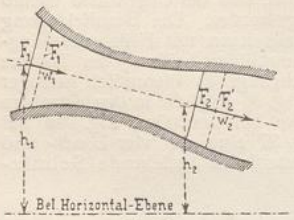


Fig 39.

Thermodynamiſche Grundlagen.

Nachdem im vorſtehenden Teile verſchiedene Haupttypen der Dampfturbine nach Prinzip und Konſtruktion gemäß dem gegenwärtigen Stande ihrer Entwicklung beſchrieben wurden, erübrigt es, die eigentlichen thermodynamiſchen Grundlagen nachzutragen und die Hauptgleichungen für die Strömung des Waſſerdampfes durch feſte und bewegliche Kanäle anzugeben. Um Irrtümer bei Benutzung der im nachſtehenden angeführten Formeln zu vermeiden, die im Gegenſatz zu dem bisher üblichen Modus keine Angaben darüber enthalten, in welchen Maßen die darin vorkommenden Größen auszudrücken ſind, ſei bemerkt, daß dieſelben homogen in den Dimenſionen ſind, ſo daß das Maßſyſtem willkürlich bleibt. Es iſt daher z. B. gleichgültig, ob der Druck in Atmoſphären (Kilogramm/Quadratzentimeter abſolut) oder in Kilogramm/Quadratmetern ausgedrückt wird, ſofern man nur die Dimenſion mit in die Formeln einführt. So findet ſich auch das mechaniſche Wärmeäquivalent $1 : A = 424\ \text{mkg} = 1\ \text{cal}$ in den Formeln überhaupt nicht vor; wird z. B. eine auf 1 kg bezogene Wärmemenge i einem Produkte $p \cdot v$ (Druck mal ſpezifiſches Volumen) gleich geſetzt, ſo iſt dies ſo zu verſtehen, daß, wenn etwa $p = 10$ at, $v = \frac{1}{10}\frac{\text{cbm}}{\text{kg}}$ iſt, $i = \frac{10\ \text{kg}}{\text{qcm}} \cdot \frac{1}{10}\frac{\text{cbm}}{\text{kg}} = \frac{10000}{424} \cdot \frac{424\ \text{mkg}}{\text{kg}} = 23{,}58\frac{\text{cal}}{\text{kg}}$ wird. Dadurch fallen die ſchleppenden Angaben über die zu benutzenden Maße fort, und die Formeln erlangen ſelbſtändige Gültigkeit. Gegeben ſei ein ruhendes Rohr Fig. 39 mit veränderlichem Querſchnitte, durch das Dampf im Beharrungszuſtande ſtröme [26]. Die Bewegung erfolge in benachbarten Stromfäden ſo gleichartig, daß die Einführung von Mittelwerten für die den einzelnen Querſchnitten zukommenden Zuſtandsgrößen des Dampfes gerechtfertigt erſcheint. In dieſem Sinne ſei in einem beliebigen Querſchnitte F_1 w_1 die Dampfgeſchwindigkeit, p_1 der Druck, v_1 das ſpezifiſche Volumen, u_1 die innere Energie oder Arbeitsfähigkeit, h_1 die Höhe über einem beliebig gewählten Horizontalniveau. Die für einen beliebigen zweiten Querſchnitt F_2 geltenden entſprechenden Größen mögen mit dem Zeiger 2 behaftet ſein. Iſt dann G das pro Sekunde durch jeden Querſchnitt ſtrömende Dampfgewicht, ſo gilt die Kontinuitätsgleichung:

$$G = \frac{F_1 w_1}{v_1} = \frac{F_2 w_2}{v_2}. \qquad 1.$$

Nun denke man sich den zwischen den Querschnitten F_1 und F_2 befindlichen Teil des Dampfstromes von dem vorausgehenden und nachfolgenden gewissermaßen durch ideelle Scheidewände abgetrennt und zu zwei unendlich benachbarten Zeitpunkten betrachtet. Während der Zeit dt rückt der Querschnitt F_1 um das Stück $w_1\,dt$ nach F_1', F_2 um $w_2\,dt$ nach F_2' vor. Dabei erhält das betrachtete Dampfabteil Energiezufuhr von außen. Als solche ist zu nennen: 1. etwa von außen zugeführte Wärme; dieselbe betrage $Q_{12}\cdot G\,dt$ (durch Abkühlung entzogene Wärme wäre negativ in Rechnung zu stellen); 2. die Arbeit $F_1 p_1 w_1\,dt - F_2 p_2 w_2\,dt$, die von der nachfolgenden und der vorausgehenden Dampfsäule geleistet wird. Die Summe dieser Arbeiten muß sich in der Erhöhung des Energieinhaltes des Dampfes wieder finden. Dieser setzt sich aus der Summe der Energieinhalte aller einzelnen Teile zusammen. Dem vorausgesetzten Beharrungszustande entsprechend birgt nun der zwischen F_1' und F_2 befindliche Raum zu Ende der Zeit dt Dampf von genau derselben Menge und Beschaffenheit wie zu Anfang, wenn auch einige Dampfteilchen ausgetreten, andre neu eingetreten sind. Bei einem Vergleiche des Energieinhaltes der zwischen F_2' und F_1' zur Zeit dt enthaltenen Dampfmenge mit demjenigen der zu Anfang zwischen F_1 und F_2 enthalten gewesenen fällt daher der Energieinhalt des zwischen F_1' und F_2 befindlichen Teiles aus der Betrachtung heraus, und die gesuchte Energiedifferenz ergibt sich als Ueberschuß der Energiemenge des zwischen F_2 und F_2' eingeschlossenen Dampfes gegenüber derjenigen, die der von F_1 und F_1' begrenzte Teil besitzt. Die Energie jedes der beiden Teile besteht nun aus den drei Summanden: innere Energie $G\,dt\cdot u$, kinetische Energie $G\,dt\,\frac{w^2}{2g}$ und potentielle Energie $G\,dt\cdot h$, so daß als gesuchte Energiedifferenz erscheint:

$$G\,dt\,(u_2-u_1)+G\,dt\,\frac{w_2^2-w_1^2}{2g}+G\,dt\,(h_2-h_1).$$

Man hat daher die Gleichung

$$Q_{12}\,G\,dt+F_1 p_1 w_1\,dt-F_2 p_2 w_2\,dt=G\,dt\,(u_2-u_1)+G\,dt\,\frac{w_2^2-w_1^2}{2g}+G\,dt\,(h_2-h_1).$$

Durch Division mit $G\,dt$ folgt unter Beachtung von Gleichung 1.:

$$Q_{12}=u_2+p_2 v_2-(u_1+p_1 v_1)+\frac{w_2^2-w_1^2}{2g}+h_2-h_1,$$

welche Gleichung man unter Einführung des Begriffes der Erzeugungswärme $i=u+p\cdot v$ [27] d. h. derjenigen Wärme, die zur Erzeugung von 1 kg Dampf bei unverändertem Drucke p aus Wasser von 0° erforderlich ist, in der Form $Q_{12}=i_2-i_1+\frac{w_2^2-w_1^2}{2g}+h_2-h_1$ schreiben kann. In dieser Gleichung macht man nun stets die durchaus zulässige Annahme, daß die Differenz h_2-h_1 gegenüber den andern in der Gleichung auftretenden Größen als verschwindend klein vernachlässigt werden darf, und hat damit

$$Q_{12}=i_2-i_1+\frac{w_2^2-w_1^2}{2g}. \qquad 2.$$

Zu beachten ist, daß diese Beziehung einschließlich aller etwaigen Reibungs- oder Strömungswiderstände gilt. Hätte man den Dampf auf dem Wege von F_1 nach F_2 etwa durch eine Turbine geschickt und ihn somit gezwungen, während der Zeit dt die Arbeit $V_{12}\,G\,dt$ nach außen abzugeben, so würde diese Energiemenge noch in Abzug zu bringen gewesen sein, und die erweiterte Gleichung hätte, immer unter Voraussetzung des Beharrungszustandes,

$$Q_{12}-V_{12}=i_2-i_1+\frac{w_2^2-w_1^2}{2g} \qquad 2\,a.$$

gelautet. In Gleichung 2. darf nun im allgemeinen stets $Q_{12}=0$ gesetzt werden, was zu

$$0=i_2-i_1+\frac{w_2^2-w_1^2}{2g} \qquad 2\,b.$$

führt. Die Gleichung 2b. im Verein mit Gleichung 1. genügt nicht, um den Strömungsvorgang festzulegen, es erübrigt noch der Reibung [26], [28] Rechnung zu tragen. Dies kann auf Grund folgender Ueberlegung geschehen [29]: Sei in der schematischen Anordnung Fig. 40 A ein Sammelbehälter, von dem aus Dampf (oder Gas) vom Zustande $p_1 v_1$ durch die Düse B gegen die Turbine C ströme. Nach Abgabe der Arbeit V_{12} pro Kilogramm an die Turbine erfülle er als ruhender Dampf vom Zustande $p_2 v_2$ die Kammer D. Der Kolben F im Zylinder E sauge ihn bei unverändertem Drucke p_2 an (Zustandslinie 6 2), komprimiere ihn isotherm längs 2 3, dann adiabatisch längs 3 4, wobei in 4 die Anfangstemperatur T_1 erreicht sei. Die Isotherme 4 1 führe auf den Anfangszustand $p_1 v_1$ zurück. Von 1 ab werde der Dampf bei konstantem Drucke p_1 auf dem Wege 1 5 in den Sammelraum A hineingedrückt, wodurch in diesem wieder dieselbe Menge Dampf wie zu Anfang enthalten ist. Der ganze Vorgang ist kontinuierlich zu denken, so daß der Beharrungszustand ständig aufrechterhalten wird. Von einer Wärmeabgabe nach außen sei abgesehen und der Betrachtung 1 kg Dampf zugrunde gelegt. Dasselbe leistet insgesamt die Arbeit

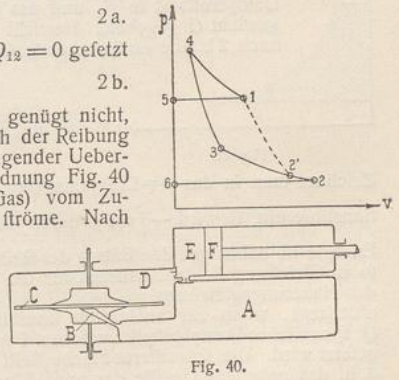


Fig. 40.

$$V_{12}+\int_6^3 p\,dv+\int_3^4 p\,dv+\int_4^5 p\,dv+\int_1^5 p\,dv,$$

wobei $\int_6^2 p\,dv=p_2 v_2$, $\int_1^5 p\,dv=-p_1 v_1$, und nach 2a. wegen Q_{12}, w_2 und $w_1=0$

$$V_{12}=i_1-i_2 \qquad 2\,c.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gesetzt werden darf. Diese Arbeitssumme kann nicht größer sein als die Arbeit L des entsprechenden, d. h. zwischen den gleichen Temperaturgrenzen liegenden, nach oben von der Isotherme 4 1 begrenzten Carnotschen Prozesses [30]. Legt man durch 1 die Adiabate 1 2′ bis zum Schnitte 2′ mit der Isotherme 2 3, so ist

$$L = \int_1^{2'} p\,dv + \int_{2'}^{3} p\,dv + \int_3^4 p\,dv + \int_4^1 p\,dv, \text{ und es folgt}$$

$$i_1 - i_2 + p_2 v_2 + \int_2^3 p\,dv + \int_3^4 p\,dv + \int_4^1 p\,dv - p_1 v_1 + Z_{12} = \int_1^{2'} p\,dv + \int_{2'}^3 p\,dv + \int_3^4 p\,dv + \int_4^1 p\,dv,$$

wobei Z_{12} der stets positive Energieverlust ist. Da bei adiabatischer Expansion die geleistete Arbeit gleich der Abnahme der inneren Energie ist, wird $\int_1^{2'} p\,dv = u_1 - u_2'$. Berücksichtigt man ferner $i_1 - p_1 v_1 = u_1$, $i_2 - p_2 v_2 = u_2$ und $\int_{2'}^3 p\,dv - \int_2^3 p\,dv = \int_{2'}^2 p\,dv$, so folgt

$$Z_{12} = u_2 - u_2' + \int_{2'}^2 p\,dv.$$

Die rechte Seite ist der Ausdruck für die auf der Isotherme 3 2 längs des Weges 2′ 2 zugeführte Wärmemenge $Q_2'_2$, so daß endlich $Z_{12} = Q_2'_2$ wird. Da Z_{12} stets positiv ist, kann 2 nie links, sondern stets nur rechts von 2′ liegen. Fällt 2 mit 2′ zusammen, so wird $Q_2'_2$ und damit Z_{12} Null und man hat das Maximum der Arbeit erhalten. Dasselbe wird nach 2c.

$$V_{12}\,\text{max.} = i_1 - i_2'. \qquad 2\,c'.$$

Dies ist nach der obigen Bezeichnungsweise das gegebene oder disponible Gefälle. Insofern der Dampf im Punkte 2′ naß ist, ist die Isotherme in 2′ mit der Isobare identisch und man kann von einem gegebenen Gegendrucke sprechen, obgleich das, wodurch man in der Dampfausnutzung nach unten zu begrenzt ist (abgesehen von Auspuffmaschinen), nicht der Druck, sondern die Temperatur ist. Man kann daher, da der Endzustand des Dampfes in der Regel stets innerhalb des Sättigungsgebietes liegen wird, das Gefälle als die Abnahme der Erzeugungswärme zwischen dem Anfangszustande und dem durch adiabatische Expansion auf den Gegendruck erlangten Endzustand definieren. Mit T_2 als unterer absoluter Temperatur, s_2 als Entropie in 2, s_1 als Entropie in 1 bezw. 2′ schreibt sich der Energieverlust Z_{12} auch $Z_{12} = T_2 (s_2 - s_1)$. Würde man in Fig. 40 die wahre, die Punkte 1 und 2 verbindende Zustandskurve sowie eine Schar von Adiabaten einzeichnen, so müßten diese von jener stets im Sinne wachsender Entropie geschnitten werden, d. h. die Zustandsänderung des Dampfes erfolgt, als würde ihm von außen Wärme zugeführt. Diese scheinbar zugeführte Wärme definiert man als Reibungswärme und macht daher für die Strömung des Dampfes durch ein Rohr oder eine Turbine den Ansatz $dR = du + p\,dv = di - v\,dp$ oder in Integralform

$$R_{12} = u_2 - u_1 + \int_1^2 p\,dv = i_2 - i_1 - \int_1^2 v\,dp, \qquad 3.$$

worin dR bezw. R_{12} die stets positive Reibungswärme repräsentiert. Bei der Strömung des Dampfes durch ein Rohr stelle R_{12} die zwischen den Querschnitten F_1 und F_2 entwickelte Reibungswärme vor. Die Gleichungen 1., 2b. und 3. bestimmen im allgemeinen den Ausfluß des Dampfes durch Rohre, sobald über R_{12} Annahmen gemacht werden. Es sei F_1 sehr groß und w_1 als verschwindend klein zu vernachlässigen. Ferner sei der Dampfzustand in F_1 und das pro Sekunde durch jeden Querschnitt gehende Dampfgewicht G gegeben. Herrscht dann in einem Querschnitte F_2 der Druck p_2, so ist nach 2b. die entsprechende Geschwindigkeit w_2 an die Bedingung geknüpft

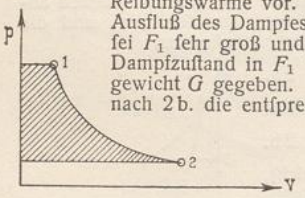


Fig. 41.

$$\frac{w_2^2}{2g} = i_1 - i_2, \qquad 2\,d.$$

und die Verbindung mit Gleichung 3. gibt

$$\frac{w_2^2}{2g} = -\int_1^2 v\,dp - R_{12}. \qquad 4.$$

Zeichnet man in das p/v-Diagramm (Fig. 41) die vom Anfangszustande $p_1 v_1$ ausgehende Expansionslinie ein, so wird $-\int_1^2 v\,dp$ durch die schraffierte Fläche dargestellt. Die erzeugte kinetische Energie ist daher um den Betrag der Reibungsarbeit kleiner als diese Fläche. Ist R_{12} gleich Null, so ist Gleichung 3. der Ausdruck für die adiabatische Zustandsänderung, die nach Zeuner [26a] der Näherungsgleichung

$$p \cdot v^n = \text{const} \qquad 5.$$

unterliegt, wenn für anfänglich überhitzten Dampf $n = 1{,}333$, für nassen $n = 1{,}035 + 0{,}1\,x$ (x spezifischer Dampfgehalt zwischen 1 und 0,7), somit für trocken gesättigten Dampf $n = 1{,}135$ gesetzt wird. Die schraffierte Fläche stellt alsdann die erzeugte kinetische Energie pro Kilogramm, d. h. das gegebene Gefälle dar und ist, wie ersichtlich, mit der Arbeit einer verlustfreien Dampfmaschine identisch, für deren Berechnung bei anfänglich gesättigtem Dampfe Mollier die Näherungsformel

$$-\int_1^2 v\,dp = = \frac{\log p_1 - \log p_2}{6{,}87 - 0{,}9 \log p_2/\text{at}} \cdot 637\ \text{cal/kg}$$

gegeben hat. Bei Benutzung von Gleichung 5. erhält man hingegen

$$-\int_1^2 v\,dp = \frac{n p_1 v_1}{n-1}\left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right), \qquad 4a.$$

so daß

$$w_2 = \sqrt{\frac{2 g n p_1 v_1}{n-1}\left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right)} \text{ folgt [31].} \qquad 6.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da nach 5. $v_2 = v_1 \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{n}}$ iſt, wird nach 1.

$$G = \frac{F_2 w_2}{v_2} = F_2 \sqrt{\frac{2 g n}{n-1} \frac{p_1}{v_1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{n}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n+1}{n}}\right]}, \qquad 7.$$

welche Formel umgekehrt bei gegebenem F_2 und p_2 zur Berechnung der Ausflußmenge G benutzt werden kann. Der Wurzelausdruck beſitzt als Funktion von p_2 ein Maximum, das durch Differentiation leicht zu

$$\sqrt{\frac{g n p_1}{v_1} \left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n+1}{n-1}}}$$

erhältlich iſt und bei dem ſogenannten kritiſchen Drucke

$$p_m = p_1 \left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n}{n-1}} \qquad 8.$$

$$= 0{,}5774\ p_1, \quad \text{für } n = 1{,}135 \qquad 8\,a.$$

$$= 0{,}5396\ p_1, \quad \text{für } n = 1{,}333 \qquad 8\,b.$$

eintritt. Da das Produkt aus F_2 und dem Wurzelausdruck für alle Stellen des Rohres nach 7. konſtant iſt, muß F_2 bis zu einem Minimum ab- und dann wieder zunehmen, wobei ſich im engſten Querſchnitte F_m der kritiſche Druck einſtellen muß, wenn die Expanſion bis unter den kritiſchen Druck erfolgen ſoll. Sonach wird

$$G = F_m \sqrt{\frac{g n p_1}{v_1} \left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n+1}{n-1}}} \qquad 9.$$

und die Geſchwindigkeit im engſten Querſchnitte auf Grund von 6. und 8.

$$w_m = \sqrt{\frac{2 g n p_1 v_1}{n+1}}. \qquad 10.$$

Im Falle anfänglich geſättigten Dampfes ($n = 1{,}135$) wird

$$G = 19{,}91 \frac{F_m}{\text{qcm}} \sqrt{\frac{p_1/\text{at}}{v_1/\frac{\text{cbm}}{\text{kg}}}}\ \text{gr/sec} \qquad 9\,a.$$

$$w_m = 323 \sqrt{\frac{p_1}{\text{at}} \frac{v_1}{\frac{\text{cbm}}{\text{kg}}}}\ \text{m/sec}. \qquad 10\,a.$$

Nimmt man noch die Zeunerſche Näherungsgleichung der Grenzkurve [26b]

$$\left(\frac{p}{\text{at}}\right)\left(\frac{v}{\text{cbm/kg}}\right)^{1{,}0646} = 1{,}7617 \qquad 11.$$

zu Hilfe, ſo gehen 9a. und 10a. über in

$$G = \frac{F_m}{\text{qcm}} 15{,}26 \left[\frac{p_1}{\text{at}}\right]^{0{,}9696}\ \text{gr/sec} \qquad 9\,b.$$

$$w_m = 421{,}4 \left[\frac{p_1}{\text{at}}\right]^{0{,}0303}\ \text{m/sec}. \qquad 10\,b.$$

Für praktiſche Zwecke als ſehr bequem und hinreichend genau empfiehlt ſich auch zur Berechnung von G ſtatt 9b. die Näherungsformel

$$G = \frac{F_m}{\text{qcm}} \left(\frac{p_1}{\text{at}}\right)\left[15{,}26 - 1{,}07 \log\left(\frac{p_1}{\text{at}}\right)\right]\ \text{gr/sec}. \qquad 9\,b'.$$

Bei überhitztem Dampf $n = 1{,}333$ wird

$$G = 21{,}09 \frac{F_m}{\text{qcm}} \sqrt{\frac{p_1/\text{at}}{v_1/\text{cbm/kg}}}\ \text{gr/sec}, \qquad 9\,c.$$

$$w_m = 334{,}8 \sqrt{\frac{p_1}{\text{at}} \cdot \frac{v_1}{\text{cbm/kg}}}\ \text{m/sec}. \qquad 10\,c.$$

Fällt der engſte Querſchnitt des Rohres mit dem Ausſtrömungsquerſchnitte zuſammen, hat man es alſo z. B. mit einer konvergenten Düſe oder gut abgerundeten Mündung zu tun, und iſt p_0 der Gegendruck, d. h. der Druck in der den ausſtrömenden Dampf aufnehmenden Vorlage, ſo ſtellt ſich dieſer im Endquerſchnitte ein, ſofern er größer oder gleich p_m iſt. In dieſem Falle gelten die Formeln 6. und 7. mit $p_2 = p_0$. Für ſehr kleine Druckdifferenzen iſt es zuläſſig, in 4. für die Fläche $-\int_1^2 v\,dp$ $v_1 (p_1 - p_0)$, d. h. ein Rechteck zu ſetzen. Damit tritt an Stelle von 6.

$$w_2 = \sqrt{2 g p_1 v_1 \left(1 - \frac{p_0}{p_1}\right)} \qquad 6\,a.$$

$$\text{bezw. } w_2 = 579 \left(\frac{p_1}{\text{at}}\right)^{0{,}03} \cdot \sqrt{1 - \frac{p_0}{p_1}}\ \text{m/sec} \qquad 6\,b.$$

für anfänglich trocken geſättigten Dampf.

Iſt jedoch $p_0 \leq p_m$, ſo kann der Dampf mangels einer Querſchnittseinſchnürung mit darauf folgender Erweiterung nicht bis auf p_0 expandieren, ſondern es ſtellt ſich, unabhängig von p_0, der kritiſche Druck p_m im Endquerſchnitte ein, und die Formeln 9. und 10. bezw. 9a., 10a., 9b. und 10b. treten in Kraft. Aus den beiden letztgenannten geht hervor, daß alsdann die Ausflußmenge bei zu Beginn geſättigtem Dampfe dem Anfangsdrucke p_1 nahezu proportional iſt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

während die Ausſtrömgeſchwindigkeit von p_1 faſt unabhängig iſt und im Mittel 450 m/sec beträgt (Schallgeſchwindigkeit für Dampf vom Expanſionsendzuſtande). Auf beide hat dann die Größe von p_0 keinen Einfluß. — Fällt der engſte Querſchnitt F_m jedoch nicht mit dem Ausſtrömungsquerſchnitte F_2 zuſammen, ſondern liegt eine ſich nach einer Einſchnürung wieder erweiternde Düſe vor, ſo beſtimmen Gleichung 7. und 9., aus denen man ſich G eliminiert denken kann, zuſammen einen Druck p_2 (ſtreng genommen 2, da die ſich ergebende Gleichung 2 reelle Wurzeln beſitzt [32]), der mit p_0 z. B. bei einer richtig konſtruierten Laval-Düſe identiſch ſein muß. Bei einer ſolchen beſtimmt ſich danach das Erweiterungsverhältnis [1a], d. h. das Verhältnis zwiſchen Austrittsquerſchnitt F_0 und engſtem Querſchnitt F_m nach 7. und 9. zu

$$\frac{F_0}{F_m} = \sqrt{\frac{\frac{n-1}{2}\left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n+1}{n-1}}}{\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{2}{n}} - \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{n+1}{n}}}} \qquad 12.$$

$$= \frac{0{,}155}{\sqrt{\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{1{,}762} - \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{1{,}881}}} \quad \text{für } n = 1{,}135, \qquad 12\,a.$$

während das Verhältnis der Ausſtrömgeſchwindigkeit w_0 zur Geſchwindigkeit im engſten Querſchnitte w_m durch Diviſion von 6. und 10. mit $w_2 = w_0$ zu

$$\frac{w_0}{w_m} = \sqrt{\frac{n+1}{n-1}\left[1 - \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right]} \qquad 13.$$

$$= 3{,}9768\sqrt{1 - \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{0{,}1189}} \quad \text{für } n = 1{,}135 \qquad 13a.$$

folgt. Auf Grund der Formeln 8a., 9a., 10a., 12a. und 13a. hat Zeuner [1a] für eine Reihe von Anfangsdrücken p_1 bezw. Druckverhältniſſen $\frac{p_0}{p_1}$ die beiden nachſtehenden Tabellen berechnet, die ſonach nur für anfänglich geſättigten Dampf gelten und von denen die erſte hier noch um die drei letzten Spalten erweitert worden iſt.

p_1/at	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
p_m/at	2,887	3,465	4,042	4,619	5,197	5,774	6,352	6,929	7,506	8,084	8,661
$\frac{G}{F_m}$ / $\frac{\text{grsec}^{-1}}{\text{qcm}}$	72,7	86,7	100,7	114,6	128,5	142,3	156,1	169,8	183,5	197,2	210,8
w_m/msec^{-1}	442,4	444,9	447,0	448,8	450,4	451,8	453,1	454,3	455,5	456,5	457,4

$\frac{p_1}{p_0}$	2	4	6	8	10	20	50	60	70	80	90	100
$\frac{F_0}{F_m}$	1,015	1,349	1,716	2,069	2,436	3,966	7,980	9,163	10,395	11,555	12,690	13,802
$\frac{w_0}{w_m}$	1,119	1,550	1,742	1,861	1,924	2,177	2,426	2,469	2,505	2,535	2,560	2,583
$\sqrt{\frac{F_0}{F_m}}$	1,007	1,161	1,310	1,438	1,561	1,991	2,825	3,027	3,224	3,399	3;562	3,715

Die letzte Zeile der zweiten Tabelle gibt für kreisförmige Düſenquerſchnitte das Durchmeſſerverhältnis von F_0 und F_m an. Sinkt bei einer Laval-Düſe der Gegendruck p_0 unter den der Düſenerweiterung entſprechenden Druck p_2, ſo erfolgt die Expanſion demungeachtet innerhalb der Düſe nur bis zum Drucke p_2, und die maximale Geſchwindigkeit wird wegen ungenügender Düſenerweiterung im Austrittsquerſchnitte nicht erreicht; iſt endlich $p_0 > p_2$, ſo treten Verhältniſſe ein, die erſt in neuerer Zeit durch die experimentellen Unterſuchungen Stodolas eine Klärung erfahren haben und deren theoretiſche Erklärung auf der Vorausſetzung einer Unſtetigkeit im Expanſionsvorgange, dem ſogenannten Verdichtungsſtoße, baſiert, auf den weiter unten eingegangen werden ſoll. Vorerſt mögen die vorſtehenden Entwicklungen dahin eine Erweiterung erfahren, daß von der beſchränkenden Annahme polytropiſcher Expanſion (Gleichung 5.) abgeſehen werden und von den allgemeinen Gleichungen zunächſt immer noch unter der Vorausſetzung reibungsfreier Strömung Gebrauch gemacht werden ſoll. Da gilt es zunächſt für einen gegebenen Anfangszuſtand des Dampfes und gegebenen Gegendruck das Gefälle zu berechnen, was nach Gleichung 2c. zu erfolgen hat. Dieſe ſetzt die Kenntnis der Erzeugungswärme i voraus, die ſich, ſofern alle Größen der linken Grenzkurve mit einem Strich, alle Größen der rechten Grenzkurve mit zwei Strichen bezeichnet werden, nach den Formeln berechnet: a) bei naſſem Dampf $i = i' + x(i'' - i') = i'' - y(i'' - i')$ 14.
(x ſpezifiſcher Dampfgehalt, $y = 1 - x$ ſpezifiſche Dampfnäſſe); b) bei überhitztem Dampfe

$$i = i'' + c_p(t - t'') \qquad 15.$$

(c_p ſpezifiſche Wärme bei konſtantem Druck, t Temperatur nach Celſius). Die auf die Grenzkurven bezüglichen Werte finden ſich in den Regnault-Zeunerſchen Dampftabellen mit großer Genauigkeit angegeben, mit Bezug auf die Zeunerſchen Bezeichnungsweiſen iſt i'' mit der Geſamtwärme λ, i' mit der Flüſſigkeitswärme q praktiſch identiſch, $i'' - i'$ wird gewöhnlich als Verdampfungswärme r bezeichnet. Ueber die Größe c_p fehlen noch in der Literatur

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

einwandfreie Angaben. Als Mittel aus Verſuchen von Regnault [33] ſetzt man meiſt mit Zeuner

$$c_p = 0{,}4805, \tag{16.}$$

obgleich c_p ſicher keine Konſtante iſt [34].

Die Entropie s, die während der adiabatiſchen Expanſion auf den Gegendruck konſtant bleibt, wird berechnet nach den Beziehungen: a) bei naſſem Dampf:

$$s = s' + x\frac{(i'' - i')}{T''} = s'' - y\frac{i'' - i'}{T''}, \tag{17.}$$

worin s' und s'' wieder den Dampftabellen zu entnehmen ſind, b) bei überhitztem Dampf:

$$s = s'' + 0{,}4805 \log n \frac{T}{T''}. \tag{18.}$$

Die Elimination von x bezw. y aus 14. und 17. führt zu der neuen Gleichung

$$i = (s - s')\,T'' + i' \text{ (naſſer Dampf)}, \tag{19.}$$

diejenige von t bezw. T aus 15. und 18. zu

$$i = \left(e^{\frac{s - s''}{0{,}4805}} - 1\right) 0{,}4805\,T'' + i'' \text{ (überhitzter Dampf)}. \tag{20.}$$

Die genaue Berechnung des Gefälles auf Grund von 2c. muß nun in der Weiſe erfolgen, daß zunächſt die Erzeugungswärme i_1 nach 14. bezw. 15. ermittelt wird. Dann berechnet man die zugehörige Entropie nach 17. bezw. 18, ſetzt ſie in 19. bezw. 20. ein und findet daraus bei bekanntem p_2 den Wert von i_2 im Expanſionsendzuſtande. Damit hat man das Gefälle $i_1 - i_2$ und ſomit die maximale kinetiſche Energie $\frac{w_2^2}{2g}$. Dieſe immerhin umſtändlichen Rechnungen zu vermeiden, tritt nun die graphiſche Darſtellung in ihr Recht, und hier iſt vor allem das Diagramm der Erzeugungswärme von Mollier [27] zu nennen, das jedes Gefälle unmittelbar als Strecke abzuleſen geſtattet. Bei demſelben findet ſich die Erzeugungswärme i als Funktion der Entropie s aufgetragen. Jeder adiabatiſchen Zuſtandsänderung entſpricht eine Parallele zur Ordinatenachſe, von einem gegebenen Anfangszuſtande ausgehend, hat man daher nur eine ſolche Parallele bis zur Linie des Gegendruckes zu ziehen und die Ordinatendifferenz abzugreifen. Ein beigegebener Maßſtab der Geſchwindigkeit gibt ſofort die erlangte Endgeſchwindigkeit w_2 an. Weitergehende Rechnungen ſetzen die Kenntnis der ſpezifiſchen Volumina des Waſſerdampfes voraus. Dieſe fallen unter die Gleichungen

a) bei naſſem Dampfe:

$$v = v' + x\,(v'' - v') = v'' - y\,(v'' - v'); \tag{21.}$$

b) bei überhitztem Dampfe nach Zeuner [26c]:

$$v = v'' + \frac{0{,}0050933}{p/\text{at}}\,(t - t'')\ \text{cbm/kg}, \tag{22.}$$

nach Batelli-Tumlirz [35]:

$$\frac{v}{\text{cbm/kg}} = \frac{0{,}0046698\,T}{p/\text{at}} - 0{,}008402. \tag{22a.}$$

Die Elimination von x bezw. y aus 14. und 21., ferner diejenige von t bezw. T aus 15. und 22. führt zu den neuen Gleichungen: a) bei naſſem Dampfe:

$$v = v'' + \frac{0{,}0106}{p/\text{at}}\,\frac{i - i''}{\text{cal/kg}}\ \text{cbm/kg}; \tag{23.}$$

b) bei überhitzem Dampfe:

$$i = \frac{v''\,i' - v'\,i''}{v'' - v'} + v\,\frac{i'' - i'}{v'' - v'}. \tag{24.}$$

Auch die numeriſche Auswertung dieſer Gleichungen umgeht man beſſer durch die graphiſche Darſtellung. Dieſem Zwecke dient die thermodynamiſche Rechentafel [36], deren Wiedergabe in verkleinertem Maßſtabe Fig. 42 bringt und welche außer den Gleichungen 23. und 24. die Beziehungen 1., 2c., 8a., 14., 15., 19. und 20. ohne Rechnung auszuwerten geſtattet. Dieſelbe zeigt eine Anzahl Skalen, von denen in der Regel je drei zuſammengehören. Jeder Skala iſt am einen Ende ihre Bedeutung angeſchrieben. So bezieht ſich z. B. die oberſte horizontale Skala auf die Entropie überhitzten und naſſen Waſſerdampfes, wobei jedem Entropiewerte zwiſchen 1,4 und 2,1 cal/kg ein beſtimmter Punkt derſelben entſpricht. Gehören nun drei Skalen zuſammen — das Kennzeichen dafür iſt, daß der Bedeutung der einen von ihnen die Bedeutungen der beiden andern in Klammer beigefügt ſind, z. B. ι, t und $\overset{p}{(i,\,t)}$ —, ſo liegen je drei einander nach den obigen Gleichungen entſprechende Punkte auf einer Geraden, und man kann ſtets einen von ihnen durch geradliniges Verbinden der beiden andern finden. Dabei iſt jeder Skala angeſchrieben, ob ſie ſich auf naſſen oder überhitzten Dampf bezieht. Am einfachſten wird ein Beiſpiel die Handhabung des Diagrammes dartun: Gegeben ſei überhitzter Dampf von 350° C. und 10 Atmoſphären, der in einer Düſe auf 2 Atmoſphären adiabatiſch expandiere. Geſucht ſei die Endgeſchwindigkeit und der pro Kilogramm/Sekunde Dampf erforderliche Endquerſchnitt. Man beſtimmt die anfängliche Erzeugungswärme durch geradliniges Verbinden der Punkte $t = 350°$ (unterſte horizontale Skala) mit $\overset{p}{(i,\,t)} = 10$ at (kleine horizontale Skala über der vorigen). Im Schnittpunkte mit der mittleren horizontalen i-Skala findet man $i = 743{,}5$ cal/kg. Letzterer Punkt, mit dem Punkte 10 der mit der Aufſchrift $\overset{p}{(i,\,s)}$ und „überhitzt“ verſehenen Skala verbunden, liefert auf der oberſten Skala die Entropie $s = 1{,}726$ cal/kg. Dieſe bleibt nun bei der adiabatiſchen Expanſion konſtant. Iſt der Dampf daher auf den Druck $p = 2$ Atmoſphären adiabatiſch herabexpandiert, ſo beſitzt er noch die nämliche Entropie, und die Erzeugungswärme

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

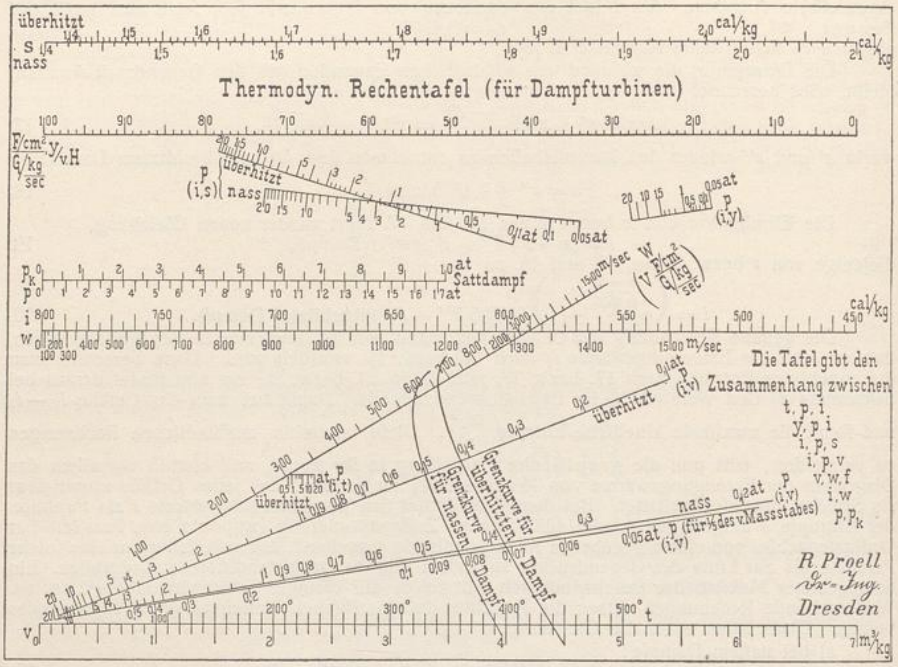


Fig. 42.

im Expanſionsendzuſtande wird gefunden, indem man die Punkte $s = 1{,}726$ cal/kg und $\overset{p}{(i,s)}$ überhitzt $= 2$ Atmoſphären verbindet. $i = 655$ cal/kg iſt das Reſultat, die Differenz $743{,}5 - 655 = 88{,}5$ cal/kg repräſentiert das Gefälle, das, in kinetiſche Energie umgeſetzt, auf die Geſchwindigkeit $w_2 = 859$ m/sec führt, wie man durch Abtragen der als Strecke dem i-Maßſtabe entnommenen Differenz von 88,5 cal/kg vom Anfangspunkte des mit jenem zuſammengelegten w-Maßſtabes unmittelbar ablieſt. Will man das ſpezifiſche Volumen im Endzuſtande ermitteln, ſo verbindet man die Punkte $i = 655$ cal/kg und $\overset{p}{(i,v)}$ überhitzt $= 2$ Atmoſphären und hat an der unterſten Skala $v = 0{,}95$ cbm/kg, das man nun in die Kontinuitätsgleichung 1. einſetzen könnte, um $\frac{F_2}{G}$, d. h. den Endquerſchnitt pro 1 kg/sec Dampf zu finden. Auch dieſe Rechnung entfällt durch Verbinden der Punkte $v = 0{,}95$ cbm/kg mit $\left(v\,\frac{F}{G}\right)^{w} = 859$, indem die Verbindungsgerade $\frac{F}{G} = 11{,}0$ qcm $\Big/ \frac{\text{kg}}{\text{sec}}$ liefert. Durch Expanſion auf einen Zwiſchendruck kann man einen Zwiſchenquerſchnitt und die in dieſem herrſchende Geſchwindigkeit beſtimmen, insbeſondere gibt die Expanſion bis auf den kritiſchen Druck den engſten Querſchnitt und damit die erforderliche Düſenerweiterung an. Für anfänglich geſättigten Dampf liefert die beigegebene Skala der kritiſchen Drücke zu jedem Anfangsdruck den zugehörigen kritiſchen Druck; man begeht nur einen unbedeutenden Fehler, wenn man auch bei überhitztem Dampf, für den Gleichung 8b. gelten würde, von ihr Gebrauch macht. Die beiden eingezeichneten Grenzkurven dienen dazu, naſſen und überhitzten Dampf getrennt zu halten, ſie haben die Eigenſchaft, daß jede Tangente an ſie auf den Skalen i, $\overset{p}{(i,s)}$ naß und s naß bezw. $\overset{p}{(i,s)}$ überhitzt und s überhitzt Werte ausſchneiden, die für den Sättigungszuſtand des Dampfes gelten. Liegt die Expanſionslinie nicht wie in obigem Beiſpiele völlig im Ueberhitzungs-, ſondern zum Teil auch im naſſen Gebiete, ſo unterſcheidet ſich die graphiſche Behandlung nur in einer Vertauſchung von mit „überhitzt“ bezeichneten Skalen mit ſolchen, welche die Aufſchrift „naß“ tragen, wobei der Uebergang aus dem Ueberhitzungs- ins naſſe Gebiet durch Tangierung der betreffenden Grenzkurze angezeigt wird.

Die rechneriſche Behandlung hat für den Fall teilweiſe ins Ueberhitzungs-, teilweiſe ins Sättigungsgebiet fallender Adiabate noch eine Erweiterung zu erfahren. Soweit die Beſtimmung des kritiſchen Druckes dabei in Frage kommt, iſt dieſe Erweiterung von Stodola [3a] gegeben worden. Kennzeichnet man durch den Zeiger s die Zuſtandsgrößen des Dampfes in dem Punkte, wo die Expanſionsadiabate aus dem Ueberhitzungs- ins Naßgebiet übertritt — mit Hilfe der erwähnten graphiſchen Darſtellungen, ſind dieſelben ohne Mühe zu ermitteln —,

fo ift nach 2d. für eine ins Naßgebiet fallende Geſchwindigkeit w $\frac{w^2}{2g} = (i_1 - i_s) + (i_s - i)$, wobei der zweite Summand der rechten Seite nach 4a.

$$i_s - i = \frac{n\, p_s\, v_s}{n-1}\left(1 - \left(\frac{p}{p_s}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right)$$

mit $n = 1{,}135$ geſchrieben werden kann. Nach 1. muß ein Minimum von F mit einem Maximum von $\frac{w}{v}$ und damit auch von $\frac{w^2}{v^2}$ zuſammenfallen. Nach 5. iſt

$$v^2 = \left(\frac{p_s}{p}\right)^{\frac{2}{n}} v_s^2, \text{ und es folgt}$$

$$\frac{w^2}{v^2} = 2g\left[\frac{i_1 - i_s}{p_s^{\frac{2}{n}}\, v_s^2}\cdot p^{\frac{2}{n}} + \frac{n\, p_s\, v_s\, p^{\frac{2}{n}}}{v_s^2\, p_s^{\frac{2}{n}}(n-1)}\left(1 - \left(\frac{p}{p_s}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right)\right].$$

Differentiation dieſes Ausdruckes nach p gibt die Bedingung des Maximums und ſomit des kritiſchen Druckes p_m:

$$p_m = p_s\left[\frac{2}{n+1}\left\{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{v_s\, p_s}\right\}\right]^{\frac{n}{n-1}}. \qquad 8c.$$

Liegt eine Ueberhitzung nicht vor, d. h. iſt $i_1 = i_s$, ſo gelangt man auf die Gleichung 8. Es erübrigt noch die zugehörige Geſchwindigkeit w_m und Ausflußmenge G bei gegebenem engſten Querſchnitt F_m anzugeben. Nach obigem iſt

$$\frac{w_m^2}{2g} = i_1 - i_s + \frac{n\, p_s\, v_s}{n-1}\left(1 - \left(\frac{p_m}{p_s}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right).$$

Führt man hierin das Verhältnis $\frac{p_m}{p_s}$ nach Gleichung 8c. ein, ſo ergibt ſich

$$w_m = \sqrt{\frac{2g\,n}{n+1}\, p_s\, v_s\left\{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{p_s\, v_s}\right\}}, \qquad 10d.$$

und die Kontinuitätsgleichung $G = \frac{F_m\, w_m}{v_m}$ gibt

$$G = F_m\sqrt{\frac{g\,n\,p_s}{v_s}\left[\frac{2}{n+1}\left\{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{p_s\, v_s}\right\}\right]^{\frac{n+1}{n-1}}}. \qquad 9d.$$

Bezeichnet man die aus den Gleichungen 8., 9. und 10. mit $p_1 = p_s$ und $v_1 = v_s$ ſich ergebenden Größen von p_m, G und w_m mit p_m', G' und w'_m, ſo treten an Stelle der Gleichungen 8c., 10d. und 9d. die bezüglichen Beziehungen:

$$p_m = p_m'\left\{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{p_s\, v_s}\right\}^{\frac{n}{n-1}}$$

$$= p_m'\left\{1 + 0{,}00296\,\frac{\frac{i_1 - i_s}{\text{cal/kg}}}{(p_s/\text{at})^{0{,}0607}}\right\}^{3{,}41}, \qquad 8d.$$

$$w = w_m'\sqrt{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{p_s\, v_s}}$$

$$= w_m'\sqrt{1 + 0{,}00296\,\frac{\frac{i_1 - i_s}{\text{cal/kg}}}{(p_s/\text{at})^{0{,}0607}}}, \qquad 10e.$$

$$G = G'\left\{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{p_s\, v_s}\right\}^{\frac{n+1}{2(n-1)}}$$

$$= G'\left\{1 + 0{,}00296\,\frac{\frac{i_1 - i_s}{\text{cal/kg}}}{(p_s/\text{at})^{0{,}0607}}\right\}^{7{,}91}. \qquad 9e.$$

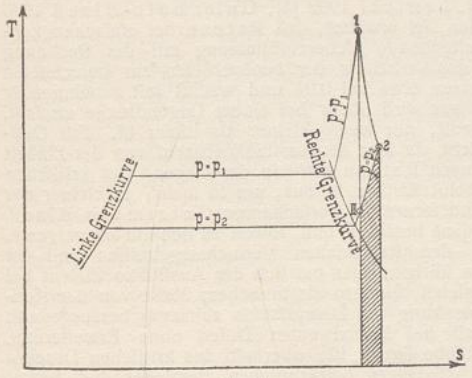


Fig. 43.

Vorausſetzung für die Gültigkeit dieſer Formeln iſt $\frac{p_s}{p_1} > 0{,}5396$, andernfalls die für überhitzten Dampf gültigen Gleichungen 8b., 9c. und 10c. in Kraft treten. Gleichzeitig iſt noch erforderlich, daß

$$\frac{\frac{i_1 - i_s}{\text{cal/kg}}}{(p_s/\text{at})^{0{,}0607}} \leqq 22{,}78$$

iſt. Die im vorſtehenden gemachte Vorausſetzung widerſtandsfreier Strömung möge nun wieder aufgegeben und der Einfluß der Reibung in Berückſichtigung gezogen werden. Derſelbe äußert ſich, wie gezeigt worden war, ſtets in einer Entropievermehrung und kann daher am beſten durch Diagramme veranſchaulicht werden, in denen die Entropie als eine Koordinate auftritt. Dies iſt außer in dem ſchon erwähnten neueren Mollierſchen Diagramm in dem älteren Wärmediagramm (abſolute Temperatur als Funktion der Entropie) der Fall, in dem bekanntlich die unter einer Zuſtandskurve liegende, von dieſer, den Ordinaten der Endpunkte und der Entropieachſe begrenzte Fläche ein Maß für die auf der Zuſtandskurve zu- oder abgeführte Wärme bildet. Dasſelbe ſei in Fig. 43 mit eingezeichneten Kurven gleichen Druckes p verſehen dargeſtellt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Punkt 1 kennzeichne den Anfangszuſtand des Dampfes, wie er vor Eintritt in eine Düſe vorliegt. Der reibungsfreien Strömung entſpricht dann als Zuſtandskurve die Vertikale 1 II, der wirklichen Strömung hingegen die einer Entropiezunahme entſprechend nach rechts verlaufende Kurve 1 2. Beide mögen bei demſelben Expanſionsenddruck $p_2 = p_{II}$ enden. Nach 2d. iſt

$$\frac{w_2^2}{2g} = i_1 - i_2,$$

$$\frac{w_{II}^2}{2g} = i_1 - i_{II},$$

mithin

$$\frac{w_{II}^2 - w_2^2}{2g} = i_2 - i_{II} \qquad 25.$$

und

$$\nu = \frac{w_{II}^2 - w_2^2}{w_{II}^2} = \frac{i_2 - i_{II}}{i_1 - i_{II}}. \qquad 26.$$

Gleichung 25. beſagt, daß der Verluſt an kinetiſcher Energie bei dem wirklichen Strömungsvorgange gegenüber dem verluſtloſen durch die Differenz der Erzeugungswärme im Expanſionsendzuſtande des einen oder andern Falles gemeſſen wird. Daher ſtellt die unter der die Punkte II und 2 verbindenden Iſobare liegende ſchraffierte Fläche den Energieverluſt dar, der natürlich mit der Reibungswärme R_{12} nicht identiſch iſt. Letztere wird vielmehr durch die unter der Zuſtandskurve 1 2 liegende Fläche dargeſtellt und iſt ſomit um den Betrag der Fläche 1 2 II größer als jener. Der prozentuale, d. h. zum gegebenen Gefälle ins Verhältnis geſetzte Energieverluſt ν berechnet ſich nach Gleichung 26. Verſuche von Stodola [3], Delaporte [37], E. Lewicki [4], Büchner [38], Rofenhain [39] u. a. laſſen auf die Größe von ν bei Laval-Düſen ſchließen. Stodola findet bei einer Düſe von der Querſchnittserweiterung $\frac{F_2}{F_m} = 10{,}2$ im Mittel $\nu = 0{,}15$, Delaporte bei $\frac{F_2}{F_m} = 2{,}25$ $\nu = 0{,}052$, E. Lewicki bei $\frac{F_2}{F_m} = 1{,}64$, $\nu = 0{,}06$ bis $0{,}137$, Büchner bei den bezüglichen Werten $\frac{F_2}{F_m} = 1{,}25$, $1{,}38$, $1{,}83$, $\nu = 0{,}12$, $0{,}14$, $0{,}14$, während ſich aus Verſuchen von Rofenhain an einer Düſe von der Erweiterung $\frac{F_2}{F_m} = 1{,}83$ $\nu = 0{,}078$ folgern läßt.

Natürlich äußert ſich der Einfluß der Reibung nicht nur in einem Verluſte an kinetiſcher Energie, ſondern auch in einer Verringerung der Ausflußmenge, doch iſt hier ihr Einfluß weit unbedeutender, ſo daß die angegebenen Ausflußformeln praktiſch mit ſehr großer Annäherung zutreffen. Verſuche über den Ausfluß von Waſſerdampf liegen vor von Minary und Réfal 1861 [40], Napier 1866 [41], Zeuner 1870 [26d], Peabody und Kunhard 1890 [42], Rofenhain 1899 [39], Rateau 1895/96 [43], Lewicki 1902 [4], Gutermuth-Blaeß 1903 [44] u. a. Um einige Reſultate herauszugreifen, ſei erwähnt, daß Rateau bei einfachen konvergenten gut abgerundeten Mündungen weitgehende Uebereinſtimmung mit der Rechnung gefunden hat. Der Ausflußkoeffizient, d. h. das Verhältnis der beobachteten zur berechneten Ausflußmenge liegt bei kleinen Druckdifferenzen etwa bei 0,94 und wächſt mit zunehmender Druckdifferenz bis auf den Wert 1 an, und zwar wird dieſer bei einem Gegendrucke erreicht, der, in der Nähe des kritiſchen Druckes liegend, nur wenig kleiner als dieſer iſt. Für Oeffnungen in dünner Wand gilt dies dagegen nicht, da hier der Ausflußkoeffizent von der Einheit ſehr ſtark verſchieden iſt. Derſelbe erreicht nach Rateau nicht in der Gegend des kritiſchen Druckverhältniſſes ſein Maximum, ſondern wächſt darüber hinaus, um ſo mehr, je kleiner der Gegendruck wird. Beſonders beachtenswert ſind ferner die Verſuche von Gutermuth-Blaeß, die ſich auf acht verſchiedene Ausſtrömungsorgane beziehen und, ſoweit es ſich um konvergente, gut abgerundete Mündungen handelt, mit den Rateauſchen Verſuchsergebniſſen und der Theorie in guter Uebereinſtimmung ſtehen. Im übrigen aber hat ſich der Ausflußkoeffizient bei den unterſuchten Mündungsformen nicht als gleich, ſondern als in hohem Maße von der Kontraktion, in geringerem von Reibung und Ablenkung des Dampfſtrahls abhängig herausgeſtellt. So iſt derſelbe bei Laval-Düſen geringer als bei konvergenten Düſen ohne Erweiterung, ſolange der Gegendruck kleiner als der kritiſche Druck iſt, oberhalb des kritiſchen Druckes jedoch behält die Ausflußmenge noch innerhalb eines beträchtlichen Bereiches bei Laval-Düſen ihren Maximalwert bei, um z. B. im Falle innen gut abgerundeter Einmündung erſt bei $\frac{p_2}{p_1} \geqq 0{,}86$ abzunehmen, eine Erſcheinung, die auch ſchon Stodola beobachtet hat und die ihre Erklärung darin findet, daß Gleichung 12., nach $\frac{p_0}{p_1}$ aufgelöſt, zwei Wurzeln beſitzt, von denen die größere offenbar hier in Frage kommt. Darauf wird jedoch noch weiter unten eingegangen werden. Für eine zylindriſche nicht abgerundete Mündung von 5,4 mm Durchmeſſer gibt Gutermuth den Ausflußkoeffizienten

$$\alpha = 1{,}043 - 0{,}285 \left(\frac{p_2}{p_1}\right),$$

für einen rechteckigen von gleichem Querſchnitte

$$\alpha = 1{,}098 - 0{,}285 \left(\frac{p_2}{p_1}\right) \text{ an;}$$

α iſt indeſſen zugleich von der Größe des Querſchnitts abhängig und ſcheint mit wachſendem Querſchnitte abzunehmen.

Im p/v-Diagramm äußert ſich der Einfluß der Reibung dadurch, daß die Expanſionskurve höher liegt und flacher verläuft als die Adiabate; Zeuner behandelt ſie daher als Polytrope

von der Gleichung $p \cdot v^{\mu} =$ konſtant mit $\mu > n$. Stodola macht hingegen von dem Anſatze Gebrauch $dR = \zeta \frac{w^2}{2g} dx \cdot \frac{U}{4F}$ (U vom Dampfe benetzter Umfang, F Fläche des Querſchnitts), ſetzt alſo die auf dem in Richtung der Düſenachſe gemeſſenen Wege dx entwickelte Reibungswärme dR (pro Kilogramm) dem Quadrate der Geſchwindigkeit und dem Querſchnittsumfange U direkt, der Querſchnittsfläche F an der betreffenden Stelle umgekehrt proportional. Für eine von ihm unterſuchte Düſe fand Stodola für den Widerſtandskoeffizienten ζ den Wert 0,039. Lorenz [45] überträgt den für die Erzeugungswärme vollkommener Gaſe zutreffenden Ausdruck $di = \frac{k}{k-1} d(pv)$ (k Verhältnis der ſpezifiſchen Wärme $\frac{c_p}{c_v}$) auf den Waſſerdampf. Benutzt man beide Anſätze, ſo kann man den Strömungsvorgängen auf rechneriſchem Wege [46] näher kommen. Es tritt zunächſt an Stelle von 2b. die Gleichung

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{k}{k-1} (p_1 v_1 - pv) + \frac{w_1^2}{2g}, \qquad 27.$$

an Stelle von Gleichung 3. in Differentialform:

$$\frac{U}{4F} \zeta \frac{w^2}{2g} dx + v\,dp - di = 0$$

oder:

$$\frac{U}{4F} \zeta \frac{w^2}{2g} dx + v\,dp + d\frac{w^2}{2g} = 0. \qquad 28.$$

Es empfiehlt ſich, zunächſt v aus 27. und 28. mit Hilfe der Kontinuitätsgleichung zu eliminieren, was zu

$$p\frac{F}{G} = \left(p_1 v_1 + \frac{k-1}{2gk} w_1^2\right) \frac{1}{w} - \frac{k-1}{2gk} w, \qquad 29.$$

und

$$\frac{F\,dp}{G} + \frac{dw}{g} + \frac{U}{4F} \zeta \frac{w}{2g} dx = 0 \qquad 30.$$

führt. Aus 29. folgt durch Differentiation:

$$\frac{F\,dp}{G} + \frac{p\,dF}{G} = -\left[\left(p_1 v_1 + \frac{k-1}{2gk} w_1^2\right) \frac{1}{w^2} + \frac{k-1}{2gk}\right] dw. \qquad 31.$$

30. hiervon ſubtrahiert gibt unter gleichzeitiger Elimination von p mittels 29.:

$$\frac{d \log n\, w}{dx} = \frac{\left\{\left(p_1 v_1 + \frac{k-1}{2gk} w_1^2\right) \frac{1}{w^2} - \frac{k-1}{2gk}\right\} \frac{d \log n\, F}{dx} - \frac{\zeta}{2g} \frac{U}{4F}}{\frac{k+1}{2gk} - \left(p_1 v_1 + \frac{k-1}{2gk} w_1^2\right) \frac{1}{w^2}}. \qquad 32.$$

Dieſe, eine einparametrige Kurvenſchar darſtellende Differentialgleichung zu integrieren, müſſen F und U als Funktionen von x bekannt ſein. Ihr Integral iſt von der Form

$$\Phi(w, x) = C. \qquad 33.$$

Gewöhnlich wird bei einer Düſe w_1 entſprechend dem Anfangszuſtande 0, $F_1 \infty$ ſein. Dann kann die Konſtante C bei gegebenem Anfangszuſtande $p_1 v_1$ und ein und derſelben Düſe nur noch von dem Druck p_2 in der Vorlage abhängen. Das gleiche gilt hinſichtlich der Ausflußmenge G, es iſt ſomit berechtigt, G als Funktion von C anzuſehen. Nun ſtellt ſich, wie in obigem dargetan worden iſt, im Endquerſchnitte einer konvergenten Düſe, ſobald der Gegendruck unter den kritiſchen Druck ſinkt, letzterer ein, und damit wird die ſekundliche Ausflußmenge zu einem Maximum. Die Bedingung des Maximums der Ausflußmenge auf den vorliegenden Fall der allgemeinen Düſe übertragend, hat man daher $dG = 0$ zu ſetzen. Statt deſſen kann man auch $dC = \frac{\partial \Phi}{\partial w} dw + \frac{\partial \Phi}{\partial x} dx = 0$ ſchreiben, und dieſe Bedingung kann in die Gleichungen $\frac{\partial \Phi}{\partial w} = 0$ und $\frac{\partial \Phi}{\partial x} = 0$ geſpalten werden, die erfüllt ſind, ſobald in Gleichung 32. Zähler und Nenner gleichzeitig Null werden. Man hat ſomit

$$\frac{k+1}{2gk} = \frac{p_1 \cdot v_1}{w^2} \qquad 34.$$

und

$$\frac{d \log n\, F}{dx} = \zeta \frac{U}{8F} k. \qquad 35.$$

Eliminiert man $p_1 v_1$ aus 34. und 27., ſo wird mit $w_1 = 0$, $w^2 = k g p v$, d. h. die Geſchwindigkeit des Dampfes in dem durch Gleichung 35. beſtimmten Querſchnitt wird gleich der Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des Schalles in ruhendem Dampfe von gleichem Zuſtande, wie er in beſagtem Querſchnitte herrſcht, weshalb Lorenz letzteren als „tönenden“ Querſchnitt bezeichnet hat. Für $\zeta = 0$ wird der „tönende“ Querſchnitt zum engſten, und Gleichung 33. lautet mit $w_1 = 0$:

$$F w \left(1 - \frac{(k-1) w^2}{2gk p_1 v_1}\right)^{\frac{1}{k-1}} = C, \qquad 33a.$$

wobei C mit G in der einfachen Beziehung $C = G \cdot v_1$ ſteht. Für $\zeta > 0$ fällt der „tönende“ Querſchnitt mit dem engſten Querſchnitte nicht mehr genau, immerhin aber noch ſehr nahe zuſammen, und man kann $\frac{d \log n\, w}{dx}$ der Gleichung 32. durch gleichzeitige Differentiation von Zähler und Nenner nach x beſtimmen. Mit der Abkürzung ζ' ſtatt $\zeta \cdot \frac{U}{8F}$ ergibt ſich:

$$\frac{d \log n\, w}{dx} = -\frac{\zeta' k}{2} \pm \sqrt{\frac{\zeta'^2 k^2}{4} + \frac{1}{k+1} \frac{d}{dx}\left(\frac{d \log n\, F}{dx} - \zeta' k\right)} \qquad 36.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und die in der Form $\frac{p F}{w G}\frac{d \log n p}{d x}+\frac{d \log n w}{g d x}+\frac{\zeta'}{g}=0$

geschriebene Gleichung 30. gibt das zugehörige

$$\frac{d \log n p}{d x}=-\zeta' k\left(1-\frac{k}{2}\right)\mp\sqrt{\frac{\zeta'^2 k^2}{4}+\frac{1}{k+1}\frac{d}{d x}\left(\frac{d \log n F}{d x}-\zeta' k\right)}. \qquad 37.$$

Nach 36. und 37. gibt es sowohl für die Geschwindigkeit als auch für den Druck als Funktion des Weges im „tönenden" Querschnitte je zwei Differentialquotienten, die von dem zweiten Differentialquotienten von F nach x, d. h. der Abrundung der Düse an der betreffenden Stelle abhängen. Geometrisch hat man es mit einem Knotenpunkte zu tun. Kurve I und II Fig. 44 stellen für $\zeta=0$ den theoretischen Druckverlauf in der gezeichneten Laval-Düse dar. Der gestrichelte Teil der Kurve II kann natürlich nicht in Frage kommen. Nach Passieren des engsten Querschnittes gibt es in jedem Punkte je zwei Werte des Druckes und entsprechend auch der Geschwindigkeit, und es bleibt zunächst ungewiß, welcher der beiden vom engsten Querschnitte ausgehenden Zweige zu wählen ist. Entscheidend hierfür ist die Größe des Gegendruckes. Im Austrittsquerschnitte hat man zwei mögliche Werte des Druckes p_2 und p'_2 (analog zwei Geschwindigkeiten w_2 und w'_2). Ist der Gegendruck $p_0 \leq p_2$, so ist vom engsten Querschnitt ab die untere, ist $p_0 = p'_2$, so ist die obere Druckkurve zu wählen, und man sieht, daß dann im engsten Querschnitte der niedrigste Druck herrscht, also eine Art Saugwirkung zustande kommt, die auch erhalten bleibt, wenn $p_0 > p'_2$ wird, obgleich von da ab die Ausflußmenge mit wachsendem Gegendrucke abnimmt. Dies erklärt die Beobachtungen Stodolas [3], der den Druck in der Strahlachse an verschiedenen Punkten derselben gemessen hat, und schon bei ganz geringen Differenzen zwischen Innen- und Außendruck im engsten Querschnitt eine auffallende Druckerniedrigung wahrnahm, sowie die Versuchsergebnisse Gutermuths, nach denen das Maximum der Ausflußmenge bei Laval-Düsen nicht erst beim kritischen Druckverhältnis, sondern schon eher bei noch geringen Druckunterschieden erreicht wird. Für die Fälle, daß jedoch p_0 zwischen p_2 und p'_2 liegt, hat die vorstehende Theorie noch eine Erweiterung zu erfahren. Hier ist es die Annahme einer Unstetigkeit, des sogenannten Dampfstoßes, der die Beobachtungen erklärt und dessen Theorie von Riemann [47], dessen experimenteller Nachweis von Stodola gegeben worden ist. Letzterer beobachtete bei künstlich erhöhtem Gegendrucke unter anderm eine DruckSteigerung von $1\frac{1}{2}$ Atmosphären auf eine Rohrlänge von 3 mm im erweiterten Teile einer Laval-Düse und erklärte sie damit, daß mit hoher Geschwindigkeit begabte Dampfteilchen auf eine nicht schnell genug ausweichende Dampfmasse stoßen. Sei A (Fig. 45) die feststehende Stoßebene, p_I, v_I und w_I Druck, spezifisches Volumen und Geschwindigkeit im Querschnitt F_I unmittelbar vor, p_{II}, v_{II} und w_{II} die entsprechenden Größen im Querschnitte F_{II} unmittelbar nach Eintreten des Verdichtungsstoßes, so gibt der sogenannte Impulssatz (Satz vom Antriebe der Kraft, Flächensatz):

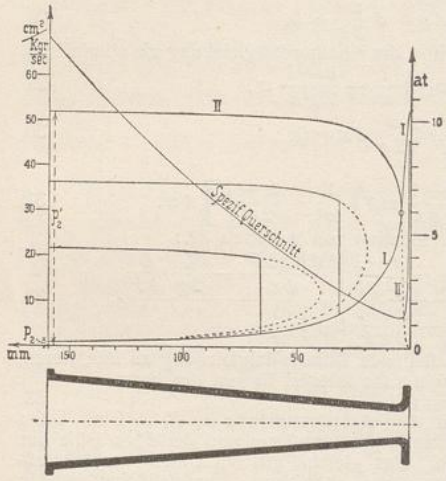


Fig. 44.

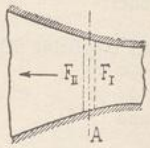


Fig. 45.

$$dt\,(p_I F_I - p_{II} F_{II}) = \frac{G\,dt}{g}\,(w_{II} - w_I),$$

wobei zu den auf der linken Seite stehenden Kräften eigentlich noch die von den Düsenwandungen auf den Dampf ausgeübten Kräfte zu treten haben. Diese werden jedoch bei unendlich nahem Zusammenrücken der Querschnitte F_I und F_{II} unendlich klein im Vergleich zu $p_I F_I$ und $p_{II} F_{II}$ und dürfen somit fortgelassen werden. Gleichzeitig geht F_{II} in F_I über, und man hat

$$(p_I - p_{II})\,F_I = \frac{G}{g}\,(w_{II} - w_I),$$

oder bei Benutzung der Kontinuitätsgleichung $\frac{F_I w_I}{v_I} = \frac{F_{II} w_{II}}{v_{II}} = G$,

$$p_I - p_{II} = \frac{w_I}{v_I g}\,(w_{II} - w_I), \qquad 38.$$

$$\frac{w_I}{v_I} = \frac{w_{II}}{v_{II}}, \qquad 39.$$

und nach 2b.

$$\frac{w_{II}^2 - w_I^2}{2g} = i_I - i_{II}. \qquad 40.$$

Die drei Gleichungen 38., 39. und 40. bestimmen bei gegebenem p_I, v_I und w_I die drei Unbekannten p_{II}, v_{II} und w_{II}, d. h. der Zustand nach dem Stoße ist vollkommen bestimmt, wenn der Zustand vor dem Stoße bekannt war. Löst man die Gleichungen auf und bezeichnet man das Verhältnis $\frac{w_I^2}{g k p_I v_I}$ mit ψ, so wird [29]

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$$p_{II} = \frac{p_I}{k+1}\left(2k\psi - (k-1)\right), \tag{41.}$$

$$v_{II} = \frac{v_I}{k+1}\left(\frac{2}{\psi} + k - 1\right), \tag{42.}$$

$$w_{II} = \frac{w_I}{k+1}\left(\frac{2}{\psi} + k - 1\right). \tag{43.}$$

Das Eintreten eines Verdichtungsſtoßes ſetzt $\frac{p_{II}}{p_I} > 1$ und damit nach 41. $\psi > 1$ voraus, d. h. die augenblickliche Geſchwindigkeit muß größer als die zugehörige Schallgeſchwindigkeit ſein. Dann tritt aber auch ſtets eine Entropievermehrung ein, wie man am einfachſten durch Benutzung des für vollkommene Gaſe gültigen Ausdruckes der Entropie $s = c_v \log n\, p \cdot v^k +$ const erkennt. Der Verdichtungsſtoß bedeutet daher jederzeit einen Energieverluſt, deſſen Größe als Produkt aus Entropievermehrung und abſoluter unterer Temperatur zu beurteilen iſt. Prandtl [46] hat noch die weiteren einfachen Gleichungen angegeben:

$$w_{II} = \frac{a_0^2}{w_I}, \tag{44.}$$

$$p_{II} = p_I + \frac{w_I}{v_I\, g}(w_I - w_{II}), \tag{45.}$$

worin a_0 von allen Geſchwindigkeiten, die der Dampf nacheinander annimmt, diejenige iſt, die mit der zum augenblicklichen Zuſtande gehörenden Schallgeſchwindigkeit $\sqrt{g\,k\,p\,v}$ übereinſtimmt. Setzt man in Gleichung 27. für w a_0 und für $p \cdot v$ $\frac{a_0^2}{g\,k}$ ein, ſo wird

$$a_0^2 = \frac{2\,g\,k}{k+1} p_1 v_1 + \frac{k-1}{k+1} w_1^2, \tag{46.}$$

dieſelbe beſitzt alſo einen vom Anfangszuſtande abhängigen feſten Wert, worauf bereits Lorenz [45] aufmerkſam gemacht hat. Auf Gleichung 32. zurückgreifend, ſchreibt ſich dieſelbe bei kreisrundem Düſenquerſchnitt auch mit $F = r^2\pi$, $U = 2\,r\pi$ und mit Gleichung 46.

$$\frac{d\,w^2}{w^2\,d\,x} = \frac{\left(\frac{a_0^2}{w^2} - \frac{k-1}{k+1}\right)\frac{4}{r}\frac{d\,r}{d\,x} - \frac{\zeta\,k}{r(k+1)}}{1 - \frac{a_0^2}{w^2}}. \tag{47.}$$

Bei einem zylindriſchen Rohre wird $\frac{d\,r}{d\,x} = 0$, und rechnet man den Weg x vom Anfangsquerſchnitte F_1 ab, auf den ſich die Größen p_1, v_1 und w_1 beziehen, ſo erhält man als Löſung [29]:

$$\frac{w^2}{a_0^2}\, e^{\frac{a_0^2}{w^2}} = \frac{w_1^2}{a_0^2}\, e^{\frac{a_0^2}{w_1^2} - \frac{\zeta\,k}{(k+1)}\cdot\frac{x}{r}}. \tag{48.}$$

Die linke Seite der Gleichung beſitzt bei $w = a_0$ ein Minimum. Da die rechte Seite mit wachſendem x ſtändig abnimmt, ſo muß, gleichviel ob w_1 größer oder kleiner als a_0 war, die Dampfgeſchwindigkeit ſich der Schallgeſchwindigkeit nähern. Iſt dieſe erreicht, ſo gibt es keine Werte von w mehr, die Gleichung 48. befriedigen, und es muß eine Störung irgendwelcher Art eintreten. Eine ſolche Störung hat denn auch Stodola [3] nachgewieſen, indem er in einem zylindriſchen Rohre, in das der Dampf, aus einer vorgeſchalteten Laval-Düſe kommend, eintrat, eine ſcheinbar widerſinnige plötzliche Druckſteigerung feſtſtellte. Für eine koniſch erweiterte Düſe, deren Profil geradlinig, alſo etwa entſprechend der Gleichung $r = A\,x + r_1$ verläuft, lautet die Löſung von Gleichung 47.:

$$\left(\frac{a_0^2}{w^2}\right)\left(\frac{w^2}{a_0^2} - \varepsilon\right)^{1-\varepsilon} = \left(\frac{a_0^2}{w_1^2}\right)\left(\frac{w_1^2}{a_0^2} - \varepsilon\right)^{1-\varepsilon}\frac{r^4}{r_1^4}, \tag{49.}$$

worin zur Abkürzung $\varepsilon = \frac{k+1}{k-1+\frac{\zeta\,k}{4\,A}}$ geſetzt iſt.

Zur graphiſchen Darſtellung des Druckverlaufes hat Prandtl [46] die Konſtruktion von ſogenannten Iſentropen vorgeſchlagen, die folgendermaßen erhalten werden: Nach Verzeichnen der Kurven I und II (Fig. 44) denke man ſich bei unveränderter Erzeugungswärme i_1 und Ausflußmenge G ſowie der Anfangsgeſchwindigkeit $w_1 = 0$ den Innendruck p_1 erniedrigt, was einer Vermehrung der anfänglichen Entropie gleichkommt. Für einen beliebigen Querſchnitt F_2 beſtimmen nun die Gleichungen 1., 2b. und 3. (mit $R_{12} = 0$) zwei Drücke p_2 und p'_2, die über dem betreffenden Querſchnitt als Ordinaten aufgetragen werden können. Auf dieſe Weiſe erhält man die übrigen Kurven von Fig. 44. Liegt nun der Gegendruck p_0 zwiſchen den zum Austrittsquerſchnitt gehörigen Drücken p_2 und p'_2, ſo würde die theoretiſche Expanſionskurve bei Abweſenheit von Reibung zuerſt mit Kurve I zuſammenfallen, dann aber mit ſenkrechtem Anſtieg plötzlich von derſelben abzweigen, und zwar um ſo eher, je höher der Gegendruck ſteigt. Bei Gegenwart von Reibung müſſen die Iſentropen von der Expanſionslinie im Sinne wachſender Entropie geſchnitten werden. Auf dieſe Weiſe erklären ſich die experimentell durch direkte Druckmeſſung beobachteten Erſcheinungen.

Es erübrigt noch, den Druckverlauf des Dampfes nach Verlaſſen der Düſe kurz zu kennzeichnen. Tritt der Dampf mit dem Drucke der Umgebung aus, ſo finden nach dem Verlaſſen der Düſe keine Druckänderungen mehr ſtatt; iſt der Gegendruck jedoch geringer, ſo ſetzt ſich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Expanſion außerhalb der Düſe fort, wobei, wie Stodola durch den Verſuch nachgewieſen hat, Schallſchwingungen entſtehen. Obgleich daher die Austrittsgeſchwindigkeit in dem auf S. 626 angezogenen Beiſpiele bei einer konvergenten Düſe nur etwa die Hälfte der maximalen Geſchwindigkeit betrug und ſonach die zu erwartende Arbeitsleiſtung pro Kilogramm höchſtens ein Viertel der disponibeln Arbeit ſein konnte, ſo ändern ſich doch die Verhältniſſe durch Zunahme der Geſchwindigkeit außerhalb der Düſe infolge weitergehender Expanſion zugunſten der konvergenten Düſe um, ohne dieſelbe jedoch der Laval-Düſe gleichwertig erſcheinen zu laſſen, da Schallſchwingungen ſtets als ſchädlicher Energieverluſt zu vermeiden ſein werden. Bei zu hohem Gegendruck endlich entſtehen außer dem beſprochenen Dampfſtoß ebenfalls Schallſchwingungen.

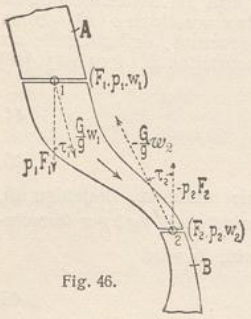


Fig. 46.

Reaktion des Dampfes.

Die im vorſtehenden für ruhende Rohre entwickelten Geſetze der Dampfſtrömung ſollen nun zum Schluß noch in ihren Prinzipien auf bewegte Kanäle übertragen und damit die Grundlage für die Wirkung des Dampfes in den Laufrädern der Dampfturbinen gegeben werden. Da iſt es zunächſt erforderlich, die Hauptſätze über die Reaktion des Dampfes zu entwickeln, die, ſoweit der Dampf keine Aenderung ſeines Zuſtandes, d. h. von Druck und Volumen, erfährt, mit den für Waſſer gültigen, ſchon von Euler aufgeſtellten Sätzen zuſammenfallen. Doch ſoll hier das Wort Reaktion in allgemeinſter Bedeutung gebraucht und darunter die Summe $\mathfrak{R}$ aller vom Dampfe auf die Kanalwandungen ausgeübten Kräfte verſtanden werden, deren Geſamtmoment in bezug auf eine beliebige Achſe oder einen beliebigen Punkt mit $\mathfrak{M}(\mathfrak{R})$ bezeichnet werde, wie überhaupt der Buchſtabe $\mathfrak{M}$ im nachfolgenden als Momentenzeichen benutzt werden ſoll.

Es ſei 1, 2 (Fig. 46) ein ruhendes Rohr mit veränderlichem Querſchnitt und beliebig gekrümmter Achſe, das von dem mit unendlich kleinem Spalt anſchließenden Zuleitungsrohre A bei 1 Dampf empfängt und ihn an das ebenſo dicht anſchließende Rohr B bei 2 abgibt. Der Beharrungszuſtand liege wie bei all unſern Betrachtungen vor. Da die Reaktion $\mathfrak{R}$ entgegengeſetzt, gleich der Summe aller von den Wandungen auf den Dampf ausgeübten Kräfte iſt, ſo ſei letztere mit $-\mathfrak{R}$ bezeichnet. Alle auf den Punkt 1 bezüglichen Werte mögen mit dem Zeiger 1, entſprechend alle für den Punkt 2 geltenden Größen mit dem Zeiger 2 verſehen werden. So ſeien F_1 und F_2 Anfangs- bezw. Endquerſchnitt, die im Gegenſatze zu früherem hier nicht mehr ſenkrecht zu den Geſchwindigkeiten w_1 und w_2 zu ſein brauchen. Der von ihrer Flächennormale und der Geſchwindigkeit eingeſchloſſene Winkel ſei vielmehr von 0 verſchieden und mit τ_1 bezw. τ_2 bezeichnet. Man denke ſich die zwiſchen den Querſchnitten F_1 und F_2 befindliche Dampfmenge momentan abgegrenzt und wende auf ſie als materiellen Punkthaufen den ſogenannten Flächenſatz an. Danach muß, bezogen auf einen beliebigen Punkt oder eine beliebige im Raume feſtſtehende Gerade, die Summe der ſtatiſchen Momente aller auf den betrachteten materiellen Punkthaufen einwirkenden äußeren Kräfte der zeitlichen Aenderung der Summe der ſtatiſchen Momente aller Bewegungsgrößen (Maſſe mal Geſchwindigkeit) gleich ſein, für welch letztere Summe Föppl [7a] den kürzeren Ausdruck Drall eingeführt hat. Um die Aenderung des Dralls während eines Zeitelementes dt zu finden, benutzt man die auf S. 645 ſchon bei der Unterſuchung der Aenderung des Energieinhaltes angewandte Ueberlegung. Rückt während der Zeit dt der Querſchnitt F_1 um $(w_1 \cos \tau_1)\, dt$ nach F_1', F_2 um $(w_2 \cos \tau_2)\, dt$ nach F_2' vor, ſo fällt wegen des vorausgeſetzten Beharrungszuſtandes das zwiſchen F_1' und F_2 gelegene Dampfabteil aus der Betrachtung heraus, und die Aenderung des Geſamtzuſtandes beſteht nur darin, daß bei 1 die Dampfmenge $G\,dt$ verſchwunden und dafür bei 2 neu hinzugekommen iſt. Die Aenderung der geſamten Bewegungsgröße des Haufens während der Zeit dt iſt daher $\frac{G\,dt}{g} w_2 - \frac{G\,dt}{g} w_1$, des Dralls $\mathfrak{M} \frac{G\,dt}{g} w_2 - \mathfrak{M} \frac{G\,dt}{g} w_1$, die Aenderung des Dralls nach der Zeit $\mathfrak{M} \frac{G}{g} w_2 - \mathfrak{M} \frac{G}{g} w_1$, wobei $\frac{G}{g} w_2$ und $\frac{G}{g} w_1$ als Kräfte, d. h. als gerichtete, in den Punkten 2 bezw. 1 angreifende Größen aufzufaſſen ſind, deren Momente man zu bilden hat. Außer der Kraft $-\mathfrak{R}$ wirkt nun noch in 1 ſenkrecht zu F_1 die Kraft $p_1 F_1$, in 2 ſenkrecht zu F_2 die Kraft $-p_2 F_2$, wobei das Minuszeichen andeutet, daß die Kraft entgegengeſetzt der Bewegungsrichtung wirkt. Nach dem angezogenen Flächenſatze muß ſomit unter Vernachläſſigung der Schwerkraft

$$\mathfrak{M}\, p_1 F_1 - \mathfrak{M}\, p_2 F_2 - \mathfrak{M}(\mathfrak{R}) = \mathfrak{M} \frac{G}{g} w_2 - \mathfrak{M} \frac{G}{g} w_1,$$

oder

$$\mathfrak{M}(\mathfrak{R}) = \mathfrak{M}\, p_1 F_1 - \mathfrak{M}\, p_2 F_2 + \mathfrak{M} \frac{G}{g} w_1 - \mathfrak{M} \frac{G}{g} w_2 \qquad 50.$$

ſein. Da dieſe Gleichung in bezug auf jede beliebige Achſe oder in bezug auf jeden beliebigen Punkt gilt, ſo findet man die Einwirkung von ſtrömendem Dampf oder überhaupt einer Flüſſigkeit auf ein Rohr, indem man außer den die Wirkung der nachfolgenden und vorausgehenden Flüſſigkeitsſäule erſetzenden Kräften $p_1 F_1$ und $-p_2 F_2$ im Eintrittsquerſchnitte in Richtung von w_1 die Kraft $\frac{G}{g} w_1$, im Austrittsquerſchnitte entgegengeſetzt w_2 die Kraft $\frac{G}{g} w_2$ anbringt, wie dies in Fig. 46 angedeutet iſt. Dabei iſt keinerlei Annahme über die Reibungswiderſtände der Strömung oder Wärmeaustauſch mit der Umgebung gemacht, ſo daß Gleichung 50. allgemeine Gültigkeit beſitzt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nun sei die Voraussetzung gemacht, daß das Rohr 1, 2 nicht mehr ruhend sei, sondern samt Zu- und Ableitung A und B gleichförmig um eine beliebige Achse im Raume rotiere. Dann ändert sich an der vorstehenden Betrachtung nur eins. Es sollen w_1 und w_2 nach wie vor die Geschwindigkeiten gegenüber dem Rohre, also nunmehr die relativen Geschwindigkeiten bedeuten. Der Flächensatz bezieht sich hingegen auf die absoluten Geschwindigkeiten c_1 und c_2, die aus den relativen durch geometrische Addition der Umfangsgeschwindigkeiten a_1 und a_2 an den Stellen 1 und 2 erhalten werden können, wie nebenstehende Geschwindigkeitspläne (Fig. 47) andeuten. Es tritt somit für ein gleichförmig rotierendes Rohr an Stelle von 50. die Gleichung

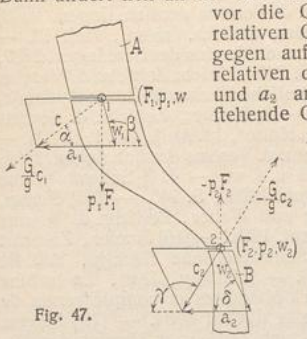


Fig. 47.

$$\mathfrak{M}\,\mathfrak{R} = \mathfrak{M}\,p_1 F_1 - \mathfrak{M}\,p_2 F_2 + \mathfrak{M}\frac{G}{g}c_1 - \mathfrak{M}\frac{G}{g}c_2. \qquad 51.$$

Steht wie bei Turbinen Zu- und Ableitung fest, so müssen die Querschnitte F_1 und F_2 Teile von Rotationsflächen um die Drehachse sein, und der Beharrungszustand muß dadurch ermöglicht werden, daß, sobald der rotierende Kanal 1, 2 aus dem Bereiche der Zuleitung A tritt, er in den Bereich einer neuen Zuleitung gelangt, welche die Stelle von A ersetzt, u. s. w. Wendet man Gleichung 51. auf die Rotationsachse selbst an, so fallen, da F_1 und F_2 Teile von Rotationsflächen sind und somit $p_1 F_1$ und $p_2 F_2$ als Normalen zu Rotationsflächen die Achse schneiden, $\mathfrak{M}\,p_1 F_1$ und $\mathfrak{M}\,p_2 F_2$ fort, und es wird

$$\mathfrak{M}\,\mathfrak{R} = \mathfrak{M}\frac{G}{g}c_1 - \mathfrak{M}\frac{G}{g}c_2. \qquad 51\,a.$$

Die sekundliche Leistung wird $L = \omega \cdot \mathfrak{M}\,\mathfrak{R}$, wenn ω die Winkelgeschwindigkeit bedeutet.

Es handelt sich nun darum, die

Strömungsgleichung für den rotierenden Kanal

abzuleiten. Würde die Bewegung in einer einfachen, gleichförmigen Translation bestehen, so ist ohne weiteres klar, daß alsdann die Strömung nach den für das ruhende Rohr gültigen Gleichungen 1., 2. und 3. erfolgen müßte, worin w_1 und w_2 als relative Geschwindigkeiten zu betrachten wären. Angenähert kann man dies auch bei allen Axialturbinen tun. Dagegen erfordert die Radialturbine eine Erweiterung der Theorie, die hier, obgleich die Radialtype zurzeit bei Dampfturbinen, wie erwähnt, kaum angewandt wird, der Vollständigkeit halber nicht fortgelassen werden darf.

Man betrachte den um die Drehachse mit der Winkelgeschwindigkeit ω gleichförmig rotierenden Kanal 1, 2 während des Zeitelementes dt und wende das Energieprinzip an. Die die Wirkung der nachfolgenden Dampfsäule ersetzende Druckkraft $p_1 F_1$ leistet in der Zeit dt die Arbeit $F_1 p_1 (w_1 \cos \tau_1)\,dt + (\mathfrak{M}\,F_1 p_1)\,\omega\,dt$, wobei das Moment, da es für die Rotationsachse zu bilden ist und $p_1 F_1$ die Drehachse schneidet, verschwindet. Analog leistet die vorausgehende Dampfsäule die Arbeit $-F_2 p_2 (w_2 \cos \tau_2)\,dt$. Drittens verrichtet das Moment $-\mathfrak{M}\,\mathfrak{R}$ der vom Kanal 1, 2 auf den Dampf ausgeübten Kräfte die Arbeit $-\mathfrak{M}\,\mathfrak{R}\,\omega\,dt$, und die Summe dieser Arbeiten muß, da wir von etwa zugeführter und abgeführter Wärme absehen, gleich der Energiezunahme der zwischen F_1 und F_2 ursprünglich befindlichen Dampfmenge während des Zeitelementes dt sein. Nach der nun schon wiederholt gepflogenen Ueberlegung ist diese bei Vernachlässigung der Schwere

$$G\,dt\left(u_2 + \frac{{c_2}^2}{2g}\right) - G\,dt\left(u_1 + \frac{{c_1}^2}{2g}\right),$$

und die Gleichsetzung ergibt unter Einführung des in 51a. für $\mathfrak{M}\,\mathfrak{R}$ gegebenen Wertes mit $F_1 w_1 \cos \tau_1 = G v_1$ bezw. $F_2 w_2 \cos \tau_2 = G v_2$ und $i_1 = u_1 + p_1 v_1$ bezw. $i_2 = u_2 + p_2 v_2$

$$-i_1 + i_2 - \frac{{c_1}^2}{2g} + \frac{{c_2}^2}{2g} + \frac{\omega}{g}\mathfrak{M}\,c_1 - \frac{\omega}{g}\mathfrak{M}\,c_2 = 0.$$

Ist r_1 der Abstand des Punktes 1, r_2 der des Punktes 2 von der Drehachse, so ist unter Einführung der aus Fig. 47 ersichtlichen Winkel α und γ

$$\omega\,\mathfrak{M}\,c_1 = \omega \cdot c_1 \cos\alpha \cdot r_1 = c_1 \cdot a_1 \cos\alpha$$
$$\omega\,\mathfrak{M}\,c_2 = -\omega \cdot c_2 \cos\gamma\, r_2 = -c_2\, a_2 \cdot \cos\gamma,$$

und obige Gleichung geht über in

$$-i_1 + i_2 - \frac{{c_1}^2}{2g} + \frac{c_1 \cdot a_1 \cdot \cos\alpha}{g} + \frac{{c_2}^2}{2g} + \frac{c_2 \cdot a_2 \cdot \cos\gamma}{g} = 0.$$

Die Anwendung des Cosinussatzes auf die beiden Geschwindigkeitsdreiecke (Fig. 47) gibt mit den dort gebrauchten Bezeichnungen

$${c_1}^2 - 2\,c_1 \cdot a_1 \cos\alpha = {w_1}^2 - {a_1}^2 \qquad 52.$$
$${c_2}^2 + 2\,c_2\,a_2 \cos\gamma = {w_2}^2 - {a_2}^2, \qquad 53.$$

mit deren Benutzung man endlich die Beziehung

$$i_2 - i_1 + \frac{{w_2}^2}{2g} - \frac{{w_1}^2}{2g} - \frac{{a_2}^2}{2g} + \frac{{a_1}^2}{2g} = 0 \qquad 54.$$

erhält [1b], die sich von der analogen Gleichung 2b. nur durch das Neuhinzutreten der Glieder $\frac{{a_1}^2}{2g}$ und $\frac{{a_2}^2}{2g}$ unterscheidet. Bei einer Axialturbine sind die beiden Umfangsgeschwindigkeiten a_1 und a_2 einander gleich, so daß Gleichung 54. wieder von selbst in Gleichung 2b. übergeht. Im allgemeinsten Falle des gleichförmig rotierenden Kanals bestimmen jedoch die Gleichungen 1., 54. und 3. die Bewegung des Dampfes.

Literatur: [1] Zeuner, Theorie der Turbinen, Leipzig 1899, S. 171 ff.; [1a] ebend., S. 265 ff.; [1b] ebend., S. 355. — [2] Sosnowski, K., Roues et turbines à vapeur, Paris 1904, und Bulletin

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, Auguſt 1896, S. 1151; ſ. ferner auch Neilſon, Steam-Turbine, 2. Aufl., London. — [3] Stodola, Die Dampfturbinen und die Ausſichten der Wärmekraftmaſchinen, 2. Aufl., Berlin 1904, oder auch [3a] Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 131; [3b] ebend., S. 165. — [4] Lewicki, E., Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 441; ſ. auch Mitteilungen über Forſchungsarbeiten d. Vereins deutſch. Ingen., Heft 12. — [5] Odell, Engineering, Januar 1904, S. 33. — [6] Grübler, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1897, S. 862. — [7] Föppl, Civilingenieur 1895, S. 333 und 519, 1896, S. 249; Kirſch, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1896, S. 702; ſ. auch [7a] Föppl, Vorleſung über Techniſche Mechanik, Bd. 4: Dynamik, Leipzig 1901, 2. Aufl. — [8] Klein, Civilingenieur 1895, S. 519. — [9] Mollier, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1898, S. 685; ſ. auch Des Ingenieurs Taſchenbuch „Hütte", 18. Aufl., Bd. 1, S. 305. — [10] Boveri, „Stahl und Eiſen" 1904, Nr. 13; ſ. ferner Klein, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1895, S. 1193; Joffe, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 969 u. f. w. — [11] Schweizeriſche Bauztg. 1902, I, S. 238. — [12] Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 143. — [13] Singer, Elektrotechn. Zeitſchr., 25. Aug. 1904. — [14] Lindley, Schröter und Weber, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1900, S. 829. — [15] Robb, Electrical World, Sept. 1902. — [16] Brauer, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1888, S. 136. — [17] Weishäupl, Schweizeriſche Bauztg., Bd. 43, Nr. 25 und 26; Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 693. — [18] Rey, Jean, La turbine à vapeur système Rateau et ses applications, Paris 1904; ſ. auch Mémoires et compte rendu de travaux de la société des ingénieurs civils de France, Bulletin d'Avril 1904. — [19] Rateau, Bulletin de la société de l'industrie minérale, 1. Aufl., 1903; ſ. auch Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 772. — [20] Le Génie civil 1901, S. 313; ſ. auch Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1901, S. 641. — [21] Stahl und Eiſen 1904, Nr. 13; ſ. auch Grauert, Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes, April 1904, S. 111; ferner Gutermuth, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 1556. — [22] Riedler, Jahrbuch der Schiffbautechn. Geſellſchaft, 1904, Bd. 5, S. 249, vgl. auch Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1904, S. 197. — [23] Emmet, Electrical World and Engineer 1903, 11. April, S. 609, und 10. Oktober, S. 606; Engineering Record 1903, 11. April, S. 371; Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 1120. — [24] Laſche, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 1205. — [25] Gentſch, Dampfturbinen, Hannover 1905. — [26] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, 3. Aufl., Leipzig, Bd. 1, S. 212; [26a] ebend., Bd. 2, S. 67; [26b] ebend., Bd. 2, S. 36; [26c] ebend., Bd. 2, S. 239; [26d] ebend., Bd. 2, S. 180. — [27] Mollier, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 271. — [28] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, Leipzig 1875, Bd. 1, S. 61. — [29] Proell, Zeitſchr. für das geſamte Turbinenweſen 1904, Heft Nr. 11. — [30] Carnot, Sadi, Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers, Oſtwalds Klaſſiker der geſamten Naturwiſſenſchaften, Nr. 37. — [31] Saint-Venant, de, und Wantzel, Journal de l'École polytechnique 1839, t. 16; ſ. auch Weisbach, Lehrbuch der Ingenieur- und Maſchinenmechanik, 1855, 3. Aufl., Bd. 1, S. 820. — [32] Koob, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 275 und 660. — [33] Regnault, Relation des expériences, t. 2, p. 167. — [34] Knoblauch, Linde, R., Klebe, Die thermiſchen Eigenſchaften des geſättigten und des überhitzten Waſſerdampfes zwiſchen 100 und 180° C.; I. Teil: Linde, R., Die thermiſchen Eigenſchaften des geſättigten und des überhitzten Waſſerdampfes zwiſchen 100 und 180° C.; II. Teil: Lorenz, Die ſpezifiſche Wärme des überhitzten Waſſerdampfes; Mitteilungen über Forſchungsarbeiten des Vereins deutſcher Ingenieure, Heft 21. — [35] Tumlirz, Sitzungsberichte der k. Akademie der Wiſſenſchaften Wien, Mathematiſch-naturwiſſenſchaftl. Klaſſe IIa, Bd. 108, S. 1058, v. J. 1899. — [36] Proell, Thermodynamiſche Rechentafel, Berlin 1904; ſ. auch Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 1418. — [37] Delaporte, Revue de Mécanique, Mai 1902. — [38] Büchner, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 1029; ſ. auch Mitteilungen über Forſchungsarbeiten d. Vereins deutſch. Ingen., Heft Nr. 18. — [39] Roſenhain, Proceedings of the Institution of Civil Engineers 1900, S. 199. — [40] Minary und Réſal, Annales des Mines, t. 19, p. 379; ſ. auch Civilingenieur 1862, Bd. 8. — [41] Napier, On the velocity of steam and other gases, and the true principles of the discharge of fluids, deutſch im Civilingenieur 1871, Bd. 17, S. 215; ſ. ferner Engineer 1869. — [42] Peabody und Kunhard, American Society of Mechanical Engineers, 1890. — [43] Rateau, Annales des Mines 1902, Bd. 1, S. 1. — [44] Gutermuth, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 75; ſ. auch Blaeß, Phyſikaliſche Zeitſchrift 1902, IV, S. 82, ſowie Mitteilungen über Forſchungsarbeiten d. Vereins deutſch. Ingen., Heft 19; vgl. ferner Emden, P., Ausſtrömungserſcheinungen des Waſſerdampfes, Inauguraldiſſertation der Univerſität Baſel, München 1903. — [45] Lorenz, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 1600; ſ. auch Stodola, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 1787. — [46] Prandtl und Proell, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 349. — [47] Riemann-Weber, Die partiellen Differentialgleichungen der mathematiſchen Phyſik, 1901, Bd. 2, S. 471.

R. Proell.

Dampfüberhitzer, ſ. Ueberhitzer; vgl. a. Dampfkeſſel.

Dampfverbrauchsziffer, die Dampfmenge, die von einer Dampfmaſchine für die Arbeitseinheit in einer gegebenen Zeit verbraucht wird.

Bei Betriebsdampfmaſchinen wird ſie auf die Stunde und indizierte Pferdeſtärke, bei Pumpwerksmaſchinen auf dieſelbe Einheit oder auf die Pumpenpferdeſtärke oder auf 1 cbm gehobenen Waſſers bezogen. Die Dampfverbrauchsziffer gibt ſomit einen Maßſtab für die Güte und wirtſchaftliche Seite einer Dampfmaſchinenanlage und wird deshalb als Grundlage für die Garantiebedingungen bezüglich der erforderlichen Dampfökonomie benutzt. Der Dampfverbrauch einer Dampfmaſchine iſt abhängig von dem Maſchinenſyſtem (Einzylinder oder Verbund), von der Dampfwirkung (Auspuff oder Kondenſation), von der Eintrittsſpannung, vom Expanſionsgrad und der Tourenzahl ſowie von der Größe, der Ausführung und Steuerung der Maſchine. Die Dampfverbrauchsziffern ſchwanken daher innerhalb weiter Grenzen, und zwar für die indizierte Pferdeſtärke und Stunde etwa zwiſchen 5,5 und 30 kg.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Für die verfchiedenen Dampfmafchinenkonftruktionen und Ausführungen bewegen fich die Dampfgarantien etwa zwifchen folgenden Dampfverbrauchsziffern:

Kleinmotoren mit freiem Auspuff . . . . . 25 —30 kg,
Größere Auspuffeinzylinder- oder Zwillingsmafchinen . . . . . 12 —13,5 „
„ Kondenfationseinzylinder- oder Zwillingsmafchinen . . . 9 —11,0 „
Verbundkondenfationsmafchinen . . . . . 6,5— 8,0 „
{Dreifachexpanfionsmafchinen und
{Zweifachexpanfionsmafchinen mit überhitztem Dampf . . . . . 5,5— 6,0 „

Schmidts Heißdampfmotoren bei 180—200° Ueberhitzung:

60—100pf. Verbunddampfmafchine . . 5,5 bezw. 5,2 kg für die Brems-PS. u. Stunde,
20pf. Einzylinderauspuffmafchine . . . . 8,5—9,0 „ „ „ „ „ „

Wolffche Lokomobilen:

10—15pf. Auspuffmafchinen . . . . . 14,5 kg für die Brems-PS. u. Stunde,
20pf. „ . . . . . 13,7 „ „ „ „ „ „
50pf. Verbundkondenfationsmafchinen . . . . 8,76 „ „ „ „ „ „
120pf. „ . . . 6,26 „ „ „ „ „ „

Die nachftehende Tabelle gibt einen Vergleich der Dampfverbrauchsziffern bei Sattdampf- und Heißdampfmafchinen und die Erfparniffe auf Grund von amtlich feftgeftellten Dampfverbrauchsziffern nach Mitteilung der Afcherslebener Maſchinenbau-Aktiengefellfchaft vormals W. Schmidt & Co.

Art der Mafchine	Leiftung in PS.	Dampfverbrauch für 1 PSi und Stunde		Erfparnis bei Heißdampf %
		bei Sattdampf kg	bei Heißdampf kg	
Einzylindermafchinen ohne Kondenfation	40	14,2	8,1	43
	60	13,2	7,8	41
Einzylindermafchinen mit Kondenfation	50	10,6	6,4	40
	80	10,3	6,2	40
	100	7,7	4,6	40
Verbundmafchinen mit Kondenfation	200	7,2	4,35	40
	300	6,9	4,25	38
	500	6,5	4,15	36
	1000	6,0	4,07	32

Wie aus diefer Zufammenftellung erfichtlich ift, beträgt die Dampferfparnis durch Ueberhitzung bei mittleren Mafchinen etwa 38%. Als Mehrverbrauch an Kohle find dagegen etwa 12% zu rechnen, fo daß die wirkliche Erfparnis $(100-62)\cdot 1{,}12 = 30{,}5\,\%$ gegenüber einer gleichwertigen Sattdampfmafchine beträgt. Die Refultate der Dampfverbrauchsunterfuchungen einiger von der vorgenannten Firma erbauten Heißdampfmafchinen find in der folgenden Zufammenftellung gegeben.

Befitzer und Aufftellungsort der Mafchine	Mafchinenfyftem	Kondenfation	Kolbenhub	Tourenzahl	Leiftung beim Verfuch in PSi	Eintrittsfpannung in Atmofphären	Ueberhitzung in °C. an der Mafchine gemeffen	Dampfverbrauch pro PSi-Stunde	Verfuch ausgeführt durch
Sächfifche Filztuchfabrik Wolff & Co., Rodewitfch i. V.	Tandemmafchine, Patent Wilh. Schmidt	mit	1000	90	310	10,8	362	4,2	Sächfifcher Dampfkeffel-revifionsverein
Gewerkfchaft Ludwig II., Staßfurt	Zwillingstandemmafchine, Patent Wilh. Schmidt	mit	1000	100	560	10,3	312	4,3	Prof. Straube, Karlsruhe
Eifenhüttenwerk Thale, Thale a. H.	Tandemmafchine, Patent Wilh. Schmidt	mit	1000	79	257	11,5	351	4,07	Prof. Lewicki, Dresden
Chr. Niewerth, Holzfchneiderei, Hafferode a. H.	Tandemmafchine Patent Wilh. Schmidt	mit	800	99	152	11	339	4,3	Prof. Straube, Karlsruhe
G. Schäuffelenfche Papierfabrik, Heilbronn	Tandemmafchine	mit	1100	86	618	10,8	344	4,2	Württemberg. Dampfkeffel-revifionsverein
Wilhelm Vogel, Lunzenau	Tandemmafchine	mit	1400	85	1514	9,9	342	4,4	Sächfifcher Dampfkeffel-revifionsverein
Elektrizitätswerk Plauen bei Dresden	Stehende Tandemmafchine	mit	550	152	300	7,5	310	5,4	Prof. Lewicki, Dresden
Elektrizitätswerk Metz	Zwei ftehende Verbundmafchinen	mit	500	150	250	9,5	350	4,6	Union E.-G., Berlin
Quedlinburger Textilinduftrie-Aktiengef., Quedlinburg	Einzylindermafchine	ohne	800	100	112	8,5	265	7,3	Quedlinburger Textilinduftrie-Aktiengefellfch.
Mälzerei-Aktiengefellfchaft vorm. Alb. Wrede, Cöthen	Einzylindermafchine	mit	700	110	103	4,5	326	6,2	Zivilingenieur Keil, Cöthen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hiernach ift bereits bei einer Mafchine von nur 257 PS. ein Dampfverbrauch von nur 4,07 kg erreicht, ein Wert, der dem bei einer 1000pferdigen Mafchine gefundenen, in der obigen Tabelle enthaltenen gleichkommt. Einige weitere Angaben enthalten die nachftehenden Tabellen für verfuchsmäßig feftgeftellte Dampfverbrauchszahlen bei Dampfmafchinen der Vereinigten Mafchinenfabrik Augsburg und Nürnberg (Werk Augsburg).

Normal-leiftung	Mafchinenfyftem	Anfangs-druck	Dampfverbrauch pro PS_i und Stunde bei Normalleiftung		Dampfverbrauch pro PS_e und Stunde bei Normalleiftung	
			gefättigt. Dampf	Dampf v. 300° C.	gefättigt. Dampf	Dampf v. 300° C.
PS_e		Atm.	kg	kg	kg	kg
50	Einzylinder m. Kondenf.	9	8,2	7,4	9,1	8,2
100	Verbund „ „	10	6,4	5,2	7,4	6,0
500	„ „ „	11½	6,25	4,9	7,1	5,5
1000	Dreifachexpanfion	12	5,3	4,33	6,2	5,0
2000	„	12	5,25	4,20	6,0	4,8
3000	„	13	5,2	4,1	5,9	4,6

Die Dampfverbrauchszahlen, welche die bekannte Dampfmafchinenfabrik A. Borfig in Tegel bei Berlin ihren Dampfgarantien zugrunde legt, find in der folgenden Tabelle enthalten. Die Zahlen beziehen fich einerfeits auf trockenen, gefättigten Dampf von 9½ Atmofphären Druck mit Kondenfation, anderfeits auf überhitzten Dampf von 300° C. Temperatur und von einem Anfangsdruck von 13½ Atmofphären, ebenfalls mit Kondenfation.

Mafchinenfyftem	Leiftung	Dampfverbrauch pro PS und Stunde		Verhältnis beider	Erfparnis bei Heißdampf in % der größeren Zahl
		Sattdampf	Heißdampf		
	PS.	kg	kg		
Liegende Zweifach-verbundmafchinen	50	7,0	5,7	0,814	18,6
	100	6,4	5,3	0,828	17,2
	500	5,9	4,9	0,830	16,9
	1000	5,7	4,8	0,842	15,8
	2000 / 3000	5,5	4,6	0,836	16,3
Liegende Dreifach-verbundmafchinen	350	5,3	4,5	0,850	15,10
	600	5,2	4,4	0,846	15,30
	1000	5,0	4,2	0,840	16,00
	2000	4,9	4,1	0,836	16,30
	3000	4,8	4,0	0,833	16,67

Die in Dampfmafchinenverträgen geleiftete Dampfgarantie bezieht fich in der Regel ausdrücklich auf trockenen Dampf, das ift alfo auf die dem Keffel zugeführte Speifewaffermenge abzüglich des Feuchtigkeitsgehalts, der Leitungskondenfation und der Undichtheitsverlufte vor der Mafchine. Da es praktifch fchwierig ift, das vom Dampf mitgeführte Waffer vor feinem Eintritt in die Mafchine vollftändig abzufcheiden, fo ift zur Vermeidung nachträglicher Einwände von vornherein eine genaue Vereinbarung darüber zu treffen, ob die Befchaffenheit des von der zu unterfuchenden Keffelanlage gelieferten Dampfes hinfichtlich feines Feuchtigkeitsgehaltes für die Erfüllung der Garantiebedingungen als genügend erachtet wird und mit welchen Mitteln und Einrichtungen die Waffer abfcheidung vor der Mafchine erfolgen foll. *v. Ihering.*

Dampfwärme ift der Mehrbetrag an Energie (f. d.) in der Gewichtseinheit Dampf (ohne Flüffigkeitsbeimifchung) gegenüber ihrem Wert in der Gewichtseinheit Flüffigkeit bei gleichem Drucke und 0° C. Temperatur, gemeffen in Wärmeeinheiten (f. Kalorie). Die Dampfwärme ift für gefättigten Dampf $J = q + \varrho$, für überhitzten Dampf, wenn c_p die mittlere fpezififche Wärme bei dem betreffenden Drucke während des Ueberhitzens um $\tau = t - t'$ Grad von der Sättigungstemperatur t' bis zur wirklichen Temperatur t bedeutet, $J = q + \varrho + c_p \tau$. Näheres f. Dampf, gefättigter, und Dampf, überhitzter. Der Name Dampfwärme rührt von Zeuner her. *Weyrauch.*

Dampfwagen, f. v. w. Lokomotive.

Dampfwalzen, f. Straßenwalze.

Dampfwafferableiter, f. Kondenfationswafferableiter und Waffer abfcheider.

Dampfwafferanwärmer bewirkt, daß der in Waffer einftrömende Dampfftrahl fofort mit immer neuen Waffer teilen in innigfte Berührung gelangt, wobei durch die entftehende gleichmäßige Kondenfation des Dampfes in dem Waffer das fonft fo fehr läftige, laute knatternde Geräufch faft vollkommen befeitigt wird.

Um auch den letzten Reft des Geräufches fortzufchaffen, das fich namentlich dann noch zeigte, wenn die Flüffigkeit den Siedepunkt nahezu erreicht hatte, werden bei den verbefferten Waffer anwärmern von Gebrüder Körting, A.-G. in Körtingsdorf bei Hannover, dem Dampf-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtrahle kleine Mengen atmoſphäriſcher Luft zugemengt; hierdurch wird „eine geräuſchloſe Anwärmung bis hinauf zur Siedehitze auf das vollkommenſte erreicht". Dieſe Luft wird auf der in Fig. 1 mit *L* bezeichneten Stelle in den Apparat eingeführt und miſcht ſich mit dem Dampfſtrahle, mit dem ſie dann zuſammen den Apparat durchſtrömt. Die Menge der Luft wird mit Hilfe der Luftſchraube, die ſich am Ende des in *L* befeſtigten dünnen Rohres befindet, je nach Bedarf eingeſtellt. Fig. 2 ſtellt einen Dampfwaſſeranwärmer mit Flanſch zum Befeſtigen an der inneren Seite der Blechplatten von Waſſerbehältern dar. Außerdem werden ſolche mit Verſchraubung (zum Hineinhängen in Waſſerbehälter, wo eine Durchbrechung der Seitenwand nicht ſtatthaft iſt) und ſolche mit Mantel zum ſeitlichen

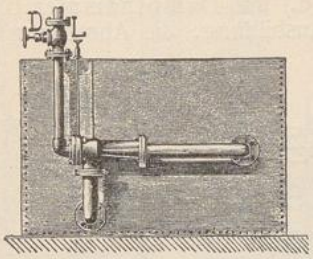


Fig. 3.

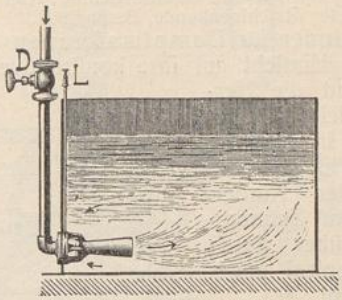


Fig. 2.

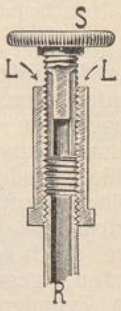


Fig. 1.

äußeren Anbringen an Waſſerbehältern, wie aus Fig. 3 erſichtlich, gebaut. Aus folgender Tabelle ſind die Abmeſſungen und Preiſe der Dampfwaſſeranwärmer der obengenannten Firma erſichtlich

Nr.	Anzahl der Wärmeeinheiten, die bei 3 Atm. Dampfdruck in der Stunde abgegeben werden	Geringſte Weite des Dampfrohres	Weite der Waſſerrohre der Klaſſe-B-Apparate	Preiſe der Apparate						Preis der Dampfventile
				Klaſſe A mit Flanſch, Eiſenkörper mit Rotgußdüſe	Gußeiſerner Gegenflanſch mit Gasgewinde nebſt Schrauben	Klaſſe A mit Gewindeanſchluß		Klaſſe B		Eiſenkörper mit Metallgarnier. u. Delta-Metallſpindel
						Eiſenkörper mit Rotgußdüſe	Körper u. Düſen ganz Metall	mit Mantel Eiſenkörper mit Rotgußdüſe	Ein Satz gußeiſern. Gegenflanſch. u. Schrauben dazu	
		mm	mm	ℳ.	ℳ.	ℳ.	ℳ.	ℳ.	ℳ.	ℳ.
1	50000 W.E.	10	40	20	1.50	20	20	30	8.—	6.—
2	100000 „ „	13	50	25	2.25	25	30	40	9.—	7.50
3	200000 „ „	19	70	30	3.—	30	35	50	11.—	9.—
4	300000 „ „	25	90	35	3.50	35	40	60	13.50	11.50
5	500000 „ „	30	120	40	4.—	40	50	80	17.50	15.—

Bei höherem Dampfdrucke als 3 Atmoſphären ſteigt die Leiſtungsfähigkeit der Apparate, bei niedrigerem ſinkt ſie, bei Abdampf auf ungefähr $^1/_4$ der angegebenen Leiſtung. Wenn ſehr lange Dampfrohrleitungen nötig werden, ſo iſt es zweckmäßig, die Rohre weiter zu nehmen, weil durch den Widerſtand an den Rohrwandungen der Druck des Dampfes bis zum Apparate verringert wird. *v. Ihering.*

Dampfwaſſerheber, ſ. Strahlapparate.

Dampfwaſſeröfen, ſ. Heizung.

Dampfwinden, Windwerke, durch Dampfmaſchinen angetrieben.

Zwiſchen Kurbel- und Trommelachſe iſt ſtets ein einfaches oder mehrfaches Vorgelege eingeſchaltet. Als Antriebsmaſchinen dienen meiſt Zwillings-, ſeltener Einzylinderdampfmaſchinen mit hoher Umdrehungszahl und mit Umſteuerung. — Das Windwerk iſt ſtets noch mit einer Band- oder Backenbremſe zum Stillhalten oder Niederlaſſen der Laſt verſehen, die von Hand oder mit dem Fuße betätigt wird. Die Dampfmaſchine läßt ſich horizontal, geneigt oder vertikal ſtehend anordnen. Die Dampfwinden finden Anwendung zum Heben großer Laſten überhaupt, beſonders auf Bauplätzen, als Aufzugsmaſchinen zum Heben von Perſonen und Laſten, im

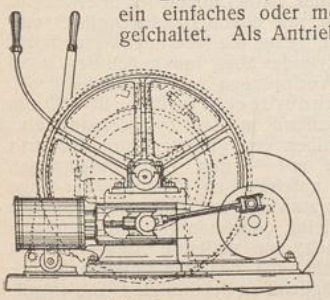


Fig. 1.

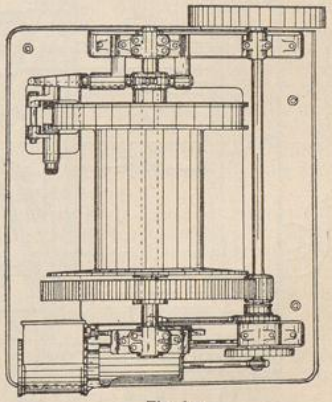


Fig. 1a.

Zuſammenhang mit Kranen für große Laſten, wie Scheren-, Bock-, Hafenkrane, ferner für Eiſenbahnzwecke, in Hafen und Docks, in Lagerhäuſern, zu Bergwerkszwecken, in Steinbrüchen, für Seilförderungen u. dergl. — Fig. 1 und 1a zeigen eine Dampfwinde für größere Laſten mit einfachem Stirnrädervorgelege für Bergwerkszwecke oder für Laſthebung. — An Bord der Handelsſchiffe dient die Dampfwinde zum Laden und Löſchen von Gütern ſowie zum Verholen, bei Kriegsſchiffen zum Ein- und Ausſetzen ſchwerer Boote, zum Munitionstransport u. dergl. Es ſind meiſt liegende Zwillingsmaſchinen mit Stephenſonſcher Kuliſſe für Vorwärts- und Rückwärtsgang mit Räderüberſetzung auf die Windetrommel. Der Abdampf geht meiſt in die Dampfabgangsrohre.

Literatur: [1] Busley, Die Schiffsmaſchine, Kiel 1886. — [2] Klamroth, G., Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902.

T. Schwarz.

Dampfzylinder für Dampfmaſchinen (ſ. d.) und Dampfhämmer (ſ. d.) werden hier in Hinſicht auf ihre konſtruktive Ausbildung, die Abmeſſung der Einzelheiten und die Herſtellung behandelt. — Der hohle Zylinder, in dem der Kolben läuft, iſt an der Maſchinen- oder Kurbelſeite durch den Zylinderboden, gegenüber durch den Zylinderdeckel abgeſchloſſen und ſteht mit der Steuerung durch die Zylinderkanäle in Verbindung, die zum Teil im Boden und Deckel münden. Mit dem Geſtell oder der Kreuzkopfführung wird er gleichachſig verſchraubt und, außer bei kurzem Hub, durch einen Sockel oder mehrere Füße unterſtützt. Die Zylinder werden, außer bei kleinen Maſchinen (Fig. 1) und bei Speiſung mit Heißdampf, meiſt mit einem Dampfmantel zur Heizung umgeben, und zwar entweder doppelwandig gegoſſen (Fig. 2 und 3) oder in den Mantel beſonders eingeſetzt (Fig. 4). Der Dampfhammerzylinder (Fig. 5) ſitzt mit ſeitlichen Rippen am Geſtell, durch Schrauben, Dübel und Schrumpfringe befeſtigt.

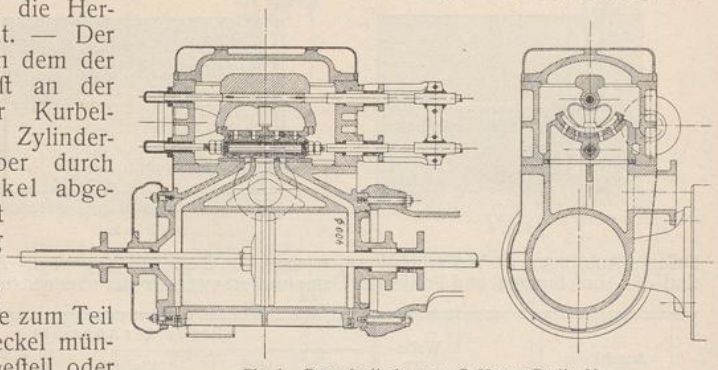


Fig. 1. Dampfzylinder von C. Hoppe-Berlin N.

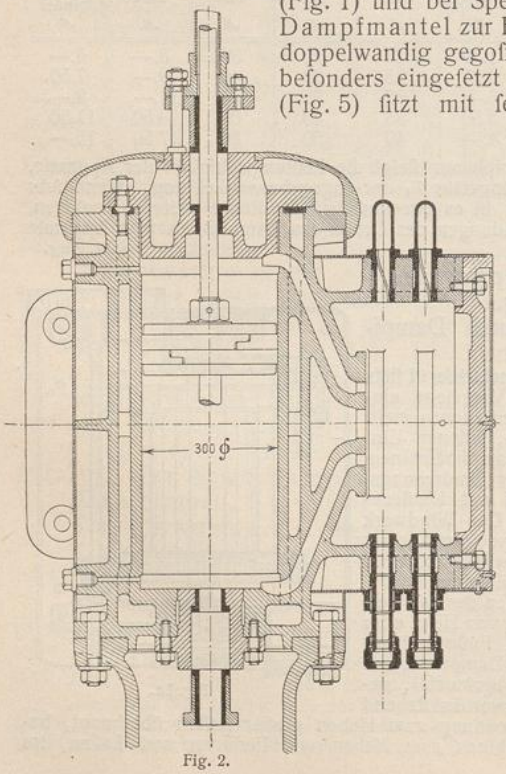
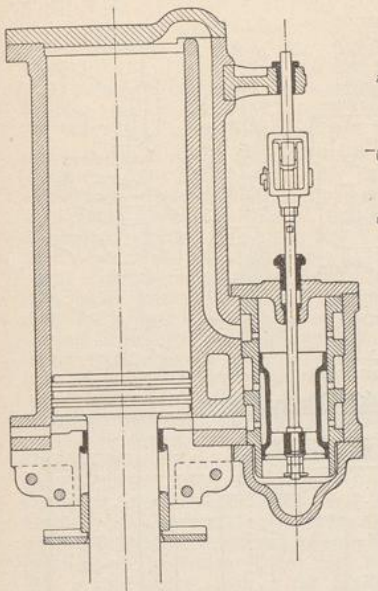


Fig. 2.

Die innere Lauffläche von beſtimmtem Durchmeſſer und Hub iſt in ihrer Länge ſo zu bemeſſen, daß die Kolbenringe beiderſeits um einige Millimeter überlaufen, damit ſich kein Grat anläuft. Der Zylinder wird deshalb an beiden Enden um etwa 10 mm im Durchmeſſer weiter ausgedreht. In dieſe Ausdrehungen ſind Boden und Deckel eingeſetzt, ſo daß ſie paſſend bleiben, auch wenn die Lauffläche nachgebohrt werden muß. Beim Einſchieben des Kolbens, der zuvor mit einem Bandeiſengürtel umſpannt iſt, gehen die federnden Ringe leicht in den Zylinder über, indem ſich der Gürtel an den Vorſprüngen vom Kolben abſtreift. Der Zylinderdeckel greift auf 20—30 mm Länge paſſend in das Zylinderende ein; hohle Kolben von größerer Länge läßt man weiterhin mit $^1/_2$ mm Luft hineinragen, damit er unſchwer zu löſen iſt, der enge Zwiſchenraum aber mit Waſſer und Schmiere gefüllt bleibt, oder man gibt ihm an ſeinem Ende noch eine paſſende Anlageleiſte in der Abſicht, die dampfabkühlende Wandfläche möglichſt zu beſchränken. Die eigentliche Abdichtung liegt in der ebenen Ringfläche außen am Zylinderflanſch; hier iſt der Deckel an einer 10—20 mm breiten Leiſte innerhalb des Schraubenkranzes dicht

aufgefchliffen (Fig. 1) oder über die ganze Flanfchbreite durch einen Ring von mit Firnis getränktem Zeichenpapier abgedichtet (Fig. 3). — Der Zylinderboden kann an den Zylinder angegoffen werden unter Ausfparung einer mittleren Oeffnung von etwa der halben Weite des Zylinders zur Durchführung der Bohrfpindel beim Ausdrehen des Zylinders und zum Einfetzen



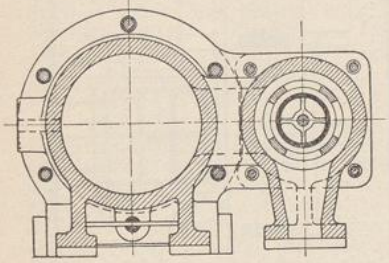


Fig. 5.

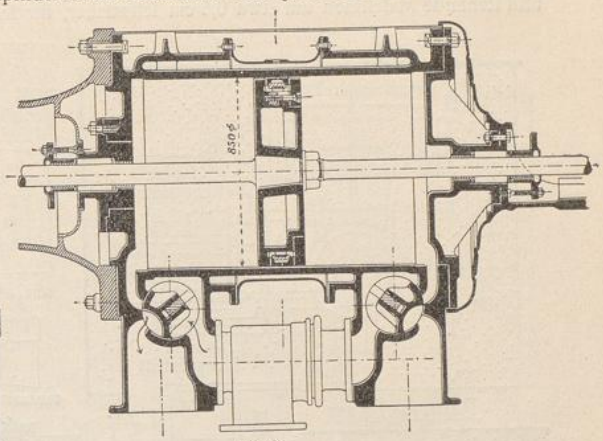


Fig. 3.

eines befonderen Stopfbüchfenftückes (Fig. 2 und 3). Ebenfo kann er mit der Kreuzkopfführung vereinigt werden. Oefter legt man ihn, mit Drehflächen eingepaßt, zwifchen Zylinder und Führung, fo zwar, daß diefe fich zentrieren, aber doch den Bodenflanfch zwifchen fich feft und dicht halten, fei es, daß diefer auf der ganzen Flanfchbreite anliegt oder fchmaler ift. Fig. 1 (nach einer bewährten Ausführung von C. Hoppe) zeigt den Zylinderboden mittels Kupferftemmung befeftigt und gedichtet. In Fig. 5 ift der Boden mit der Stopfbüchfe zweihälftig auf die Stange gebracht, weil diefe mit Kolben und Bär aus einem Stück befteht. — Boden und Deckel find der Form des Kolbens ftets fo anzupaffen, daß in den Endftellungen je 2—8 mm Spielraum in der Achfenrichtung bleibt.

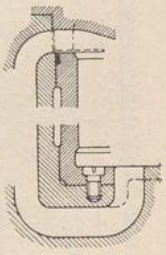


Fig. 4.

Der Heizmantel in Fig. 2 mündet an beiden Enden mit je fechs Kernöffnungen aus, die durch einen eingepaßten und mittels Stiftfchrauben befeftigten Schmiedeeifenring abgefchloffen werden. In Fig. 3 ift inmitten der Länge ein Stahlblech zweihälftig umgelegt, zufammengenietet und auch mit den Mantelflanfchen vernietet. Neben den Stoßftellen find Armlöcher in dem Mantel vorgefehen mit Verfchlußdeckeln. Der Stahlring foll die Wärmedehnung erleichtern. Die Befeftigung einer befonderen Laufbüchfe (Fig. 4) erfolgt am beften mit Innenflanfch am Boden mit Papierdichtung und verfenkten Schrauben unter Umführung des Dampfkanals durch den Boden; an der Deckelfeite durch eingeftemmte Kupferringe in Schwalbenfchwanzfuge von 6—10 mm Weite; die Einpaßleiften am äußeren Umfang, an beiden Enden und allenfalls auch in der Mitte, erhalten um 2 mm verfchiedene Durchmeffer zur Erleichterung der Einfetzung. Die fonft vielfach benutzte Dichtung mit Kupferringen an beiden Enden ficher den Zylinder nicht genügend gegen Lockern und Verfchieben, da man den Deckel nicht gleichzeitig zum Feftha1ten der Laufbüchfe und zum Abdichten am Flanfch bringen kann.

Der Sockel des Zylinders in Fig. 1 fitzt an deffen hinterem Ende. Der Grundriß zeigt im Schnitt die Indikatorftutzen an beiden Zylinderenden. Das Niederfchlagwaffer, das durch die am Schieberkaften und an beiden Enden des Zylinders unten fitzenden Hähne abzulaffen ift, fließt durch Kupferröhrchen ab. Der Schieberkaften liegt in Fig. 1 fo tief, daß das Waffer aus dem Zylinder durch die Dampfkanäle austreten kann. Bemerkenswert ift hier der Angriff des Expanfionsfchiebers dicht an feiner Laufflache mittels einer Klaue mit Gegengewicht. An Dampfmafchinen (f. d.) mit Ventilfteuerung, bei denen der Zylinder unten für die Auslaßventile und Dampfrohre frei bleiben muß, ordnet man vier feitlich aufftehende Füße an, deren hintere, befonders bei Heißdampf, nicht feftgefchraubt werden, fondern in Schwalbenfchwanzführungen gleiten können, damit die Ausdehnung des Zylinders nicht behindert wird.

Um für Rechts- und Linksmafchinen, je nachdem der Bajonettarm auf der rechten oder linken Seite zum Kurbellager nach vorn reicht und fomit auch die Steuerung rechts oder links liegt, dasfelbe Zylindermodell benutzen zu können, geftaltet man das Gußftück möglichft

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſymmetriſch zur mittleren Querſchnittsebene, ſo daß z. B. in Fig. 1 nur die Stopfbüchſen für die Schieberſtangen am Modell umzuſetzen ſind.

Für die **Abmeſſungen** gilt folgendes: Die Wandſtärke des Zylinders iſt in Rückſicht auf genaue Erhaltung der Form $\delta = 0{,}02\,D + 1{,}5$ cm zu ſetzen, für ummantelte Zylinder und ſtehende Maſchinen um etwa 0,5 cm ſchwächer, für ſchwebende Zylinder um 0,5 cm ſtärker.

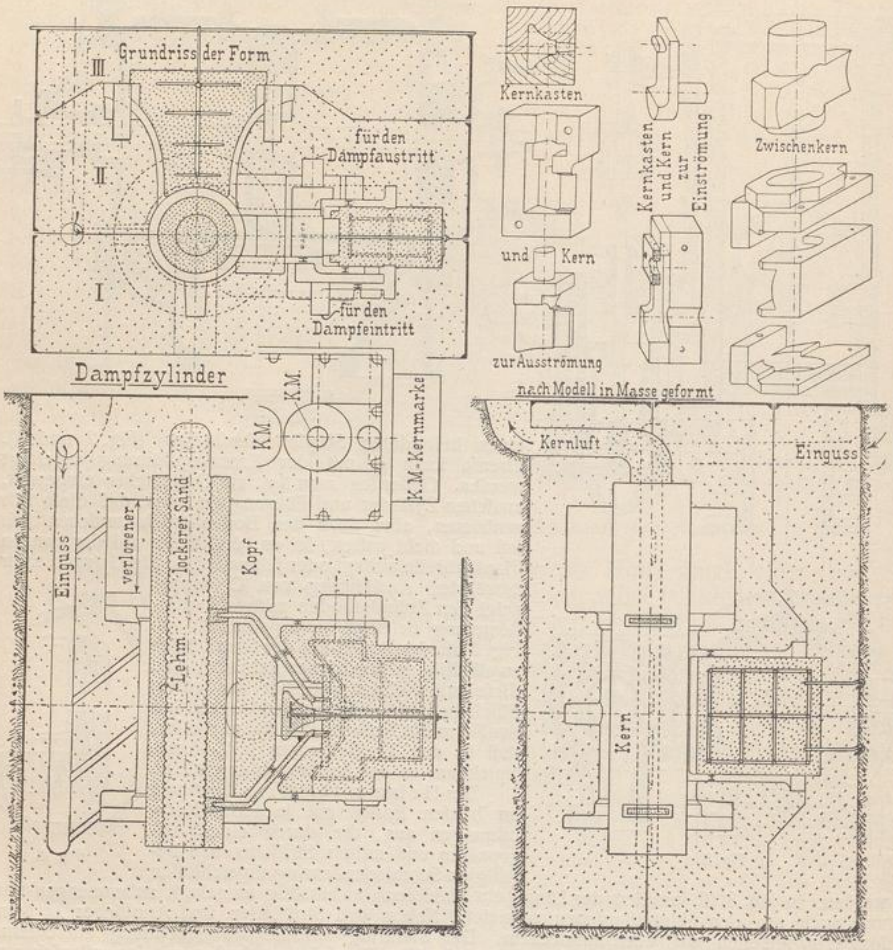


Fig. 6.

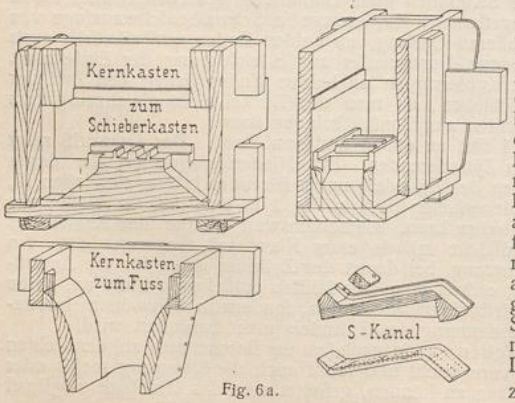


Fig. 6a.

Die Dicke der Flanſchen $0{,}025\,D + 2{,}0$ cm oder gleich der Schraubenſtärke; Wandſtärke der Dampfmäntel $0{,}9\,\delta$; Kernſtärke angegoſſener Mäntel 40—70 mm; Weite des Dampfmantels bei eingeſetzter Laufbüchſe 20—30 mm. Der Lochkreisdurchmeſſer für die Boden- und Deckelverſchraubung iſt ſo knapp zu bemeſſen, wie es die Schraubenköpfe zulaſſen, die am äußeren Mantel abgeflacht anliegen können. Der Schraubenabſtand ſoll höchſtens 150 mm betragen, ſo daß man $Z = 0{,}22\,D_{\text{cm}} + 1$ oder 2 Schrauben anzuordnen hat, abgerundet auf eine gerade oder auch ungerade Zahl. Den Schraubendurchmeſſer d in Zentimetern ſetze man für q Atmoſphären Dampfüberdruck und D cm Zylinderweite zunächſt $d = \frac{1}{2}\sqrt[3]{q\,D}$ und berechne für

den Kernquerſchnitt, der $= \frac{1}{2} d^2$ iſt, die Zugſpannung s im Kern für den Dampfdruck $q \pi (D+1)^2/4$, unter Zurechnung von 200—300 kg für den auf je eine Schraube entfallenden Dichtungsdruck, aus der Gleichung $\frac{1}{2} d^2 s = q \pi (D+1)^2/4 Z +$ (200—300 kg). Die Spannung ſoll 200—300 kg/qcm betragen. Der Flanſch reicht über den Lochkreis um den Halbmeſſer der Unterlagſcheibe hinaus, bei Stiftſchrauben um 5 mm mehr. Die Schrauben am Zylinderboden ſind in gleicher Weiſe zu berechnen, bei Tandemmaſchinen aber für die geſamte Kolbenſtangenkraft. — Die Deckelſcheiben werden als Platten (ſ. d.) berechnet. Für eine flache, runde Scheibe vom Lochkreisdurchmeſſer D_0 ergibt ſich die Wandſtärke w für q Atmoſphären Dampfüberdruck aus $w = 0{,}5\, D_0 \sqrt{q/s}$ mit der Biegungsſpannung $s = 200$—250 kg/qcm; z. B. für $q = 8$ zu $w = 0{,}1\, D_0$. Hierbei iſt die Preſſung der Dichtung am Flanſch bis zum Lochkreis, und zwar gleich der Dampfſpannung gerechnet. Die Verſchraubung des Schieberkaſtendeckels bekommt etwas ſchwächere Schrauben als der Zylinder und eine ſolche Anzahl, daß die Spannung im Kern unter 300 kg/qcm bleibt, die Teilung unter 150 mm; an den Ecken ſitzen die Schrauben ſo nahe, daß ihre Verbindungslinie noch in die Dichtungsfläche fällt. Die Abdichtung erfolgt mit Papier oder Aſbeſt. Die genaue Einpaſſung rechteckiger Deckel vermeidet man gern, läßt aber den Rand zur Verſteifung in den Kaſten eingreifen und wölbt die Deckelſcheibe oder verſieht ſie mit Rippen auf der Innenſeite. Die rechteckigen, ebenen Wandflächen des Schieberkaſtens und der Dampfkanäle werden als Platten (ſ. d.) für die Diagonalquerſchnittsflächen berechnet, ebenſo die zwiſchen den Rippen liegenden Teile der Wandflächen. Für a cm Länge und b cm Breite bis zur Befeſtigungslinie des Randes erhält man die Wandſtärke w für q Atmoſphären Ueberdruck aus $w = 0{,}7\, b \sqrt{q/s\,[1 + (b/a)^2]}$ mit der Biegungsſpannung $s = 200$—300 kg/qcm, z. B. für $q = 8$ und $b = 0{,}7\, a$ zu $w = 0{,}1\, b$.

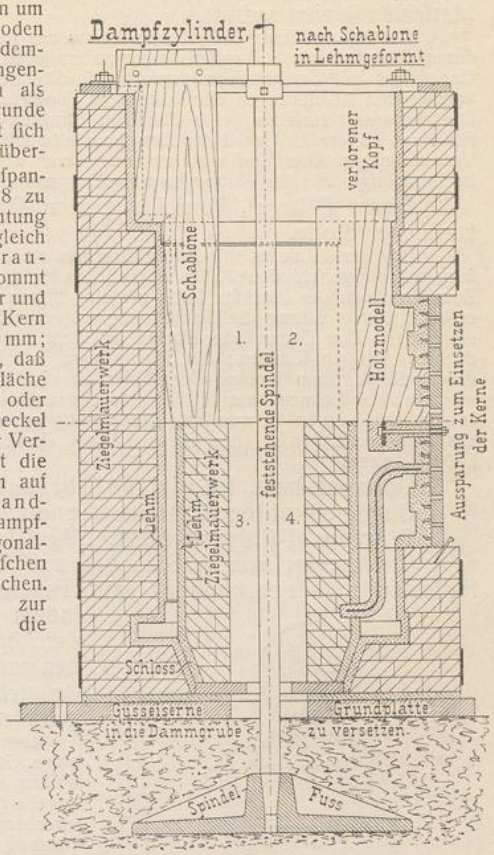


Fig. 7.

Hinſichtlich der **Ausführung** zeigen Fig. 6, 6a die Gußform eines Dampfzylinders, der nach einem durch Zylinder und Schieberkaſten geteilten Modell mit verlorenem Kopf in dreiteiligem Formkaſten, in der Dammgrube ſtehend, gegoſſen werden ſoll, und Fig. 7 die Herſtellung der Form eines Zylinders in Lehm in vier Arbeitsſtufen mit beſonderem Holzmodell für die Schieberſpiegelplatte. Das Gußeiſen ſoll beſonders dicht, feinkörnig und nicht zu weich ſein; man ſetzt dem Gußeiſen beſonderer Qualität etwas Schmiedeeiſen oder auch Zinn hinzu oder miſcht Weißeiſen mit Siliciumeiſen. Die Zylinderwand erhält keine Kernſtützen. Beim Ausbohren ſoll der Zylinder womöglich in gleicher Lage und Art befeſtigt ſein wie ſpäter an der Maſchine, damit er die zylindriſche Form fehlerlos beibehält. Das Ausdrehen und Schlichten, auch das Schmirgeln ſoll, außer bei den größten Zylindern, ohne jede Unterbrechung durchgeführt werden, weil ſich ſonſt kleine Abſätze in der Lauffläche bilden. Für das Nachbohren an Lokomotivzylindern u. ä., die ſich im Betriebe hauptſächlich an beiden Enden unten auswaſchen, hat man transportable Vorrichtungen, die an den Zylinder angeſetzt werden können.

Literatur: ſ. Dampfmaſchinen und Maſchinenelemente. *Lindner.*

Dandy, Dandy loom, übliche Bezeichnungen für halbmechaniſche Webſtühle (mechaniſche Handwebſtühle).

Dandyroller, in der Papiermaſchine diejenige aus Metallgewebe beſtehende zylindriſche Walze, die gewöhnlich, nahe dem Ende der Form gelegen, die Aufgabe hat, Linien, Zeichen, Ornamente in die noch feuchte Papierfaſerſchicht einzudrücken; ſ. Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Daniellſches Element, ſ. Galvanismus.

Daniells Hygrometer, ſ. Feuchtigkeitsmeſſer.

D'Arcetſches Metall (Newtonſches Metall), ſ. Wismutlegierungen.

Darcyſche Röhre, ſ. Waſſermeſſung.

Darg, Lokalname für Torf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dargmoor, in den Küftengegenden Norddeutfchlands und Hollands vorkommende Moorbildung, die zu den Niederungs-(Grünlands- oder Wiefen-) Mooren zu zählen ift und teils oberirdifch, teils als Unterlage von Hochmooren und Marfchländereien auftritt.

Die Moorfubftanz befteht vorwiegend aus Reften von Phragmites (Dachrohr), woraus auf deren Charakter als Süßwafferbildung zu fchließen ift. Wo gleichwohl eine Ueberlagerung des Dargmoors mit Seefchlick vorkommt, ift dies aus den im Lauf der Zeit nicht felten vorkommenden Aenderungen der Küftenlinie (Vordringen des Meeres ins Binnenland) zu erklären. Die nur wenig zerfetzte, eine deutliche Struktur zeigende Moorfubftanz hat eine gelbbraune Färbung; an der Luft wird der Dargmoor allmählich fchwarz unter Verluft der Struktur. Seine Verwendung zu Brenntorf wird meiftens durch einen hohen Gehalt an Schwefelverbindungen beeinträchtigt. Für die Kultur kommen Dargmoore gleichfalls nur wenig in Betracht. *Drach.*

Darre (Dörre), Vorrichtung zum Trocknen oder fchwachen Röften vegetabilifcher Stoffe.

Um den Flachs mit Erfolg brechen zu können, muß derfelbe gehörig ausgetrocknet fein, was auf verfchiedene Arten zu erreichen ift: durch Luft, Sonnen- oder künftliche Erwärmung. Zum Trocknen des Flachfes follte nie eine höhere Wärme als 40° C. angewendet werden, weil er bei größerer Wärme die Gefchmeidigkeit verliert; daher ift die Lufttrocknerei am meiften zu empfehlen. Das Darren oder Dörren gefchieht am beften auf hölzernen Gittergeftellen, in überdachten luftigen Räumen; der Flachs wird auf die Holzgitter (Geftelle) gelegt und Zugluft durchgeführt. Zum Trocknen der Faferftoffe find fehr gute Trockenmafchinen für lange Fafern von Haas in Lennep, von P. Hahn in Grevenbroich und von der Rheinifchen Mafchinenfabrik Dülken in Verwendung gekommen; wir verweifen auf die Kataloge. — Ueber Darren des Malzes f. Malz, des Getreides f. Getreidetrockenvorrichtung, des Obftes f. Obftdarre. *Th. Eug. Schiefner.*

Darrmalzhefe, f. Spiritusfabrikation.

Darrpreßkohlen, f. Briketticren, S. 300.

D'Arfonval-Galvanometer, f. Meßinftrumente, elektrifche.

Dafymeter, von A. Siegert und W. Dürr (München), ermöglicht die fortlaufende Betriebskontrolle von Feuerungsanlagen der verfchiedenften Art, indem es den jeweiligen Kohlenfäuregehalt der Abgafe anzeigt und fo einen Schluß auf den vorhandenen Luftüberfchuß bezw. auf den dadurch bedingten Wärmeverluft zu ziehen geftattet.

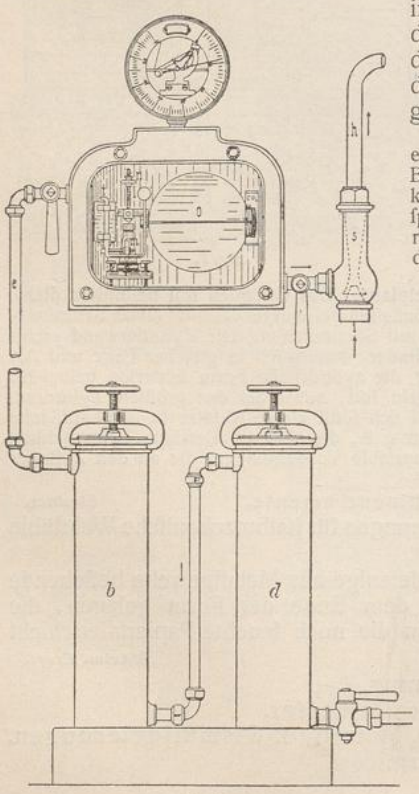


Fig. 1.

Der Apparat befteht im wefentlichen aus einer in einen Glaskaften eingefchloffenen Wage, deren einer Balken eine mit atmofphärifcher Luft gefüllte Glaskugel *o* (Fig. 1) trägt, während am andern ein entfprechendes Gegengewicht nebft Kompenfationsvorrichtung *m, n* befeftigt ift. Die letztere hat den Zweck, den ftörenden Einfluß der Temperaturfchwankungen

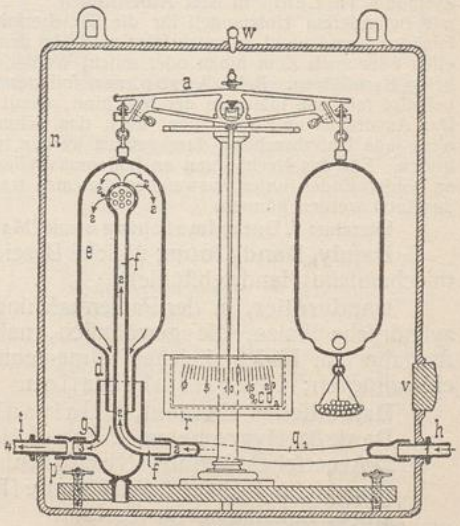


Fig. 2.

und des Barometerſtandes auf die Dichte der den Kaſten paſſierenden Gaſe durch eine entſprechende Verſchiebung des Schwerpunkts der Wage auszugleichen. Die beiden an dem Kaſten angebrachten Oeffnungen ſtehen durch die Rohrleitungen *e* und *h* einerſeits mit dem Schornſtein, anderſeits mit dem Fuchskanal der Feuerung in Verbindung. Die Abgaſe werden mit Hilfe der Strahlpumpe *s* durch das Rohr *e* angeſaugt und durchſtrömen, nachdem ſie behufs Reinigung von Ruß und Flugaſche die mit Baumwolle präparierten Filter *b* und *d* paſſiert haben, den Kaſten, in dem ſich die Wage befindet, worauf ſie durch Rohr *h* in den Schornſtein gelangen. Falls die Luft im Kaſten kohlenſäurefrei iſt, ſpielt der Zeiger der Wage auf 0 der Skala ein; erhöht ſich jedoch das ſpezifiſche Gewicht der Luft infolge eines Gehalts an Kohlenſäure, ſo erleidet die Glaskugel einen dem Kohlenſäuregehalt entſprechenden Auftrieb und iſt die Graduierung der Skala derart getroffen, daß ein Volumprozent Kohlenſäure einem Ausſchlag der Zeigerſpitze von je einem Teilſtrich der Skala entſpricht.

Da nun aus der in bekannter Weiſe zu ermittelnden Temperatur und dem Kohlenſäuregehalt der Abgaſe von Steinkohlenfeuerungen der Wärmeverluſt V nach der Siegertſchen Formel: $V = 0{,}65\,\frac{T-t}{CO_2}$, worin T die Temperatur der Abgaſe, t die Temperatur der unter den Roſt tretenden Luft und CO_2 den Prozentgehalt an Kohlenſäure bezeichnet, berechnet werden kann, ſo gibt das Daſymeter einen wichtigen Anhaltspunkt zur Beurteilung des jeweiligen Nutzeffekts der Feuerung. In der Tat hat ſich der Apparat namentlich in der Praxis des Dampfkeſſelbetriebs vielfach Eingang zu verſchaffen vermocht und lauten die bislang vorliegenden Urteile ſehr günſtig, zumal da auch die Heizer den großen Nutzen desſelben bald ſchätzen lernen.

Mindeſtens ebenſo brauchbar als das Daſymeter hat ſich das für den gleichen Zweck beſtimmte und auf dem gleichen Prinzip beruhende Oekonometer von M. Arndt in Aachen (D.R.P. Nr. 70829) erwieſen.

Während das Gewicht bezw. der Kohlenſäuregehalt der Gaſe im Daſymeter durch den Auftrieb einer an einem Wagbalken befeſtigten geſchloſſenen und mit Luft gefüllten Kugel nach Art der Luxſchen Gaswage beſtimmt wird, findet im Oekonometer das Wägen des Gaſes in einem offenen Gasbehälter *e* (Fig. 2) ſtatt. Die Zu- und Ableitung der Gaſe in bezw. aus dieſem Behälter erfolgt durch das in ihn hineinragende Rohr *f* und den Stutzen *g*, zwiſchen denen ſo viel Zwiſchenraum vorhanden iſt, daß der Hals *d* des Behälters *a* bei der Auf- und Abwärtsbewegung ohne Widerſtand ſpielen kann. Die Gaſe werden durch den Stutzen *h* des die Wage umſchließenden Kaſtens, ferner durch den Schlauch q_1 und das Rohr *f* eingeſaugt, durchſtrömen dann den Behälter in den Pfeilrichtungen 1 und 2 und treten, durch Stutzen *g*, Schlauch *p* und Stutzen *i* abgeſaugt, in den Richtungen 3 und 4 aus dem Behälter aus. Zweifellos würden beide Vorrichtungen, Daſymeter wie Oekonometer, eine weit größere Verbreitung gefunden haben, wenn ſie nicht häufige Reparaturen erfordern würden.

Literatur: Daſymeter, Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1888, S. 1102; 1891, S. 791; 1892, S. 837; Oekonometer, ebend. 1893, S. 801. *Häußermann.*

Dattel, Bezeichnung für die innerſte, ſehr fericinreiche Schicht des Seidenkokons, die eine pergamentähnliche Schale bildet. Aus den Abfällen (Stami) wird das Crescentingarn geſponnen.

Dattelkaffee, ſ. Kaffeeſurrogate.

Datum, Datumwechſel, Datumgrenze. Der bürgerliche Tag eines beſtimmten Ortes beginnt, d. h. der Datumwechſel tritt ein zur Zeit der mittleren Mitternacht des Orts (nach der Ortszeit, die neuerdings zum Teil um gewiſſe Beträge verſchoben iſt, auf die aber hier nichts ankommt, vgl. die Art. Eiſenbahnbetrieb [Eiſenbahnzeit] und Zeit).

Da nun die mittlere Zeit eines Ortes, der λ Grade in Länge öſtlich von einem andern Orte liegt, der mittleren Zeit dieſes letzteren um $\lambda \cdot 4$ Minuten voraus iſt, ſo daß man z. B. gleichzeitig mit dem Greenwicher Mittag auf der Oſtſpitze Neuſeelands Mitternacht hat, ſo muß ein die Erde in der Richtung nach Oſten vollſtändig umfahrendes Schiff irgendwo auf ſeinem Weg einen Tag doppelt zählen (Wochentag und Datum, z. B. alſo Donnerstag, 24. Oktober, und am folgenden Tag nochmals Donnerstag, 24. Oktober), wenn es an ſeinem Ausgangspunkt wieder mit dem daſelbſt richtigen Wochentag und Datum ankommen will; umfährt das Schiff die Erde nach Weſten, ſo muß, um denſelben Zweck zu erreichen, ein Tag ausfallen, überſprungen werden (Donnerstag, 24. Oktober, am nächſten Tag Samstag, 26. Oktober). Wenn das Schiff kein Land berühren würde, ſo wäre es offenbar ganz gleichgültig, wo auf ſeinem Weg es dieſen Datumwechſel vornehmen wollte; man iſt aber aus dem angedeuteten Grund übereingekommen, eine beſtimmte Linie als Datumwende feſtzuſetzen, und als ſolche gilt in der Nautik ganz allgemein der Meridian, der um 180° öſtlich reſp. weſtlich von Greenwich abſteht.

Beim Ueberſchreiten dieſes Meridians auf freier Fahrt nach Oſten oder Weſten wird im Schiffsjournal der angegebene Datumwechſel vorgenommen; er teilt den großen Ozean in einen öſtlichen Abſchnitt, in dem Sonntag ... iſt, und einen weſtlichen, in dem gleichzeitig Montag ... gezählt wird. Die Datumgrenze für die Bewohner der Inſeln des Stillen Ozeans dagegen ſpiegelte bis vor 60 Jahren ganz genau die Entdeckungsgeſchichte jener Inſeln, indem die von Weſten (Holländer) oder Oſten (Spanier) kommenden europäiſchen Schiffe eben ihr Datum mitbrachten, von dem an dann weitergezählt wurde [1], ſo daß die Datumgrenze auf etwa 15° n. Br. den ſcharfen Ausbug nach Weſten machte, der die Philippinen, Karolinen u. ſ. w. ohne Rückſicht auf den Verkehr mit den andern Sundainſeln, mit Japan u. ſ. w. der öſtlichen Hälfte

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

des Stillen Ozeans zuwies. Dieſe Linie, die man irrtümlicherweiſe noch heute vielfach ſo abgebildet ſieht, hat jedoch nur noch hiſtoriſches Intereſſe: auf den Philippinen wurde 1844 das bis dahin vorhandene „öſtliche Datum“ durch das „weſtliche“ erſetzt, indem man den Silveſtertag ausfallen, dem 30. Dezember 1844 ſogleich den 1. Januar 1845 folgen ließ [2], und dieſem Beiſpiel folgten Karolinen, Marianen u. ſ. w. Auf der andern Seite haben neuerdings die Fidſchiinſeln, Tongainſeln u. ſ. w., die öſtliches Datum hatten, das auſtraliſche Datum angenommen, auf das ſie durch ihren Verkehr angewieſen ſind, während die Aleuten, als ſie 1867 zur Union kamen, das öſtliche Datum erhielten; endlich iſt auf den Samoainſeln 1892 das Datum geändert worden, indem aus Dienstag, 5. Juli 1892: Montag, 4. Juli, gemacht wurde. Die hiſtoriſche iſt ſo durch eine wirtſchaftliche Datumgrenze, eine Verkehrsdatumſcheide erſetzt, die, im allgemeinen mit dem Meridian 180° von Greenwich zuſammenfallend, nur bei der Tſchuktſchenhalbinſel (die Linie geht durch die Beringſtraße) und den Aleuten, weiter im Süden bei den Fidſchi-, Tonga- und Samoainſeln, endlich bei den Kermadec- und Chathaminſeln (bei Neuſeeland) etwas davon abweicht [3].

In der Aſtronomie pflegt man den Datumwechſel nicht um Mitternacht, ſondern des Mittags vorzunehmen, damit nicht während der Nacht, der Hauptbeobachtungszeit, das Datum wechſelt. Es iſt daher bei der Aufzeichnung aſtronomiſcher Beobachtungen, falls ſie nicht ausſchließlich für Aſtronomen beſtimmt ſind, notwendig dazuzuſetzen, ob das Datum bürgerlich oder aſtronomiſch gezählt iſt. Zweckmäßig erſcheint es dann immer, auch den Wochentag mit anzugeben.

Literatur: [1] Bekannt iſt die Erfahrung der Magalhaesſchen Mannſchaft (1522), die, von Spanien gegen Weſten ausgefahren, nach Umſchiffung des Kaps Hoorn und des Kaps der guten Hoffnung auf den Kapverdiſchen Inſeln nach ihrer Zählung am Mittwoch, 9. Juli, ankam, da doch dort bereits Donnerstag, 10. Juli, gezählt wurde; vgl. Pigafettas Beſchreibung der erſten Reiſe um die Welt, deutſch nach der Ausgabe von Amoretti, Gotha 1801, S. 235. — [2] Kapitän Benko hat neuerdings über dieſe Aenderung des Datums auf den Philippinen vor 60 Jahren mehrfach berichtet, z. B. in Mitt. d. Geogr. Geſ., Wien 1890, S. 560; vgl. ferner z. B. Günther, Handbuch der mathemat. Geogr., Stuttgart 1890, S. 242, zur ganzen Sache S. 240—243; oder auch Gretſchel, Lexikon der Aſtronomie, Leipzig 1882, S. 75—77, wo auf dem Kärtchen der Verlauf der hiſtoriſchen Grenze angegeben iſt; auch bei Wolf, Handbuch der Aſtronomie, I, 2, Zürich 1891, S. 406, und vielen andern aſtronomiſchen und geographiſchen Werken finden ſich Angaben über die Datumgrenze. — [3] Graphiſch richtige Darſtellungen der jetzt tatſächlich vorhandenen Datumſcheidelinie ſ. in verſchiedenen Atlanten, z. B. in dem kleinen (Taſchen-) Seeatlas, Gotha 1894, Bl. 20, in Stielers Handatlas, Gotha, Ausg. 1905, Bl. 5, oder in Debes' Handatlas, Leipzig 1895, Nr. 10, Nebenkarte II.

Ambronn.

Daturin, ſ. v. w. Atropin, ſ. Alkaloide, Bd. 1, S. 143.

Dauben, die die Seitenwandung der Fäſſer, Eimer, Bottiche bildenden Holzſtäbe (ſ. Böttcherei und Faßfabrikation).

Daubenabkürzſäge (Daubenſägemaſchine), Daubenfügeſäge (ſ. Faßfabrikation).

Dauerbrandlampe, Dauerbrenner, ſ. Bogenlampen.

Dauerfahrt, ſ. Probefahrt.

Dauerſtreu, die in Viehſtällen durch das tägliche Einſtreuen von friſchem Stroh, Torfmull, Waldſtreu oder dergl. anwachſende Düngerſchicht.

Dauerverſuche bezwecken, das Verhalten der Materialien gegenüber mehr oder weniger lange anhaltender oder mehr oder weniger oft wiederholter Inanſpruchnahme durch äußere mechaniſche oder chemiſche Einflüſſe zu ermitteln. Im nachſtehenden ſollen indes nur die Dauerverſuche mit Baumaterialien durch mechaniſche Inanſpruchnahme und die Veränderungen, welche die Feſtigkeitseigenſchaften hierbei erleiden, beſprochen ſein.

A. Veränderungen der Feſtigkeitseigenſchaften des Materials durch Beanſpruchungen geringer Zahl.

Aus älteren Unterſuchungen iſt bekannt, daß die Elaſtizitätsgrenze des Eiſens durch Dehnen erhöht wird, und wie Bauſchinger berichtet [1], wurde dieſe Tatſache ſchon im Jahre 1854 von L. Werder praktiſch ausgenutzt, indem er beim Bau des Münchner Glaspalaſtes die Zugſtangen zum Dachſtuhle vor dem Einbauen kalt ſtreckte. Später wurde das Verfahren des Kaltſtreckens von Uchatius angewendet, der bei Herſtellung bronzener Geſchützrohre deren Feſtigkeit durch Aufdornen erhöhte [2]. Eingehende Unterſuchungen über den Einfluß des Dehnens in kaltem Zuſtande liegen vor von Bauſchinger [3]. Ihre Ergebniſſe laſſen ſich wie folgt zuſammenfaſſen:

1. Die Proportionalitätsgrenze wird durch Dehnen mit Belaſtungen, die über der Proportionalitätsgrenze, aber noch unter der Streckgrenze liegen, ſofort erhöht, und zwar um ſo mehr, je höher die voraufgegangene Belaſtung war. Ueberſchreitet letztere die Streckgrenze, ſo wird die Proportionalitätsgrenze bei Eiſen und Stahl herabgeworfen, oft bis auf Null. Bei ſofortiger Wiederholung des Verſuches iſt dann bei Eiſen und Stahl entweder gar keine Proportionalitätsgrenze vorhanden oder ſie liegt bedeutend niedriger als urſprünglich. Bleibt der Stab aber nach dem Dehnen längere Zeit entlaſtet, ſo hebt ſich die Proportionalitätsgrenze wieder, und zwar ſchließlich bis über die voraufgegangene Belaſtung hinaus. Dieſe Erhebung ſcheint bei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Eifen und Stahl nur fehr langfam vor fich zu gehen, wenn die erftmalige Belaftung nahe der Bruchgrenze lag. — Bei Kupfer liegt die Elaftizitätsgrenze fchon unmittelbar nach dem erften Strecken und Entlaften höher als urfprünglich und rückt durch wiederholtes Strecken noch höher hinauf. Bei längerem Entlaften nach dem Strecken geht die Elaftizitätsgrenze bis über die vorherige Streckgrenze hinauf. — Bei Rotguß hebt Strecken ebenfalls die Elaftizitätsgrenze fofort. Sie geht dann aber weder durch wiederholtes Strecken noch bei längerem Entlaften höher.

2. Die Streckgrenze wird fofort bis zu der Belaftung hinaufgehoben, mit der geftreckt wurde. Mit der Zeit der Ruhe zwifchen der erften und zweiten Belaftung erhebt fich die Streckgrenze bei Eifen und Stahl über die vorausgegangene Belaftung hinaus; die Erhebung fchreitet mit der Zeit fort und dauert vielleicht jahrelang an. — Bei Kupfer geht die Streckgrenze auch mit der Zeit der Ruhe wenig oder gar nicht über die Streckbelaftung hinaus, und bei Rotguß bleibt fie fogar hinter diefer zurück.

3. Der Elaftizitätsmodul wird durch Strecken erniedrigt. Mit der Zeit hebt er fich ebenfalls wieder, wahrfcheinlich aber langfamer als die Proportionalitätsgrenze.

4. Durch heftiges Erfchüttern ohne Formänderung wird die durch Dehnen heruntergeworfene Proportionalitätsgrenze bis auf den urfprünglichen Wert wieder gehoben; die gehobene Streckgrenze wird erniedrigt, fie bleibt aber noch weit über der Höhe, die fie urfprünglich hatte.

5. Erwärmen und langfames Abkühlen erniedrigt die Proportionalitätsgrenze und in geringerem Grade auch die Streckgrenze.

6. Die Proportionalitätsgrenze für Druck wird durch Dehnen, und diejenige für Zug durch voraufgegangene Druckbelaftung fofort heruntergeworfen, und zwar um fo mehr, je weiter die Proportionalitätsgrenze bei der erftmaligen Belaftung im entgegengefetzten Sinne überfchritten wurde. Die Zeit der Ruhe zwifchen beiden Belaftungen bleibt hierbei ohne wefentlichen Einfluß.

Nach Verfuchen von Ewing [4] ift es für die Rückkehr der durch Dehnen heruntergeworfenen Proportionalitätsgrenze gleichgültig, ob der Stab während der Ruhezeit entlaftet ift oder belaftet bleibt, ebenfo wird die Rückkehr durch Erfchüttern und Magnetifieren nicht beeinflußt, wohl aber durch fchwaches Erwärmen befchleunigt. Wie Ledebur mitteilt, wird auch die durch Kaltbearbeitung bereits gehobene Proportionalitätsgrenze bei Stahl noch weiter gehoben, wenn das Material auf 150—350° erhitzt wird [5]. — Charpy [6] fand für dasfelbe Material bei Zugverfuchen mit ausgeglühten Stäben ausgeprägtes Strecken, während kalt bearbeitete Stäbe kein Strecken zeigten. Zug- und Druckproben, aus Stäben entnommen, die bis über die Streckgrenze hinaus belaftet worden waren, zeigten bei Prüfung im ungeglühten Zuftande ebenfalls kein Strecken, wohl aber nach dem Ausglühen. — Unwin [7] belaftete Stäbe aus weichem Stahl (Mild steel) und Schmiedeeifen wiederholt (fünf- bis achtmal) bis über die Streckgrenze, nachdem die Stäbe vor jeder neuen Belaftung immer wieder bei dunkler Rotglut ausgeglüht waren. Die Spannung an der Streckgrenze, bezogen auf den durch das Dehnen gefchwächten Querfchnitt, wurde ftets annähernd gleichgroß gefunden, und der Verlauf der Schaulinie für die Beziehungen zwifchen Spannung und Dehnung bis zum Bruch war bei der letzten Reihe der gleiche wie für das Material im urfprünglichen Zuftande. Wurden die Stäbe vor der wiederholten Belaftung nicht ausgeglüht, fo konnte die urfprünglich fcharf ausgeprägte Streckgrenze bei der wiederholten Belaftung nicht mehr wahrgenommen werden; die Schaulinie verlief ähnlich wie bei dem aus Rotglut in Waffer abgefchreckten Material. Hiernach wurde alfo die durch das Kaltftrecken verurfachte Materialveränderung durch das Ausglühen jedesmal wieder befeitigt. — Bach [8] ftellte bei feinen Unterfuchungen über die Formänderungen flacher, durch Anker oder Stehbolzen unterftützter Keffelwandungen vergleichende Verfuche an mit dem Ankermaterial im Anlieferungszuftande und nachdem es in dem belafteten Keffel gedehnt war. Er fand hierbei:

Zuftand des Materials	Zugfeftigkeit kg/qmm	Bruchdehnung %
Ungeftreckt (u)	34,9	18,9
Geftreckt (g)	38,6	11,7
Verhältnis $(g : u \cdot 100)$ %	110	62

Durch das Strecken hatte alfo die Zugfeftigkeit um 10 % zugenommen, die Dehnung um 38 % abgenommen. Von demfelben Verfaffer liegen auch einige Verfuche über den Einfluß des kalten Biegens und Richtens vor. Die Proben wurden Keffelböden entnommen, die bei Beanfpruchung des Keffels durch inneren Druck ausgebeult und vor der Bearbeitung kalt geradegerichtet waren. Ihre Ergebniffe find mit denen für das gleiche Material im Anlieferungszuftande, alfo ungebogen, in Vergleich geftellt. Die Verfuche ergeben:

Zuftand des Materials	Streckgrenze kg/qmm	Zugfeftigkeit kg/qmm	Dehnung %
Ungebogen (u)	18,0	35,4	21,2
Gebogen und gerichtet (g)	26,0	43,5	17,9
Verhältnis $(g : u \cdot 100)$ %	144	123	84

Hiernach waren durch das kalte Biegen und Richten die Streckgrenze und Zugfeftigkeit gehoben und die Dehnung vermindert. — Martens [9] ließ fünf Rundftäbe von 20 mm Durchmeffer aus der gleichen Stange Flußeifen zunächft bis zur Höchftfpannung (Beginn des Einfchnürens) und hierauf nach verfchieden langer Ruhepaufe wieder bis zum eintretenden Strecken belaften. Aus dem Verlauf der aneinander gereihten Schaulinien, die von der Mafchine felbfttätig aufgezeichnet waren, folgert Martens in Beftätigung der vorftehend unter 2. genannten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Beobachtungen von Baufchinger, daß die Streckgrenze bei ſofortiger Wiederholung des Verſuches und nach einem Tage Ruhepauſe faſt auf die Größe der voraufgegangenen Anſpannung gehoben wurde und die Schaulinien aus den Wiederholungsverſuchen ganz gut an den allgemeinen Verlauf der erſten Schaulinie, wie ſie ohne Entlaſtung gewonnen worden wäre, ſich anſchloſſen. Nach einer Woche und noch mehr nach längeren Ruhepauſen lag die Streckgrenze höher als die voraufgegangene Anſpannung. Die Schaulinien fielen aber nach Erreichung der neuen Streckgrenze ſofort ab. — Rudeloff führte vier Verſuchsreihen über den Einfluß des Streckens ſowie des Biegens und Richtens an Proben aus einem Flußeiſenblech mit 40 kg/qmm Zugfeſtigkeit aus [10]. In Reihe I wurden je fünf Stäbe durch Zugbelaſtung um etwa 0,2—2—5—10—14 und 18% und bis zum Beginn des Einſchnürens vorgeſtreckt, und dann immer je einer der fünf annähernd gleich viel vorgeſtreckten Stäbe ſofort und nach 1, 7, 21 und 63 Tagen Ruhe zum zweitenmal belaſtet. In Reihe II wurden Stäbe bis zu etwa 6% vorgeſtreckt, und dann wurden aus ihnen kleinere Zerreißproben kalt herausgeſchnitten, derart, daß das Material bei der zweiten Belaſtung in der gleichen Richtung beanſprucht war wie bei der erſten. In Reihe III wurden breite, ſtufenförmig abgeſetzte Stäbe zuerſt ſo hoch beanſprucht, daß der ſchmalſte Stabteil einzuſchnüren begann, und dann wurden aus jeder Stufe drei neue kleinere Stäbe kalt derart herausgeſchnitten, daß ihre Längsachſe ſenkrecht zu der des ſtufenförmigen Stabes lag, ſo daß das Material alſo bei Prüfung der kleinen Stäbe ſenkrecht zur erſtmaligen Streckung beanſprucht war. In Reihe IV wurden Stäbe kalt nach verſchiedenen Halbmeſſern gebogen und dann wieder kalt gerichtet. Hierbei wurde ein Teil der Stäbe vor, der andre nach dem Richten ausgeglüht, während der Reſt ohne voraufgegangenes Glühen geprüft wurde. — Eine V. Reihe erſtreckte ſich auf die Unterſuchung über den Einfluß des Streckens bei verſchiedenen Wärmegraden (bis zu 400° C.) auf die nachherige Zugfeſtigkeit. Unterſucht wurden Schweißeiſen, Siemens-Martin-Eiſen, Deltametall, Manganbronze und Kupfer.

Aus Reihe I ergab ſich, wenn die Belaſtungswerte bei der zweiten Belaſtung auf die Abmeſſungen der geſtreckten Stäbe bezogen werden, folgendes:

1. Die Proportionalitätsgrenze fand ſich bei ſofortiger nochmaliger Prüfung an den um mehr als 20% vorgeſtreckten Stäben erhöht, im übrigen war ſie heruntergedrückt, und zwar durch Vorſtrecken um 4, 5 und 9% auf Null. Bei längerem Entlaſten hob ſich die Proportionalitätsgrenze wieder, und zwar um ſo höher, je mehr der Stab vorgeſtreckt war. Schon nach einem Tage lag ſie höher als die urſprüngliche Proportionalitätsgrenze, blieb aber noch hinter der Höchſtſpannung, mit der geſtreckt wurde, zurück. Nach 7 Tagen ſcheint ſie die erreichbaren Höchſtwerte angenommen zu haben, die nun höher lagen als die Spannung beim Vorſtrecken.

2. Die Dehnungszahl α (Dehnung der Längeneinheit für die Spannungseinheit innerhalb der Proportionalitätsgrenze) wurde durch das Vorſtrecken, gleichviel wie groß es war oder wie lange die Stäbe bis zur nochmaligen Prüfung entlaſtet waren, nur unweſentlich verändert.

3. Die Streckgrenze wurde (von drei Fällen abgeſehen) ſofort gehoben, und zwar um ſo mehr, je größer die Vorſtreckung geweſen war und je länger die Entlaſtung bis zur zweiten Prüfung gedauert hatte. Die Erhebung erfolgte mit wachſender Vorſtreckung bis 5% ſehr ſchnell, war dann der letzteren annähernd proportional, und ſchließlich lag die Streckgrenze um etwa 42% höher als die Höchſtſpannung beim Vorſtrecken. Das ausgeprägte Fließen im urſprünglichen Zuſtande (Knick in der Schaulinie) wurde ſchon durch Vorſtrecken um 0,2—0,5% zurückgedrängt; nach Vorſtrecken um 2% war der Knick in der Schaulinie ganz verſchwunden, ſtellte ſich aber nach ſtärkerem Vorſtrecken wieder ein.

4. Die Bruchfeſtigkeit wurde durch das Vorſtrecken ebenfalls gehoben, erreichte ihren Höchſtwert bei Vorſtreckung um etwa 14% und blieb dann bei ſtärkerem Vorſtrecken konſtant. Am größten waren die Erhebungen nach 21tägiger Ruhepauſe zwiſchen der erſtmaligen und zweiten Belaſtung.

5. Die Bruchdehnung der Stäbe, bezogen auf die urſprüngliche Länge (Geſamtdehnung), nahm mit wachſender Vorſtreckung zunächſt ab und dann wieder zu. Der Einfluß der Ruhedauer ſcheint hierbei inſofern von Einfluß zu ſein, als die geringſten Dehnungen bei um ſo größerer Vorſtreckung ſich ergaben, je kürzer die Ruhedauer geweſen war. — Reihe II und III ergaben:

6. Bei Entnahme neuer Proben aus den vorgeſtreckten Stäben wurde der Einfluß der Vorſtreckung auf die Spannungsgrenzen geringer und auf die Bruchdehnung größer befunden als bei unmittelbarer nochmaliger Prüfung der vorgeſtreckten Stäbe ſelbſt.

7. Die Veränderungen der Materialeigenſchaften waren größer, wenn die erſtmalige Streckung in der gleichen Richtung ſtattgefunden hatte wie die wiederholte Beanſpruchung, als wenn letztere ſenkrecht zur Vorſtreckung gerichtet war. — Aus Reihe IV folgt:

8. Durch Kaltrichten der gebogenen und dann ausgeglühten Stäbe wurden die Proportionalitätsgrenze und Streckgrenze heruntergedrückt, und zwar erſtere auf Null; die Bruchfeſtigkeit wurde gehoben und die Bruchdehnung vermindert.

9. Durch Kaltbiegen und Kaltrichten wurde die Proportionalität zwiſchen Spannung und Dehnung geſtört, Streckgrenze und Bruchgrenze wurden gehoben, die Bruchdehnung wurde vermindert. Die Veränderungen waren um ſo größer, je kleiner die Biegungshalbmeſſer geweſen waren.

10. Durch Ausglühen wurde die Proportionalität zwiſchen Spannung und Dehnung wiederhergeſtellt, im übrigen aber der Einfluß des Kaltbiegens und hierauf folgenden Kaltrichtens nicht vollkommen wieder beſeitigt.

11. Streckung bei höheren Temperaturen (bis 400° C.), Reihe V, erhöhte im allgemeinen die Feſtigkeit und verminderte die Dehnbarkeit des Materials. Der Einfluß war am größten für Schweißeiſen, Martinſtahl und Manganbronze bei 200—250° C., für Deltametall bei 100°; beim Kupfer, das anſcheinend vorher kalt bearbeitet war, wurden die höchſten Werte für die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Spannungsgrenze und die geringſten für die Dehnung nach dem Strecken bei Zimmerwärme gefunden. Das Strecken bei 100° C. hatte nur die Proportionalitätsgrenze noch erhöht, Strecken bei höheren Wärmegraden hatte die Proportionalitätsgrenze auf Null und auch die Streck- und Bruchgrenze heruntergedrückt.

B. Verhalten des Materials bei Dauerbeanſpruchung.

a) Die Wöhlerſchen Verſuche. Die erſten Dauerverſuche mit beſonders hergerichteten Probeſtäben unter wiederholtem Spannungswechſel bis zum Bruch der Proben wurden von Wöhler angeſtellt. Sie bildeten die Fortſetzung ſeiner auf der Kgl. niederſchleſiſch-märkiſchen Eiſenbahn ausgeführten „Verſuche über Biegung und Verdrehung von Eiſenbahnwagenachſen während der Fahrt", bei denen die genannten Formänderungen mit Hilfe beſonderer Meßwerkzeuge beobachtet wurden, die zwiſchen der Achſe und je einer Speiche der beiden zugehörigen Räder eingeſchaltet waren [11]. — Dieſe Verſuche hatten ergeben, daß die größte Kraft, die auf Biegung der Achſe wirkte, 62—68% des Bruttowagengewichtes betrug und daß als Bedingung der Sicherheit an die Achſen die Forderung geſtellt werden mußte, daß ſolche Belaſtungen, mit denen das Material abwechſelnd auf Zug und Druck in Anſpruch genommen wird, nicht die Gefahr eines Bruchs herbeiführen. Um nun die Grundlagen für die Berechnung der erforderlichen Achſenſtärken aus den beobachteten Kräften zu gewinnen, ſtellte Wöhler zunächſt (1860) Dauerbiegeverſuche an, bei denen die Proben — ganze Eiſenbahnwagenachſen und dünnere Rundſtäbe — paarweiſe mit dem einen Ende bei f und f_1 in eine in zwei Lagern b ruhende gußeiſerne Welle a feſt eingelaſſen und am andern Ende bei e mit Hilfe eines Dynamometers g belaſtet wurden (ſ. Fig. 1). Die Welle wurde dann durch einen Schnurantrieb c in

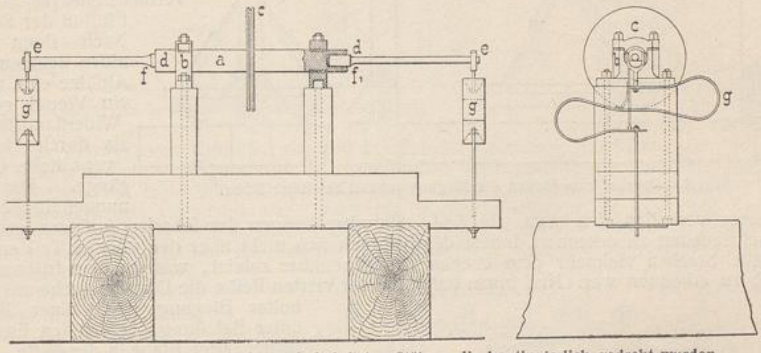


Fig. 1. Apparat zu Verſuchen mit belaſteten Stäben, die kontinuierlich gedreht wurden.

Umdrehung verſetzt, ſo daß die Proben übereinſtimmend mit der Betriebsinanſpruchnahme einer Eiſenbahnwagenachſe einem wiederholten Biegen bei ſtetig wechſelnder Biegungsebene unterworfen wurden. Bei einzelnen dieſer Verſuche wurden die Proben nebenbei dadurch wiederholt erſchüttert, daß ein 2 kg ſchwerer Hammer bei jeder Umdrehung der Welle durch einen mit ihr verbundenen Daumen angehoben wurde und, von dem Daumen abgleitend, auf den Wellenkopf auffchlug. Von den gemachten Beobachtungen möge angeführt ſein, daß 1. glatte Stäbe eine größere Dauerhaftigkeit zeigten als ſolche, die an der Austrittsſtelle aus der Welle ſcharf abgeſetzt waren, und 2. die Erſchütterungen den Eintritt des Bruches befchleunigten. Den ſchädlichen Einfluß des ſcharfen Abſatzes erklärt Wöhler damit, daß die mit den Zug- und Druckſpannungen verbundenen Querſchnittsänderungen an der Biegeſtelle durch den benachbarten größeren Querſchnitt beeinträchtigt werden, wobei Schubſpannungen entſtehen, die den Bruch befchleunigen. Anſchließend an dieſe Verſuche führte Wöhler zur Kennzeichnung der Eigenſchaften der Probematerialien Biegeverſuche mit ruhender Belaſtung aus, bei denen die Proben mittels einer in Fig. 2 dargeſtellten Vorrichtung an beiden Enden unterſtützt und in zwei ſymmetriſch zwiſchen den Stützpunkten gelegenen Querſchnitten gleichmäßig belaſtet wurden. Dieſe Anordnung war gewählt, um zwiſchen den Angriffspunkten der Belaſtung für alle Querſchnitte gleiche Kraftmomente zu erzielen und ſomit für prismatiſche Stäbe bei kreisförmiger Verbiegung die Elaſtizitätsgrenze innerhalb dieſer ganzen Länge gleichzeitig zu erreichen, wodurch die bleibende Durchbiegung weit früher meßbar werden mußte als bei Stäben, die nur in einem Querſchnitt belaſtet ſind. Die Stützpunkte des Stabes und die Angriffspunkte der Laſt wurden durch Schneiden gebildet, die von den Schwingen a, a_1 und b, b_1 (Fig. 2) getragen wurden. An den letzteren hing der Querbaum d mit der Belaſtungsſchale c. Um den Stab zu entlaſten, konnte der Querbaum mit Hilfe von zwei durch Schraubengetriebe betätigten Hebelwerken angehoben werden. Hierbei traten die oben an den Schwingen b und b_1 befindlichen Stifte in die Halter n und n_1 ein und hinderten die Schwingen am Umſchlagen. Die Durchbiegungen der Probe wurden mit Hilfe eines Fühlhebels mit zehnfacher Ueberſetzung gemeſſen, der an der Probe aufgehängt wurde und deſſen Nonius ſo geteilt war, daß 0,001 Zoll (0,025 mm) abgeleſen und 0,0002 Zoll (0,005 mm) geſchätzt werden konnten. Dieſe Verſuche führten unter Berückſichtigung der Ergebniſſe aus den mit demſelben Material angeſtellten Dauerbiegeverſuchen zu dem Schluß, daß die bleibende Durchbiegung einen Maßſtab für die Widerſtandsfähigkeit des Körpers liefert, derart, daß von zwei Körpern derjenige der widerſtandsfähigere iſt, der bei gleicher Spannung die geringſte bleibende Durchbiegung erleidet. Ferner zeigte ſich, daß bei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

längerer konſtanter Belaſtung die elaſtiſche Biegung einen konſtanten Wert behielt, während die bleibende Durchbiegung ſtändig zunahm. Wöhler folgerte hieraus, daß die bleibenden und die elaſtiſchen Formänderungen nicht Folgen derſelben Eigenſchaft des Körpers ſein können, und führt die letzteren auf Formänderungen der als vollkommen elaſtiſch anzunehmenden Moleküle des Körpers, die bleibenden Formänderungen aber auf Verſchiebung dieſer Moleküle zurück. In Uebereinſtimmung mit dieſer Erklärung ſteht die Beobachtung, daß die elaſtiſche Formänderung der Belaſtung ſtets proportional bleibt, gleichviel, ob eine bleibende Formänderung ſtattgefunden hat oder nicht [12]. — Die dritte, im Jahre 1863 abgeſchloſſene Verſuchsreihe [13] beſtätigte den bereits bei der erſten Reihe erkannten Einfluß der Stabform und der Erſchütterungen auf die Dauerhaftigkeit des Materials. Ferner ergab ſich die Zahl der Umdrehungen (Beanſpruchungen) bis zum Bruch um ſo größer, je geringer die Spannung und je länger die Dauer der einzelnen Umdrehungen war. — Auch die vierte Wöhler'ſche Verſuchsreihe [14] betraf den Einfluß der Stabform. Nach ihren Ergebniſſen beſitzen ſcharfe Abſätze eine um etwa ein Viertel geringere Widerſtandsfähigkeit als durch Hohlkehle vermittelte Uebergänge. Die Spannungen für gleiche Betriebsdauer verhalten ſich etwa wie 3 : 4. Unterbrechungen des ſcharfen Anſatzes gaben ſich im Bruchausſehen zu erkennen, indem der Anbruch ſich nicht über den ebenen Teil erſtreckte. Die Stäbe brachen vielmehr dem ebenen Teil gegenüber zuletzt, was an dem friſchen Bruch deutlich zu erkennen war. Neu hinzu traten bei der vierten Reihe die Dauerverſuche mit wiederholter Biegung nach einer Richtung unter Belaſtung der an den Enden frei aufliegenden Stäbe in der Mitte. Die Belaſtungen wechſelten hierbei zwiſchen 0 und einem größten Wert oder zwiſchen zwei Belaſtungen von beſtimmten endlichen Größen. Der zu dieſen Verſuchen benutzte Belaſtungsapparat iſt in Fig. 3 dargeſtellt. Die Probe *A* ruht wagerecht mit den beiden Enden auf den Tragſchneiden der Schwingen *a* und *b*, von denen erſtere bei *o* an dem feſten Maſchinengeſtell aufgehängt iſt, während die Schwinge *b* bei *c* an dem kürzeren Ende eines Hebels angreift. Dieſer iſt bei *e* mittels einer Schneide geſtützt und bei *f* durch ein Federdynamometer belaſtet, das dazu dient, den bei *b* herrſchenden größten Auflagedruck (gleich der halben Belaſtung der Probe) zu meſſen. Die Belaſtung der Probe *A* erfolgt durch die Zugſtange *q*, an die bei *n* ein Daumen der Welle *g* angreift, die durch den Hebel *hk* und die Exzenterſtange *p* in ſchwingende Bewegung verſetzt wird. Zum Verſuch wird die Dynamometerfeder unter Berückſichtigung ihrer zuvor ermittelten Dehnungszahl (Dehnung für die Belaſtungseinheit) ſo weit angeſpannt, daß die Summe der an dem langen Arm des Hebels *cd* wirkenden Kraftmomente gleich dem Moment aus dem für die gewünſchte Belaſtung des Stabes berechneten Auflagedruck und dem kürzeren Hebelarm iſt. Alsdann wird die Zugſtange *q* durch eine Mutter mit Rechts- und Linksgewinde ſo weit verkürzt, daß ſich die Schraube *d* am längeren Hebelarm beim Betriebe der Maſchine von ihrem Stützpunkte ſoeben abhebt. Der Schlitz am unteren Ende der Stange *q* dient dazu, daß der Daumen der Welle *g* keinen Druck nach oben auf die Probe ausüben kann. Soll die Entlaſtung des Stabes nach den einzelnen Anſtrengungen keine vollſtändige ſein, ſondern ſtets eine gewiſſe Spannung in dem Stabe verbleiben, ſo wird das Federdynamometer, wie oben erörtert, zunächſt dieſer kleineren Spannung entſprechend angeſpannt. Hierzu wird mit der Schraube m_1, ein ſolcher Druck auf die Probe ausgeübt, daß der Hebel bei *d* ſich von der Unterlage abhebt, und nun erſt wird die Feder der gewünſchten größten Belaſtung entſprechend angeſpannt. Die Verſuche mit Belaſtungswechſel zwiſchen 0 und einer höchſten Spannung ergaben, daß 1. die Bruchgrenze,

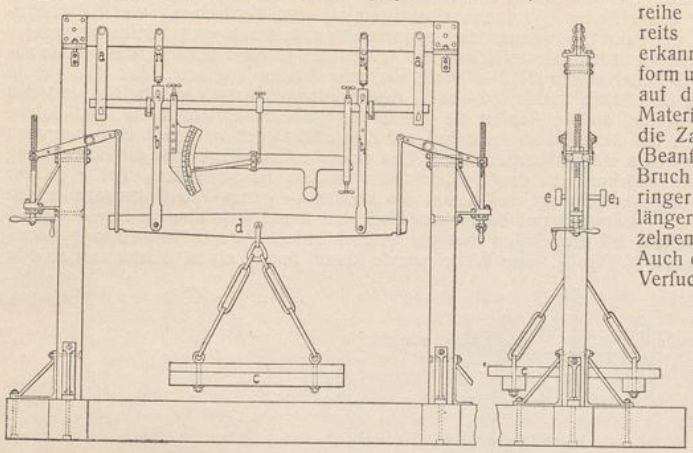


Fig. 2. Apparat zum Meſſen der Biegung ruhend belaſteter Stäbe.

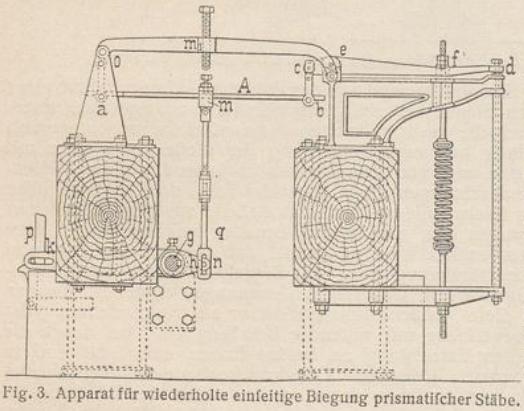


Fig. 3. Apparat für wiederholte einſeitige Biegung prismatiſcher Stäbe.

d. h. die Spannung, die auch bei wiederholter Inanſpruchnahme keinen Bruch herbeiführt, bei demſelben Material und Biegung nach einer Richtung nahezu doppelt ſo hoch lag als bei den Biegungen nach allen Seiten, d. h. beim Wechſel zwiſchen Zug- und Druckbelaſtungen; 2. die bleibenden Formänderungen bei Verſuchen mit Spannungen über die Elaſtizitätsgrenze hinaus in den erſten Stunden des Verſuches ſich vollzogen und dann konſtant blieben, ſo daß die Stäbe bis zum erfolgten Bruch oder Einbruch keine Einbuße an Spannkraft erlitten, die Annäherung des Bruches ſich alſo durch eine Verminderung der Feſtigkeit nicht bemerkbar machte. Die Verſuche mit Spannungswechſel zwiſchen zwei verſchiedenen Grenzen führten ferner zur Aufſtellung des folgenden fogenannten Wöhlerſchen Geſetzes: „Der Bruch des Materials läßt ſich nicht nur durch eine die abſolute Feſtigkeit überſchreitende ruhende Belaſtung, ſondern auch durch vielfach wiederholte Schwingungen, von denen keine die abſolute Bruchgrenze erreicht, herbeiführen. Die Differenzen der Spannungen, welche die Schwingungen eingrenzen, ſind dabei für die Zerſtörung des Zuſammenhanges maßgebend. Die abſolute Größe der Grenzſpannungen iſt nur inſoweit von Einfluß, als mit wechſelnder Spannung die Differenzen, die den Bruch herbeiführen, ſich verringern.“ — In einer fünften Verſuchsreihe, die im Jahre 1870 zum Abſchluß gelangte [15], legte Wöhler die allgemeine Gültigkeit ſeines Geſetzes, das bis dahin nur aus Biegeverſuchen abgeleitet war, auch für Inanſpruchnahmen auf Zug- und Torſionsfeſtigkeit dar und wies zugleich nach, daß die verſchiedenen Arten der Feſtigkeit in beſtimmten Beziehungen zueinander ſtehen. Die hierbei für Zugverſuche und Torſionsverſuche benutzten Maſchinen ſind in Fig. 4—7 dargeſtellt. Bei der Maſchine für wiederholte Zugbelaſtung (Fig. 4) iſt der Probeſtab *A* am unteren Ende durch die mit der Schraube *b* verſehene Einſpannklaue am Maſchinengeſtell feſtgelegt, während die Einſpannklaue des oberen Stabendes in Schneiden an dem kürzeren Arm des Hebels *h* aufgehängt iſt. Die Anſpannung des Stabes erfolgt durch eine mittels Exzenterantrieb betätigte Daumenwelle, indem die Schwingung des Daumens durch die Zugſtange *d* und die Feder *g* zunächſt auf das wagerechte Zwiſchenſtück *em* und durch deſſen Arm *e* auf den längeren Arm des Hebels *h* übertragen wird. Der Arm *m* des Zwiſchenſtückes ruht auf einem zweiten Hebel, deſſen längerer Arm durch das Federdynamometer *f* ſo belaſtet iſt, daß er ſich eben anhebt, ſobald die gewünſchte Belaſtung in dem Probeſtabe erreicht iſt und ſofern die Längen der Schraube *b* und der Zugſtange *d* vor dem Verſuch auf das erforderliche Maß eingeſtellt ſind. Die Spannvorrichtung *k* dient dazu, dem Probeſtabe eine beſtimmte Anfangsbelaſtung geben zu können. — Bei der Maſchine zum wiederholten Verwinden (Fig. 5—7) iſt der Probeſtab an beiden Enden in dem Bock *b* gelagert und außerhalb der Lager mit je einem Hebel feſt verbunden. Von letzteren wird h_0 durch den mittels Exzenterſtange betätigten Zwiſchenhebel *c*, mit dem er durch die Stange *S* verbunden iſt, in ſchwingende Bewegung geſetzt, welcher der gleicharmige Hebel hh_1 am andern Stabende folgt, bis ſich die an ſeinen Enden angebrachten Stellſchrauben auf die kurzen Arme der bei *d* und d_1 in Schneiden gelagerten Hebel *g* und g_1 auffetzen. Dieſe Hebel ſind durch die Federdynamometer *f* ſo belaſtet, daß ſie erſt nachgeben, ſobald durch den Unterſchied in der Winkelbewegung der beiden Hebel h_0 und hh_1 die gewünſchte Torſionsſpannung in dem Probeſtabe erreicht iſt. Zur richtigen Einſtellung des Hubes iſt die Zugſtange *S*, die durch die Lenkerſtange *l* geführt wird, mit Stellmuttern verſehen. Die Wöhlerſchen Verſuche ſind ſpäter mit denſelben Maſchinen durch Spangenberg an der ehemaligen Gewerbeakademie in Berlin fortgeſetzt [16].

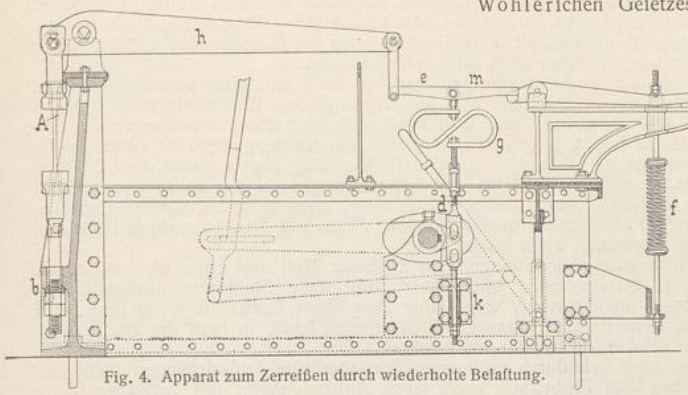


Fig. 4. Apparat zum Zerreißen durch wiederholte Belaſtung.

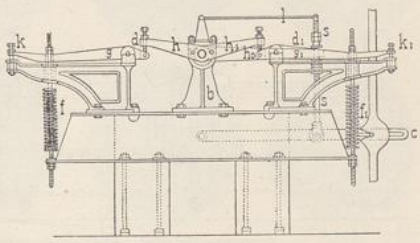


Fig. 5.

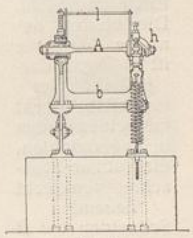


Fig. 6.

Apparat zum Verwinden durch wiederholte Belaſtung.

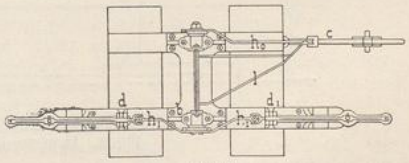


Fig. 7.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Die Baufchingerfchen Dauerverfuche. Im Jahre 1881 begann auch Baufchinger in München die Ausführung von Dauerverfuchen unter Zugbelaftung mit Mafchinen, die den Wöhlerfchen nachgebildet waren. Aus den Ergebniffen feiner Verfuche zieht Baufchinger folgende Schlüffe [17] und [18]:

1. „Wenn bei wiederholten Anftrengungen auf Zug, deren untere Grenze Null ift, die obere Grenze in der Nähe der urfprünglichen Elaftizitätsgrenze liegt, fo wird auch durch 5—16 000 000 malige Wiederholung diefer Anftrengungen der Bruch nicht erreicht." Als Einfchränkung der allgemeinen Gültigkeit diefes Schluffes ift hierbei zu beachten, daß das Material vollkommen fehlerfrei fein muß. Geringe Fehlftellen auf der Oberfläche und auch im Innern des Stabes machen fich befonders bei dem homogenen Flußeifen in einem frühzeitigen Bruch geltend. Schweißeifen fcheint dagegen für kleine Oberflächenfehler faft unempfindlich zu fein. Ferner ift zu berückfichtigen, ob die gefundene Elaftizitätsgrenze des Materials nicht fchon vorher durch mechanifche Bearbeitung künftlich allzu hoch gehoben war.

2. „Durch oftmals wiederholte Anftrengungen zwifchen Null und einer oberen Spannung, die in der Nähe oder auch mehr oder weniger über der urfprünglichen Elaftizitätsgrenze gelegen ift, wird diefe gehoben, und zwar bis über, manchmal weit über die obere Grenze der Anftrengungen hinaus und um fo höher, je größer die Anzahl der Anftrengungen ift, ohne jedoch eine gewiffe Höhe überfchreiten zu können." In diefer Beobachtung liegt zugleich die Erklärung für die durch Wöhler nachgewiefene Tatfache, daß Schwingungen, deren obere Grenze über der Elaftizitätsgrenze des Materials liegt, deffen Bruch nicht notwendig herbeiführen müffen, fondern in unbefchränkter Zahl ausgehalten werden können, fofern nur die Spannungsdifferenzen, entfprechend der höchften Spannung, klein genug find.

3. „Wiederholte Anftrengungen (Schwingungen) zwifchen Null und einer oberen Grenze, welche die urfprüngliche Elaftizitätsgrenze noch über ihre obere Spannung hinauszuheben vermögen, führen den Bruch nicht herbei; wenn aber ihre obere Grenze fo hoch liegt, daß die Elaftizitätsgrenze nicht mehr darüber hinausgehoben werden kann, fo muß der Bruch nach einer befchränkten Anzahl folcher Anftrengungen erfolgen."

4. „Die Zugfeftigkeit zeigt fich durch millionenmal wiederholte Anftrengungen nicht vermindert, eher erhöht, wenn das Probeftück nach jenen Anftrengungen mit ruhender (ftetig wachfender?! Der Verfaffer) Belaftung abgeriffen wird."

5. „Oftmal, millionenmal wiederholte Anftrengungen des Eifens und Stahls bringen keine Aenderung der Struktur hervor." Die eigentümlichen Zeichnungen, die an Brüchen erfichtlich find, die während folcher wiederholten Anftrengungen entftanden, rühren von einer Strukturänderung her, die fich lediglich auf die äußerfte Oberfläche der Bruchftellen befchränkt.

c) Die Verfuche von Jerome Sondericker [19], begonnen im Jahre 1890, dienten zur Ermittlung des Einfluffes wiederholter Anftrengungen auf die elaftifchen Eigenfchaften von Eifen und Stahl. Die hierbei benutzte Mafchine ift in Fig. 8 dargeftellt. Der Probeftab fteckt mit beiden Enden in Lagerbüchfen, die mit zur Stabachfe fenkrecht ftehenden Schneiden bei *B* auf dem Mafchinengeftell geftützt werden. An dem einen Ende ift er durch die

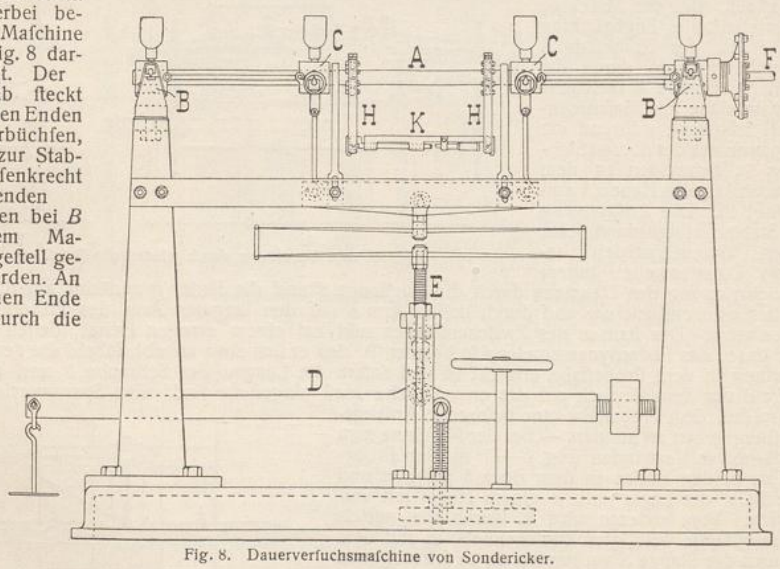


Fig. 8. Dauerverfuchsmafchine von Sondericker.

bewegliche Kupplung *F* mit einer mechanifch angetriebenen Welle verbunden, fo daß er deren Umdrehungen (500 in der Minute) mitmacht. Symmetrifch zu den Stützpunkten *B* fitzen auf dem Probeftabe die Hülfen *C* mit feitlichen Schneiden zur gemeinfamen Aufnahme der Belaftung, die durch den Hebel *D* bewirkt wird. Zwifchen der Zugftange *E* des Hebels und dem von den Hülfen *C* getragenen Gehänge ift eine Feder eingefchaltet, die verhindern foll, daß der Hebel *D* bei wechfelnden Durchbiegungen des beftändig gedrehten Stabes in Schwingungen gerät. Zur Beftimmung der Durchbiegungen find in gleichen Entfernungen von den Stützfchneiden *C* die Stangen *H* an den Probeftab fenkrecht zu feiner Achfe angefchraubt, die an

ihren unteren Enden in Kugellagern das Meßwerkzeug *K* tragen. Dieſes beſteht nach Art der Schublehren aus zwei Teilen, die ſich bei Schrägſtellung der Stangen *H* entſprechend der Verbiegung des mittleren Stabteiles *A* gegeneinander verſchieben. Die Größe dieſer Verſchiebung wird als Maß für die Durchbiegung mit Hilfe einer Mikrometerſchraube gemeſſen. Hierbei wurde wie folgt verfahren: Die Stangen *H* blieben während des Dauerverſuches an dem Stabe, nach Erreichung der gewünſchten Anzahl Anſtrengungen wurde die Maſchine angehalten, die Belaſtung bei aufrechter Stellung der Stangen *H* entfernt, der Stab um 180° gedreht und nun die erſte Meſſung ausgeführt, dann wurde die Belaſtung wieder aufgebracht und die zweite Meſſung angeſtellt und ſchließlich vor einer dritten Meſſung die Belaſtung nochmals entfernt.



Fig. 10. Bruchfläche aus einem Dauerbiegeverſuch.

Der Unterſchied zwiſchen der erſten und zweiten Meſſung ergab die geſamte, derjenige zwiſchen der zweiten und dritten die elaſtiſche und derjenige zwiſchen der erſten und dritten die bleibende Durchbiegung. Als vorläufiges Ergebnis ſeiner noch nicht abgeſchloſſenen Unterſuchungen teilt Sondericker mit, daß 1. Aenderungen im elaſtiſchen Verhalten und bleibende Formänderungen erſt mit Ueberſchreitung der Elaſtizitätsgrenze durch die Verſuchsſpannung eintreten, ſich dann vornehmlich zu Anfang des Verſuches vollziehen und nach und nach für die gleiche Anzahl Anſtrengungen geringer werden, um ſchließlich keine weitere Aenderung zu erleiden, 2. daß die Dauerhaftigkeit des Materials nach ſeiner Elaſtizitätsgrenze nicht zuverläſſig beurteilt werden kann und in hohem Grade von Fehlſtellen im Material abhängig iſt.



Fig. 9. Bruchfläche aus einem Dauerzugverſuch.

d) Gefügeänderungen beim Dauerverſuch. Die eigenartigen Brucherſcheinungen, die bei Dauerverſuchen auftreten und zum Teil in den Fig. 9—15 veranſchaulicht ſind, ſowie die mehrfach gemachte Beobachtung, daß im Betriebe gebrochene Konſtruktionsteile ein ausgeprägt körniges, kriſtalliniſches Bruchgefüge zeigen, während Zerreißſtäbe aus demſelben Stück matten, ſehnigen Bruch aufweiſen, führten zu der Annahme, daß durch wiederholte Anſtrengungen Gefügeänderungen in dem Material veranlaßt werden [20]—[22]. Spangenberg ſagt hierüber [16]: „Das eigentümliche Ausſehen ſämtlicher Bruchflächen (von Dauerverſuchsſtäben) und der Umſtand, daß die glatten, dem Einbruch zunächſt liegenden Flächen im allgemeinen um ſo größer ſind,

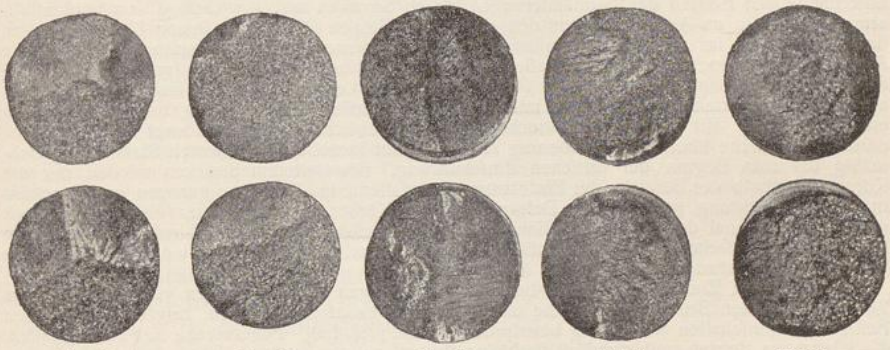


Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.
Bruchflächen aus Dauerbiegeverſuchen mit wechſelnder Biegungsebene.

je größer die Zahl der Anſtrengungen bis zum Bruch, alſo je geringer die Maximalſpannung war, und endlich die Wahrnehmung, daß der Einbruch ſich ſtets in den gezogenen Faſern zeigt, dieſe Erſcheinungen veranlaßten mich zu der Annahme, daß durch oft wiederholte Dehnungen das kriſtalliniſche Gefüge der Metalle nach und nach in das amorphe übergeführt werde, daß auf ſolche Weiſe verſchiedene Gleichgewichtszuſtände der Moleküle entſtehen, deren jeder einer Elaſtizitätsgrenze entſpricht, daß dann durch Fortſetzung der Dehnungen die letzte Elaſtizitätsgrenze überſchritten und endlich die Widerſtandskraft des Querſchnittes ſo verringert werde, daß die ſich konſtant gebliebene Kraft des Federdynamometers zur Bruchlaſt für den reſtierenden Teil des Querſchnittes wird und deſſen Bruch plötzlich bewirkt.“ Autenheimer [23] erklärt die vermeintliche Gefügeänderung wie folgt: „Vor Beginn der Spannung haben die kleinſten Teile des Körpers eine beſtimmte Lage zueinander. Während nun die Spannung ſteigt, ändert ſich dieſe Lage. Hält die Spannung in gleicher Höhe an, ſo verbleiben auch die Teile in dieſer neuen Lage. Sowie aber die Spannung auf die urſprüngliche zurückkehrt, ſo iſt die Tendenz vorhanden, die urſprüngliche Lage der Teile wiederherzuſtellen. Bei Materialien, wie ſie zu Konſtruktionen verwendet werden, wird dieſe Herſtellung nicht vollſtändig erreicht, ſelbſt dann nicht, wenn die Formänderung innerhalb der ſogenannten Elaſtizitätsgrenze erfolgt. Bei einem derartigen Spannungswechſel iſt indeſſen dieſe Aenderung nicht immer bemerkbar, ſelbſt nicht bei einer mäßigen Anzahl ſolcher Wechſel. Da nun aber jeder Spannungswechſel eine molekulare Verſchiebung hervorbringt, ſo muß nach einer genügend großen Anzahl ſolcher Wechſel der neue Zuſtand wahrnehmbar vom urſprünglichen abweichen. Der neue Zuſtand charakteriſiert ſich dadurch, daß die Struktur des Materials grobkörniger, ſelbſt blätterig und kriſtalliniſch wird.“ Nach dieſer Erklärung müßte die Aenderung des Gefüges ſich über die ganze Länge des Stabes erſtrecken, ſofern alle Querſchnitte, wie z. B. bei prismatiſchen Zugſtäben, dem Spannungswechſel in gleichem Grade unterworfen waren, da ſie dann doch alle

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

auch an der Gefamtdehnung, wenn auch vielleicht nicht in gleichem Maße, beteiligt find. Dem widerfpricht aber der Umftand, daß das anfcheinend veränderte Gefüge fich felbft bei Stäben und Konftruktionsteilen mit großem Querfchnitt immer nur in dem meift ebenen Bruchquerfchnitt zeigt, und daß Proben, die unmittelbar neben der Bruchftelle folcher Stücke entnommen wurden, das gleiche (fehnige) Bruchgefüge aufweifen wie Stäbe aus folchem Material, das dem Spannungswechfel nicht unterlag. — Baufchinger fagt in feinem obenangeführten Satz 5, daß die Aenderung des Gefüges fich lediglich auf die äußerfte Oberfläche der Bruchftelle befchränkt, gibt aber für deren Entftehung keine nähere Erklärung [17]. Sorby [24] verneint die Entftehung der Gefügeänderung durch wiederholte Anftrengungen und erklärt das eigenartige Ausfehen der Bruchflächen von Dauerverfuchsftäben und von im Betriebe gebrochenen Konftruktionsteilen im Gegenfatz zu dem Bruchausfehen von Zerreißproben aus denfelben Stücken lediglich mit Verfchiedenartigkeiten im Verlauf der Brüche. Beim Zerreißverfuch mit allmählich gefteigerter Belaftung werden die einzelnen Maffenteilchen (Kriftalle) lang geftreckt, gleichfam fpitz ausgezogen, fo daß der Bruch dann ein fehniges, mattes Gefüge darftellt. Bei wiederholten Anftrengungen mit Spannungen, die nicht hinreichen, den Bruch des Materials auf einmal herbeizuführen, löfen fich dagegen die Kriftalle voneinander los, ohne voraufgegangene erhebliche Formänderung, bis ihr Zufammenhang in dem fchwächften, meift gefpannten Querfchnitt fo weit gelöft ift, daß der Bruch nun bei unveränderter Inanfpruchnahme des Stückes eintritt. Der Bruch verläuft alsdann in den Trennungsebenen der einzelnen Kriftalle und zeigt fomit ein kriftallinifches Ausfehen. Hingeführt wurde Sorby auf diefe Erklärung durch Ergebniffe von Dauerverfuchen, die er in der Weife anftellte, daß er eine Stange an einen Schwanzhammer fo befeftigte, daß fie beim Auffchlagen des Hammers durch Schwingungen hin und her gebogen wurde. Ein Längsfchnitt durch das gebrochene Ende zeigte, daß das Gefüge am Bruch im Korn von dem urfprünglichen nicht abwich, wohl aber erfchienen einzelne Kriftalle um weniges von den benachbarten gelöft, ftatt mit ihnen ringsum in enger Berührung zu fein. — Gegen das Kriftallinifchwerden und die Feftigkeitsverminderung des Eifens durch den Gebrauch fprechen ferner die Verfuche von Baufchinger [25] und Belelubsky mit Brückengliedern gleicher Fertigung, von denen ein Teil viele Jahre im Bauwerk beanfprucht war, während andre als Reftveglieder aufbewahrt gewefen waren und die weder bezüglich der Elaftizitäts- und Feftigkeitseigenfchaften noch im Gefüge Unterfchiede wahrnehmen ließen. — Kurrein unterfuchte den Einfluß der Formänderungen durch Strecken auf das Gefüge von kohlenftoffarmem Flußeifen an Aetzproben aus den geftreckten Stäben [26]. Nach feinen Unterfuchungen find die Körner im unbelafteten Zuftande nahezu kubifch, ohne eine befonders bevorzugte Richtung zu zeigen, fie liegen nach allen möglichen Richtungen. Bei Beanfpruchung über die Streckgrenze erleiden auch die Körner Formänderungen. Letztere find beim Beginn des Fließens außerordentlich klein und konnten nur an den Gleitlinien nach Ewing und Rofenhain erkannt werden. Mit wachfendem Strecken geht die kubifche Form der Körner in die länglich parallelepipedifche über. Die Aenderung ift und bleibt innerhalb der ganzen Stablänge gleichmäßig bis zum Beginn der örtlichen Einfchnürung. Bei weiterem Strecken werden nur die Körner innerhalb des Bereichs der Einfchnürung auffallend in die Länge gezogen und durchaus in die Kraftrichtung gelegt. Die Deformation der Körner ift (mit großer Wahrfcheinlichkeit genau) proportional der Stabdeformation. Der Bruch erfolgt fchließlich durch Gleiten. Diefe Beobachtungen decken fich im wefentlichen mit den Darlegungen, die Rudeloff über den Verlauf der Formänderungen und des Bruches gab [27].

Ueber den Einfluß der Betriebsbeanfpruchung liegen Unterfuchungen vor mit Teilen aus 24—40 Jahre alten Brücken. Teile, die mit 16 kg/qmm beanfprucht waren, zeigten die gleichen Feftigkeitseigenfchaften wie gering beanfpruchte Teile [28], [29]. Feuerbleche aus Schweißeifen, 4—8 Jahre im Betrieb und zum Teil ftark angeftrengt, zeigten geringe Verminderung der Feftigkeit, die auch auf die Bearbeitung zurückgeführt werden kann; dagegen war die Dehnung auf 75—33 % des urfprünglichen Wertes zurückgegangen [30].

Literatur: [1] Dingl. Polytechn. Journal 1877, Bd. 224, S. 1. — [2] Ebend. 1875, Bd. 217, S. 122. — [3] Mitteilungen aus dem mech.-techn. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochfchule München, Heft 13, 1886. — [4] The Engineer 1899, S. 420. — [5] Die Vorgänge beim Härten des Stahles, Stahl und Eifen 1895, II, S. 947; Howe, Metallurgy of steel, S. 214 und 219. — [6] Stahl und Eifen 1895, I, S. 459, und II, S. 745. — [7] On the Yield point of iron and steel and the effect of repeated straining and annealing, Proc. of the Royal Soc., Vol. 57, p. 178. — [8] Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ingen. 1894, S. 347. — [9] Handbuch der Materialienkunde für den Mafchinenbau, S. 212, Berlin 1898. — [10] Rudeloff, Unterfuchungen über den Einfluß voraufgegangener Formänderungen auf die Feftigkeitseigenfchaften der Metalle, Mitteilungen aus den Kgl. techn. Verfuchsanftalten zu Berlin, 1901, Ergänzungsheft I, S. 1—76. — [11] Wöhler, Bericht über die Verfuche, die auf der Kgl. niederfchlefifch-märkifchen Eifenbahn mit Apparaten zum Meffen der Biegung und Verdrehung von Eifenbahnwagenachfen während der Fahrt angeftellt wurden, Zeitfchr. f. Bauwefen 1858, S. 641. — [12] Wöhler, Verfuche zur Ermittelung der auf die Eifenbahnwagenachfen einwirkenden Kräfte und die Widerftandsfähigkeit der Wagenachfen, Zeitfchr. f. Bauwefen 1860, S. 583. — [13] Wöhler, Ueber die Verfuche zur Ermittelung der Feftigkeit von Achfen, Zeitfchr. f. Bauwefen 1863, S. 233. — [14] Refultate der in der Zentralwerkftatt der niederfchlefifch-märkifchen Eifenbahn zu Frankfurt a. O. angeftellten Verfuche über die relative Feftigkeit von Eifen, Stahl und Kupfer, Zeitfchr. f. Bauwefen 1866, S. 67. — [15] Wöhler, Ueber die Feftigkeitsverfuche mit Eifen und Stahl, Berlin 1870. — [16] Spangenberg, Ueber das Verhalten der Metalle bei wiederholten Anftrengungen, Zeitfchr. f. Bauwefen 1874, S. 473. — [17] Baufchinger, Mitteilungen aus dem mech.-techn. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochfchule München, Heft 13, 1886. — [18] Baufchinger, Ueber die Veränderlichkeit der Elaftizitätsgrenze von Eifen und Stahl, Dingl. Polytechn. Journal 1887, Bd. 266, S. 216. — [19] Sondericker,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

A description of some repeated stress-experiments, Technology Quarterly 1892, p. 70. — [20] Ueber das sogenannte Kristallinischwerden von Schmiedeeisen durch Erschütterungen, Prometheus 1890, S. 412. — [21] Does the vibrations of stamp-stemps change the molecular structure? Transactions of the Amer. Institute of mining Eng., 1894. — [22] Kreuzpointner, Kristallisieren Eisen und Stahl im Betriebe? „Stahl und Eisen" 1895, S. 474. — [23] Autenheimer, Ueber die Schwächung des Arbeitsvermögens der Materialien durch Spannungswechsel, Schweiz. Bauztg. 1893, S. 47. — [24] Rudeloff, Das Kleingefüge von Eisen und Stahl nach den Untersuchungen von Sorby, Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1887, S. 123. — [25] Bauschinger, Ueber das Kristallinischwerden und die Festigkeitsverminderung des Eisens durch den Gebrauch, Dingl. Polytechn. Journal 1880, Bd. 235, S. 169. — [26] Kurrein, Gefügeänderungen in Flußeisen von 0,1 % *C* unter mechanischer Beanspruchung, Baumaterialienkunde 1904, Heft 13—16. — [27] Rudeloff, Connerts Untersuchungen über den Einfluß der Arbeitsgeschwindigkeit auf die Zerreißfestigkeit und Bruchdehnung von ausgeglühtem Kupferdraht und der Fließvorgang beim Zugversuch, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 773. — [28] Zentralblatt der Bauverwaltung 1895, S. 414. — [29] Ebend. 1900, S. 364. — [30] Lechner, Beobachtungen bei der Verarbeitung von Eisen und Stahl, „Stahl und Eisen" 1895, S. 60. *Rudeloff.*

Dauerwurftwaren, s. Fleischwarenfabrikation.

Daulésches Verfahren, s. Stereotypie.

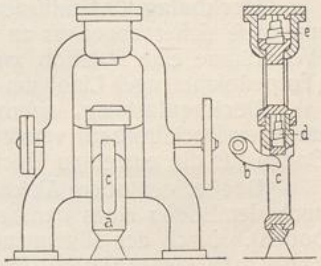
Daumen oder Däumling (Frosch, Wellfuß), in eine Welle radial eingesetzter Hebel, am Ende mit ähnlicher Abrundung wie der menschliche Daumen.

Diese Einrichtung wird u. a. in der Aufbereitung häufig zur Hervorbringung einer hin und her gehenden Bewegung angewendet, z. B. am Pochwerk (s. d.) und am Stoßherd (s. Herdarbeit). *Treptow.*

Daumeisen oder Vasenhorn, ein schmaler, mit abgerundeter Spitze versehener Amboß (s. d.) zum Aushämmern von Vasen oder ähnlichen bauchigen Gefäßen. *Dalchow.*

Daumendrücker, kleine Hebel am Handwirkstuhle, die der Arbeiter mit den Daumen bewegt.

Daumenhammer, ein durch Transmission betriebener Vertikalhammer (vgl. Hammer), bei dem der Hammerbär oder Fallblock durch einen auf einer Welle sitzenden Daumen gehoben wird.

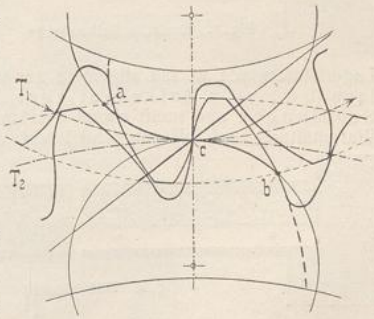


In der Figur, die einen Schmerberschen Hammer darstellt, ist *a* der Hammerbär, *b* der Daumen, *c* der Schlitz des Bärs, in den der Daumen eingreift. Die Federn *d* und *e* dienen zur Vermeidung von Stößen. Durch einen Hebel kann der Hammer festgestellt werden. Man bezeichnet auch die durch Daumen und Daumenwelle betriebenen Hebelhämmer als Daumenhämmer (vgl. Aufwerfhämmer). *Dalchow.*

Daumenräder, s. Kettenräder.

Daumenscheiben (Daumenwelle), eine mit Daumen, das ist mit einem häufig nach einer Evolvente gekrümmten Ansatz versehene Scheibe oder Welle zur Hervorbringung von Schalt- oder Vorschubbewegungen oder zum Heben von Hämmern (s. Aufwerfhämmer und Daumenhammer). *Dalchow.*

Daumenverzahnung erstrebt, Zähne mit möglichst starkem Fuß zu bilden, die in der einen Richtung günstig arbeiten. Die arbeitenden Flanken sollen durch Cykloiden, die Rückflanken durch Evolventen gebildet werden, deren Grundkreisradius 0,8 vom Teilkreisradius ist (Reuleaux, Der Konstrukteur). *Lindner.*



Daumenzange, s. Greifzeuge.

Davit nennt man kranartige Ausleger an Bord der Schiffe, an denen die Beiboote geheißt und gefiert werden (Bootsdavits) oder die Anker an Deck genommen werden (Ankerdavits), und zwar Katt- und Fischdavits. Die Davits werden meist aus Rundeisen geschmiedet und gebogen, größere Davits werden auch als Blechträger gebaut. Sie ruhen in den Davitspuren und werden durch Davithalter geführt. *T. Schwarz.*

Davysche Sicherheitslampe, s. Geleucht.

Deadweighttonnage, das Gewicht der Schiffsladung in englischen Tons bei normalem Tiefgang des Schiffes; dasselbe wird für normale Ladung nach dem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Rauminhalt der Schiffe (Regiſtertonnengehalt) berechnet; man rechnet 1 Deadweightton = $^2/_3$ Regiſterton. *T. Schwarz.*

Deblockieren, ſ. Entblocken.

Debourreur, ſ. Seidenſpinnerei.

Debuſkop (Debüſkop), von Debus herrührende Form des Kaleidoſkops.

Dechargengalerie, ſ. Feſtungsbau.

Dechloriſieren, derjenige nach dem Bleichen des Papierzeugs mit Chlor auszuführende Prozeß, durch den etwa noch im Zeuge vorhandenes freies Chlor unſchädlich gemacht werden ſoll; ſ. Bleichen, Papierfabrikation.

Deck, im Schiffbau die einzelnen Plattformen, die den Schiffsraum der Höhe nach teilen zur Stauung der Ladung, Unterbringung der Wohnräume, Aufſtellung der Geſchütze u. ſ. w.

Bei Handelsſchiffen bezeichnet man die einzelnen Decks, von unten beginnend, mit Raumdeck, Orlogdeck, Unterdeck, Zwiſchendeck, Hauptdeck, Oberdeck, Brückendeck, Promenadendeck, Bootsdeck. Awning-, Spar- und Sturmdeck ſind bei Frachtdampfern leichte geſchloſſene Decks über dem Oberdeck, um dem Schiffe einen größeren Freibord zu geben. Im Vorſchiff bezw. mittſchiffs und hinten treten noch häufig das Backdeck, das Hüttendeck und das Quarterdeck hinzu. Bei Kriegsſchiffen bezeichnet man die einzelnen Decks mit Plattformdeck, Zwiſchendeck, Batteriedeck, Oberdeck, Aufbaudeck und Brückendeck. *T. Schwarz.*

Deckbalken, die Träger der Decks; ſie reichen von Bord zu Bord und ſind mit den Spanten durch Knie oder Stützbleche verbunden. S. Schiffbau.

Deckbaum, ein 4—6 m langes Rundholz, das beim Eindecken von Stroh- und Rohrdächern, mit Seilen an dem Firſt befeſtigt, dem Arbeiter als Stützpunkt dient. *Weinbrenner.*

Deckbelag für Schiffsdecks, eine Verkleidung der Stahlbeplattung der Decks, um dieſe ſicher begehbar zu machen und zugleich für die unter ihnen liegenden Wohnräume eine Iſolation zu bilden. Man verwendet außer Holz, Segeltuch (Torpedofahrzeuge) Linoleum ſowie künſtliche fugenloſe Belagmaſſen. *T. Schwarz.*

Deckbeplattung, eiſerne bezw. ſtählerne Platten, die mit den Deckbalken und den Deckſtringern vernietet werden und einen teilweiſen oder vollſtändigen Boden für die einzelnen Decks bilden (ſ. Schiffbau). *T. Schwarz.*

Decke, der obere Abſchluß eines Gebäuderaumes, in vielen Fällen zugleich auch der Boden eines darüberliegenden Geſchoſſes (Zwiſchendecke, öſterr. Oberboden). Nach der allgemeinen Hauptform unterſcheidet man ebene und gekrümmte (gewölbte) Decken, und nach den Stoffen, aus denen die Träger der Decken beſtehen — wenn wir von den Gewölben (ſ. d.) als den eigentlichen Steindecken abſehen —, Holz- und Eiſendecken.



Fig. 1. Einfache Balkendecke.

I. Holzdecken.

Die Holzdecken ſtehen zwar in bezug auf Dauer, Tragfähigkeit und Feuerſicherheit den aus Eiſen und Stein erſtellten weit nach; da ſie aber ſchnell und billig hergeſtellt werden können und auch geringere Laſt bilden, ſo kommen ſie doch bei Wohn- und Fabrikbauten, Lagerhäuſern u. ſ. w. faſt allgemein zur Verwendung. Jede Holzdecke beſteht aus einer Balkenlage (ſ. d.; vgl. a. Balkenauflager, Auswechſeln der Balken), einer oder mehreren Schalungen und meiſt einem Füllmittel; dieſes hat den Zweck der Schalldämpfung und Warmhaltung und ſoll möglichſt leicht, dicht und trocken ſein (ſ. Deckenfüllung).

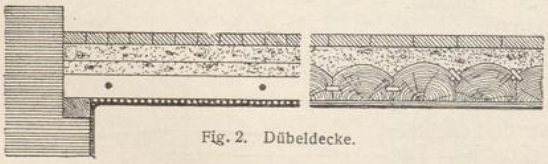


Fig. 2. Dübeldecke.

Die einfachſte Ausbildung iſt die ſogenannte **Stürzdecke** (Fig. 1), bei der auf den Balken ein Brettbelag aufgelegt iſt, der den oberen Abſchluß und zugleich den Fußboden des oberen Raumes bildet. Sie iſt nur für Magazine und Werkſtätten anwendbar, die eine ſtrenge Trennung nicht verlangen. Für Wohngebäude iſt dies nicht angängig; bei dieſen iſt die Decke erſt vollkommen zweckentſprechend, wenn die Balkenfache ſo dicht ausgefüllt ſind, daß ſie den Schall nicht durchdringen, ſowie auch die im Raume herrſchende Wärme nicht entweichen laſſen. Dieſen Anforderungen entſprechen verſchiedene ältere Deckenbildungen, wovon die älteſte wohl das Dübelgebälke, bei dem der Blockwand (ſ. Holzwände) ähnlich Balken an Balken gelegt ſind, die dann unter ſich durch Dübel verbunden und gegen Einſchlagen geſchützt werden. Solche Decken ſind die in Oeſterreich noch üblichen ſogenannten **Dübelböden** (Fig. 2), die dort für das Dachgebälke

amtlich vorgeschrieben sind, weil sie, mit einem Lehmauftrag und Backsteinbelag versehen, einen verstärkten Schutz gegen Feuersgefahr bieten und dem Durchschlagen herabfallender Dachhölzer bedeutenden Widerstand entgegensetzen. — Eine andre Art von Dübeldecken besteht aus durchgehenden stärkeren Balken mit dazwischen liegenden schwächeren und kürzeren Hölzern, die durch sogenannte Wechsel getragen werden (Fig. 3). Verwandt ist noch die Staakdecke (Fig. 4), aus sogenannten Halbhölzern gebildet (Fig. 3a) und mit einer Lage von Strohlehm überdeckt. Weniger holzraubend ist die **Einschubdecke** (Streifboden), bei der eine einfache oder eine doppelte Brettschalung (Stülpdecke, Fig. 5 und 5a) entweder senkrecht oder schräg zur Balkenrichtung in an den Balken seitlich angebrachten Nuten eingeschoben wird; statt der Nuten können auch Latten dienen, die an den Seiten der Balken festgenagelt sind. Bei einfachster Ausführung können zu der Schalung sogenannte Schwarten verwendet werden, worauf zur Dichtung der Zwischenfüllung eine Lage von Lehm oder Strohmörtel (s. Deckenfüllung) und zuletzt trockener Bausand aufgebracht wird; bei reicher sichtbarer Deckenbildung werden die Einschubbretter ineinander gespundet und gekehlt (Fig. 6). Um die senkrecht zur Balkenlage liegenden Bretter in die Nuten einführen zu können, ist in jedem Fache ein Balken auf Nutentiefe und die Breite eines Brettes auszuschneiden; dies ist entbehrlich, wenn die Bretter in schräger Richtung zu liegen kommen (Fig. 7, Schrägboden); dabei können an den Enden Abfälle verwendet werden. Die Wirkung einer solchen Holzdecke ist eine malerische, lebhafte. Statt der Einschubbretter mit der oben beschriebenen Auffüllung kommen in neuerer Zeit auch zur Verwendung: 1. Zementdielen (s. d.) aus der Fabrik von Wygasch, Maurermeister in Beuthen (Oberschlesien); 2. Gipsdielen (s. d.) von Mack in Ludwigsburg; 3. Spreutafeln (s. d.) von Dr. Katz in Waiblingen. Diese Füllmittel in der Stärke von 5—10 cm werden auf seitlich an den Balken festgenagelten Latten eingeschoben (Fig. 8 und 9); sie bilden eine rasch ausführbare, trockene, warmhaltende und leichte Decke, die zu jeder Jahreszeit ausgeführt werden kann. — Besser noch entspricht den Anforderungen an Schalldichtung und Warmhaltung das Stücken (Staaken) mit Lehmwicklung (Fig. 10), wobei eichene Stückstecken von $^3/_7$ cm Stärke mit Strohlehm umwickelt und zwischen die mit Falzen oder Nuten versehenen Balken eingestreift werden. Diese Hölzer bilden eine feste Verspannung der Balken. Je nach der Stärke der Balken sind dabei die Nuten tief- oder hochgelegt, wodurch die Deckenfüllung entweder auf die ganze Höhe durchgeht oder zum Teil, d. h. unten ein Hohlraum entsteht (Fig. 10a) und eine Erleichterung eintritt. — Bei großen und tiefen Räumen mit starken Balkenquerschnitten, z. B. Schulsälen, kann eine Kreuzstückung (Fig. 11) zur besseren Versteifung beitragen. Immerhin birgt aber diese Bauweise einen großen Nachteil: auch bei sehr günstiger Jahreszeit braucht der Lehmwickel längere Zeit zum Trocknen, und da durch ein zu frühes Abschließen der Zwischendecke von der Luft durch den Bodenbelag und

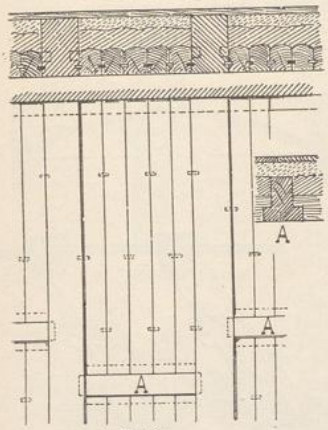


Fig. 3.

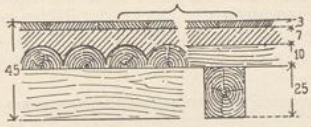


Fig. 3a.



Fig. 4.



Fig. 5.


Fig. 5a.

Stülpdecke.


Fig. 6.

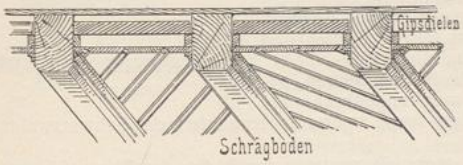


Fig. 7.

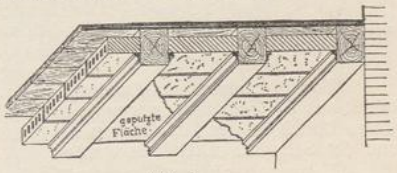
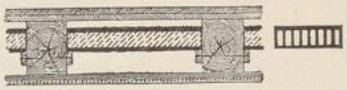
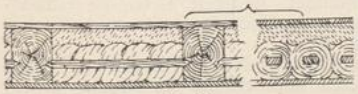


Fig. 8.


Fig. 9.


Fig. 10.

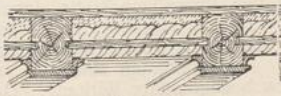

Fig. 10a.


Fig. 11.

den Deckenputz die Gefahr der Fäulnis oder Schwammbildung für das Holzwerk entſteht, ſo iſt ſie einer raſchen Förderung des Innenbaus nicht günſtig. — Raſcher trocknend iſt der Strohmörtel, der auf die Streif- oder Schrägböden (ſ. oben) aufgetragen wird. Weniger dicht und gut verſteift ſind die in Oeſterreich üblichen **Tramdecken** (Fig. 12), bei denen die Auffüllung über der Balkenlage liegt, wodurch die Decke der Höhe nach mehr Raum in Anſpruch nimmt. Die Unterſicht der Wohnhausdecken iſt meiſt glatt und mit Putz bekleidet (ſ. Deckenputz) und außen mit Deckengeſimſen (ſ. d.) verſehen.

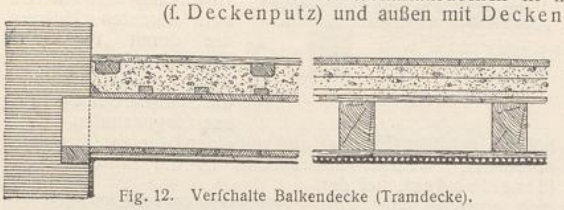


Fig. 12. Verſchalte Balkendecke (Tramdecke).



Fig. 16.

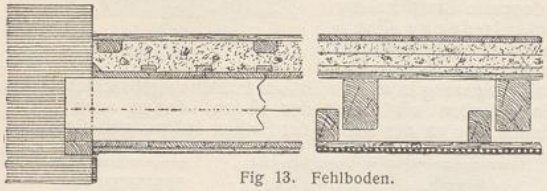


Fig 13. Fehlboden.

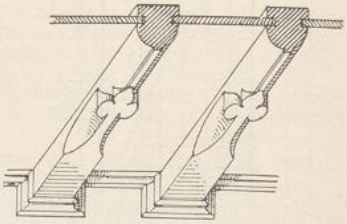


Fig. 17. Zierdecke aus Konſtanz.

Werden die Putzdecken mit reicheren Stukkaturen oder Malereien ausgeſchmückt, ſo iſt dafür zu ſorgen, daß dieſe nicht durch Erſchütterungen des Gebälkes notleiden. In dieſem Falle werden ſogenannte **Fehlböden** (Fig. 13) angewendet, bei denen außer der den oberen Boden tragenden Balkenlage noch eine zweite, leichtere dazwiſchen liegt, die, von der oberen Laſt unberührt, nur den Zweck hat, ſich ſelbſt und die Putzdecke zu tragen. — Nach weſentlich anderm Syſtem ſind die Holzdecken in Amerika gebildet. Hier ſind ſtatt der ſtarken Balken nur 7—10 cm ſtarke Dielen in Abſtänden von ca. 30 cm auf die hohe Kante gelegt und unter ſich durch Kreuzverſpannungen verſteift. Die Zwiſchenräume bleiben hohl (Fig. 14), was einer raſchen Ausbreitung des Feuers ſehr förderlich und auch wenig ſchalldicht iſt.

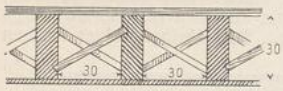


Fig. 14.

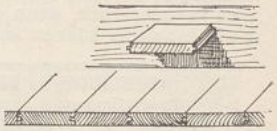


Fig. 15.

Von beſonderer Konſtruktionsart ſind die **Bohlendecken,** gebildet aus 5—7 cm ſtarken genuteten Bohlen aus Tannenholz. Sie waren üblich in den Holzhäuſern des Mittelalters ſowie in den Bauernhäuſern des Schwarzwalds und der Schweiz. Dieſelben wurden

1. wagerecht und gerade konſtruiert, wenn ſie zugleich den Boden des Obergeſchoſſes zu bilden hatten. In der Mitte des Bodens iſt ein Keilſtück mit verlängertem Kopf (Fig. 15), der durch die Schwelle der Außenwand reicht, um beim Schwinden der Bohlen nachgetrieben werden zu können;

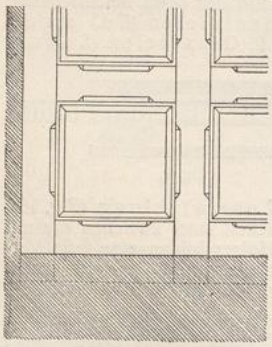


Fig. 18.

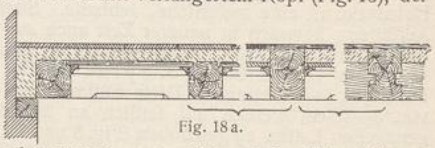


Fig. 18a.

2. als Bogendecke eingeſpannt zwiſchen feſten Wandhölzern (Fig. 16). Beim Trocknen und Schwinden ſenkt ſich der Bogen, beim Quellen hebt ſich die Fläche, die Fugen bleiben dicht geſchloſſen, ein konſtruktiver Gedanke, der auch bei reicher gebildeten Decken zur Ausführung kam. Es ſind dies

3. Zierdecken in flacher Tonnenform von ca. $^1/_5$ Pfeilhöhe, gebildet aus rundlichen oder gekehlten Bälkchen, oft mit reichgeſchmückten End- und Mittelſtücken. Dazwiſchen ſind Brettafeln von etwa 60 cm Breite eingeſpundet. Beiſpiele bieten die Rathausſäle von Ueberlingen und Lindau am Bodenſee und manche Wohnhäuſer in Oberſchwaben (Fig. 17).

Ueberhaupt ſind die ſichtbaren Holzdecken von einem beſonderen Reiz und oft von bedeutendſter Wirkung. Deren künſtleriſche Ausbildung zeigen uns (außer der vorgenannten Art) folgende Syſteme:

a) Bei einfachſter Weiſe ſind die Balken glatt gehobelt, abgefaßt oder profiliert, in reicher Art an den Enden mit Kopf ausgebildet; die Zwiſchenfelder aber entweder glatt geputzt und bemalt oder mit Täferung und Leiſtenwerk verkleidet (Fig. 20 und 21).

b) Reichere Ausbildung zeigen die Kaſſettendecken (Fig. 18). Durch quer eingeſpannte Balken in quadratiſche Felder zerlegt, werden die tragenden Teile wie die Zwiſchenfelder durch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

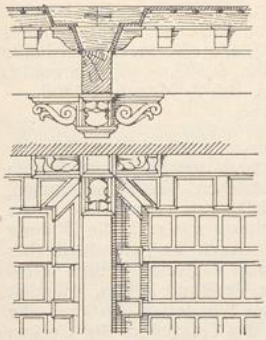


Fig. 20. (Rathaus Piftoja.)

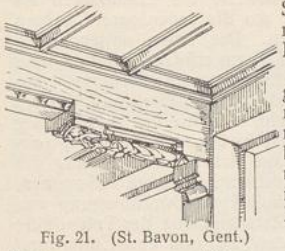


Fig. 21. (St. Bavon, Gent.)

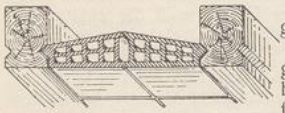


Fig. 21a.

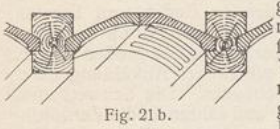


Fig. 21b.

ein Täferwerk in flacher oder ftark erhabener Profilierung verkleidet, eine Geftaltung, wie fie die antiken Holzdecken und in Nachbildung derfelben die großartigen **Kaffettendecken** der Renaiffancezeit darftellen (Fig. 19) [1]. Die ruhige Würde der in quadratifchen Feldern gebildeten Decken (S. Maria maggiore in Rom, S. Spirito in Siena u. f. w.) ift von mächtigfter Wirkung. Die fpätere formale Entwicklung begnügte fich hiermit nicht mehr. Eine reichbewegte Durchbildung von Haupt- und Nebenfeldern, in Kreisform oder Kreisfegmenten, abwechfelnd mit Kreuzform, langgeftreckten Recht- oder Sechsecken, geraden und gebrochenen Linien in fehr verfchiedener Höhe der Felder ergab mit dem Ornament- und Figurenfchmuck, der in Verbindung mit Bemalung und Vergoldung oder als Holzeinlage in den verfchiedenften Graden zur Anwendung kam, die höchften Leiftungen folcher Innendekoration (Fig. 20a) [2].

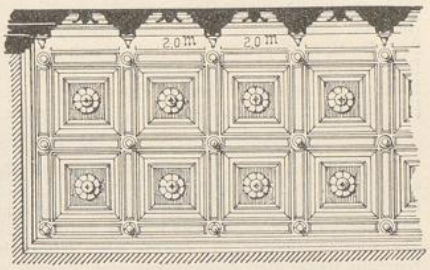


Fig. 19. Kaffettendecke.



Fig. 20a. (Aus Schloß Ambras.)

c) Die mittelalterlichen Holzdecken in Bogen- oder Gewölbeform find eine Verkleidung des fteil aufftei genden Dachftuhls; fie laffen den Innenraum mächtig und hochragend erfcheinen. Beifpiele: in Belgien, Italien, befonders in England. Verwandt hiermit find die fichtbaren Dachftühle weit überdeckter Räume; fie zeigen die Unterficht des Daches als Decke, die Hölzer der Dachbinder in geradliniger oder Bogenform als tragende Teile [3]. Bei den beiden letzten Bildungsweifen kommt als wichtiges Hilfsmittel zur Hebung der Gefamtwirkung die Bemalung des Holzes in reicherem oder geringerem Maße fowie die Vergoldung hinzu. Bei den kräftigen konftruktiven Teilen dienten Schnitzereien zur feineren Durchbildung [4].

Nachftehend folgen einige Mittelwerte für das Eigengewicht der Holzdecken, wie fie allgemein gebräuchlich find und bei den Berechnungen der Gebäudelaften in Verbindung mit den Werten der Nutzlaften zugrunde gelegt werden.

Eigengewicht der Holzdecken	Kilogramm pro 1 qm
Einfache Sturzdecke (Fig. 1)	50—80
Dübelgebälke mit 8 cm Füllung und Dielung	300
„ „ 8 „ „ „ Ziegelboden (Fig. 2)	350
Fehlboden (Fig. 13)	270
Balkendecke mit Lehmwicklung (Fig. 10)	380—400
Kaffettendecke (Fig. 20)	210

Weitere Werte f. in [1], [2], [4].

Literatur: [1] Gottgetreu, R., Lehrbuch der Hochbaukonftruktionen, 2. Teil, Berlin 1882. — [2] Breymann, G. A., Allgemeine Baukonftruktionslehre, 2. Teil. — [3] Deutfches Bauhandbuch, Bd. 2, 1. Hälfte, Berlin 1880. — [4] Handbuch der Architektur, 3. Teil, Hochbaukonftruktionen, Bd. 2, Heft 3a: Balkendecken von Barkhaufen, Stuttgart 1901; ebend., 3. Teil, Bd. 3, Heft 3: Aus-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bildung der Deckenflächen von Hugo Koch, Stuttgart 1903, 18. Kap., S. 276 ff. — [5] Heinzerling, F., Die angreifenden und widerſtehenden Kräfte der Brücken- und Hochbaukonſtruktionen, 2. Aufl., Berlin 1876. — [6] Taſchenbuch der „Hütte“. — [7] Burkhardt, J., Der Cicerone, Baſel 1860; Derſ., Geſchichte der Renaiſſance in Italien, Stuttgart 1868, B. Dekoration, S. 267. — [8] Letaruoilly, Edifices de Rome moderne, Paris 1868. — [9] Semper, G., Der Stil, Bd. 2, München 1863. — [10] Ortwein, A., und Scheffers, Deutſche Renaiſſance, Leipzig 1874/88.

II. Feuerſichere Decken.

In Räumen, wo Waſſerdampf oder Ammoniakdunſt das Holzwerk gewöhnlicher Decken einer raſchen Zerſtörung entgegenführen, wie in Stallungen, Waſchküchen oder Fabrikräumen, hat man ſchon früher verſucht, die weichen und wenig widerſtandsfähigen Teile durch ſolche zu erſetzen, die eine Schädigung durch Fäulnis möglichſt hintanhalten, wie z. B. die Bildung der Zwiſchenfelder aus Form- oder Hohlſteinen (Fig. 21 und 21 a). Auch in geſundheitlicher Hinſicht haftet den Holzdecken der Mangel an, daß ſie Keimpilze und Anſteckungsſtoffe leicht aufnehmen und feſthalten und ſo der Uebertragung von Krankheiten Vorſchub leiſten. Handelt es ſich aber um Herſtellung von Decken, die vollkommen feuerſicher ſein ſollen, ſo ſind alle Holzteile gänzlich auszuſchließen. In allen dieſen Fällen wird heute das Tragſyſtem der Decken aus **Balken von Eiſen oder Stahl** oder aus ſogenannten **Verbundkörpern** hergeſtellt.

Die erſte Anwendung und Verbreitung fand dieſe neue Bauweiſe der Eiſenbalken als Deckenträger in den holzarmen Ländern, beſonders in Frankreich, wo die Ingenieure Chibon und Zorês ihre Erfindung etwa im Jahre 1849 in Paris einführten. Die erſten angewandten Formen waren ⊥-, Λ-, ⊔- und ∩ (Zorês)-Eiſen, die ſpäter durch die T-Form erſetzt wurden. Durch die in den letzten Jahrzehnten hochgeſteigerte Entwicklung der Eiſenerzeugniſſe kommen nunmehr die aus Schweißeiſen gewalzten Tragbalken in den verſchiedenſten Größen und Längen zur Ausführung. Wiſſenſchaft und Technik vereint haben es erreicht, daß die zur Anwendung gebrachten Träger in den ſogenannten Normalprofilen (ſ. d.) [1] bei geringſtem Querſchnitt die größte Tragfähigkeit bieten. Um ohne genaue ſtatiſche Berechnung der Deckenträger einen Anhalt über die Höhe und Entfernung der einzelnen Balken zu bekommen, muß berückſichtigt werden, daß unter Feſthaltung der höchſten zuläſſigen Durchbiegung von 1 : 600 der Stützweite die freie Länge eines Trägers höchſtens das Zwanzigfache der Trägerhöhe betragen darf. Daraus folgt, daß einer Balkenhöhe von 150, 200 bezw. 250 mm eine Entfernung der Unterzüge von 3, 4 bezw. 5 m entſpricht. Bei Berechnung der Decke muß die zuſätzliche Belaſtung pro Quadratmeter zugrunde gelegt werden; ſelbſtverſtändlich iſt dieſelbe je nach Art des Gebäudes ſehr verſchieden. Nach der Erfahrung ergibt ſich für Wohnräume im Mittel 250 kg, für Tanzſäle mindeſtens 400 kg und für Werkſtätten, je nach Zweck, 300—1800 kg per Quadratmeter. Die beſten Angaben über die Eigengewichte und über die Berechnung der am häufigſten vorkommenden Decken finden ſich in [1]. Zur heutigen Vervollkommnung dieſer Bauweiſe hat in der Folge die Erfahrung beigetragen, daß das Eiſen an ſich nicht ſo feuerſicher iſt, als allgemein angenommen worden war, was ſich bei großen Bränden in Berlin und London, beſonders aber in amerikaniſchen Städten wie Chicago und Baltimore [30], erwies. Es widerſteht weder das Gußeiſen noch das Schweißeiſen den ſchlimmen Einwirkungen eines großen Feuers. Das erſtere — beſonders zu Stützen verwendet — zerſpringt bei plötzlicher Abkühlung durch kalte Waſſerſtrahlen und verurſacht hierdurch den Einſturz des Gebäudes. Die Schweißeiſenträger biegen ſich in glühendem Zuſtande durch, ohne zu zerreißen, und führen ſo die Zerſtörung des Innenbaus herbei. Als wirkſames Schutzmittel hiergegen hat man eine vollkommene **Umhüllung** oder **Ummantelung** der Eiſenteile erkannt, wie ſie zuerſt von dem amerikaniſchen Ingenieur Wight ausgeführt wurde und im Verlauf der folgenden Darlegungen gezeigt werden wird. Die Zwiſchenfüllungen der Deckenfelder ſind dabei aus Stoffen gebildet, die der Einwirkung des Feuers widerſtehen und entweder

a) gewölbeartig bezw. in Keilform zwiſchen die Eiſenbalken eingeſpannt oder
b) als Mörtel, d. h. auf naſſem Wege aufgetragen werden.

Bei erſterer Art werden meiſt Stoffe bevorzugt, die als Hohlkörper oder durch ihr Eigengewicht nur eine geringe Belaſtung bilden. Dieſe mannigfachen Konſtruktionsweiſen, deren Zahl ſchon nach Hunderten zählt, bieten der neuen Bautätigkeit ein weites Feld der Erfindung; und jeder Erfinder ſucht ſeinen Gedanken durch Einholung eines Patentes gegen Nachahmung zu ſchützen. Ueber deren Bewährung wird erſt der Zeiten Lauf beſtimmte Ergebniſſe bringen. Die wichtigſten ſind hier anzuführen:

A. Eiſenbalken mit gewölbter oder keilförmig eingeſpannter Zwiſchenfüllung. Zwiſchen Eiſenbalken ausgeführte, ½ Stein ſtarke Gewölbekappen in Voll- oder Hohlſteinen (Fig. 22, *a*, *b*) zählen zu den älteſten Konſtruktionsweiſen dieſer Art. Zuerſt wurden die Widerlagſteine mit dem Hammer zugerichtet, ſpäter aber durch beſondere Formſteine erſetzt. Bei 1,0—1,5 m Spannweite in 1/10 Pfeilhöhe mit gewöhnlichem Mörtel vermauert beſtehen die Kappen aus Steinen gewöhnlicher Art oder in Keilform. Der Rücken iſt mit Mörtelguß auszuſtreichen und mit Mauerſand aufzufüllen; die Gewölbeunterſicht iſt ſauber auszufugen oder mit glattem Putz zu verſehen. Solche Decken haben den Nachteil, daß ſie nicht eine Ebene bilden, und dadurch ſtehende Luftſchichten mit ſogenannten toten Winkeln entſtehen, die der Lufterneuerung entgegenwirken (ſ. oben). Dieſem Uebelſtande abzuhelfen dienen die Zwiſchenfüllungen mit ſcheitrechten Gewölben, bei denen auf eine tunlichſte Erleichterung der zu verwendenden Hohlſteine und richtige Aufnahme des Drucks ſowie Verteilung der Spannungen zu achten iſt.

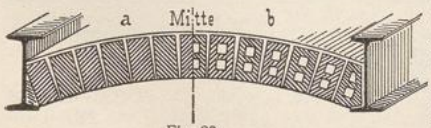


Fig. 22.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diese Art Formsteine (s. Fig. 23 und 24a) haben jedoch den Nachteil, daß sie zu ihrer Herstellung die Anfertigung mehrfacher Modelle notwendig machen, daher sehr kostspielig werden. Es war daher ein wesentlicher Fortschritt, die Anzahl der Modelle so zu verringern, daß nur solche für die Anfänger, die Mittelstücke und den Schlußstein nötig werden (s. Fig. 24b).



Fig. 23.

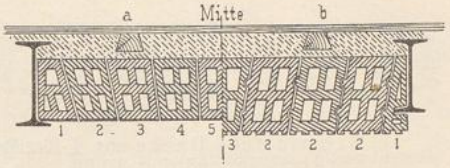
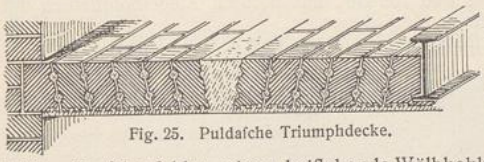


Fig. 24.

Hierher kann auch die Puldasche Triumphdecke (Fig. 25), D.R.G.M. Nr. 90000, gezählt werden, gebildet aus schrägen Wölbsteinen mit Spunten in den Keilfugen. Zur Ausgleichung bei verschiedenen Spannweiten werden die Schlußsteine aus Stampfmörtel gebildet. Eine weitere Verbesserung bilden die tiefgelegten Anfängersteine, die nach den obenentwickelten Grundsätzen die Unterflanschen der Eisenbalken umfassen und gegen Feuerwirkung schützen. Besonders


Fig. 25. Puldasche Triumphdecke.

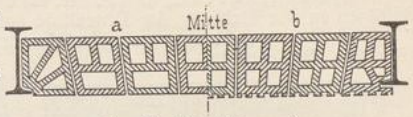


Fig. 26. Wight fireproofing.

leichte Zwischenfelder zeigen beistehende Wölbhohlsteine von amerikanischen Erfindern (Fig. 26 und 27) [3], [4], [5]. Das Verlegen derselben geschieht mit reinem Zementmörtel, der nur die Fugen an den Berührungsflächen der einzelnen Stege ausfüllt.

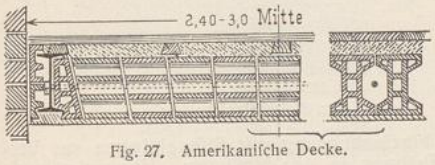


Fig. 27. Amerikanische Decke.

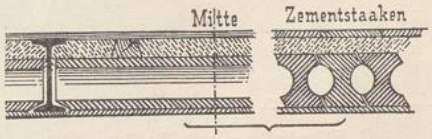


Fig. 28.

B. Eisenbalken mit Zwischenfeldern aus Hohlkörpern, geformt aus Gips, Zement oder in gebranntem Ton, eine Bauweise, die den Bestrebungen der neueren Technik in besonderer Weise entspricht, weil hierbei nur trockene Körper zur Verwendung kommen, wodurch eine rasche Weiterführung des Baues, ohne Gefahr für das Holzwerk des Innenbaues, ermöglicht ist. Es ist das ebenjener Zweig des Hochbauwesens, in dem in den letzten Jahren die meisten Neuerungen eingeführt worden sind und eine fast unübersehbare Zahl von mehr oder weniger wertvollen Erfindungen gemacht wurden. Wir müssen uns darauf beschränken, die wichtigsten und grundlegenden Verbandweisen aufzuführen. Zunächst sind es die (schon bei den Holzdecken besprochenen) Zwischenfüllungen, aus ungebrannten Formstücken erstellten, wovon zu den ältesten zählen:

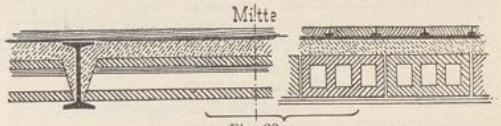


Fig. 29.

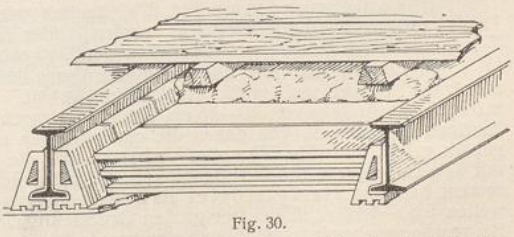
a) Gipsdielen von Ad. Mack in Ludwigsburg und A. und F. Probst in Heffental bei Hall, in Stärken von 3—7 cm [6] und Fig. 7 und 8.

b) Schilfbretter von Giraud, Brunner & Cie. in Mülhausen i. E., aus Gips und Rohr erstellt.

c) Spreu- und Hohltafeln aus Gips, System Katz-Stuttgart (Fig. 9) [7].

d) Kunsttuffsteinplatten von Posnansky & Strelitz in Berlin (gegründet 1868).

e) Zementdielen von Otto Böcklen in Lauffen a. N. und Stuttgart; in ebener und gewölbter Fläche mit Verstärkungsrippen, wonach die


Fig. 30.

f) Zementhohldielen von J. Wygasch in Beuthen, O.-Schl., und Breslau (gegründet 1892), D.R.P. Nr. 21772, gebildet worden sind [8].

g) Zementstaaken von C. Dalmar in Trier (Fig. 28).

h) Patentdecken mit Keilverspannung von v. Heister, bestehend aus Formstücken von Gips und Kohlenasche.

Von den aus gebrannten Formstücken gebildeten Zwischendecken sind zu erwähnen:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

i) Hourdidecken, beſtehend aus Hohlkörpern von 60—90 cm Länge, 25 cm Breite und 7—8 cm Höhe. Dieſe liegen entweder direkt auf den Flanſchen der Deckenbalken auf (Fig. 29) oder zwiſchen Widerlagſteinen (Fig. 30), welche die Flanſchen umfaſſen und ſo einen Feuerſchutz bilden. Deren Anfertigung erfolgt in den meiſten Maſchinenziegeleien.

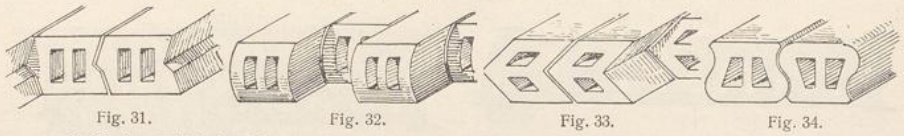


Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33. Fig. 34.

k) Schmidtſche Decke aus ⊥-förmigen Stücken mit Vorkehrung für Ventilation.

l) Förſterſche, und (Fig. 31) [9]

m) Müllerſche Maſſivdecke, beide aus Hohlſteinen mit ſeitlicher Abfälzung. Hierher zählen auch:

n) Decken aus Hohlſteinen mit Spuntung in Dreieck-, Halbkreis- oder Karniesform, Omegaſteine (Fig. 32—34).

o) Triumphformſteine von W. Lauterbach in Düſſeldorf, D.R.P. Nr. 81562 [Broſchüre].

p) Securadecke, D.R.P. Nr. 127 549 und 136848, aus poröſen Ziegelhohlſteinen mit ſchrägen in der Richtung der Drucklinie anſteigenden Stegen.

q) Doppeldecke aus Keilformſteinen, Syſtem Kapferer, D.R.P. Nr. 91 360 (Fig. 35), [Broſchüre].

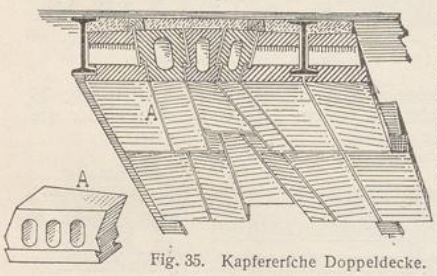


Fig. 35. Kapfererſche Doppeldecke.

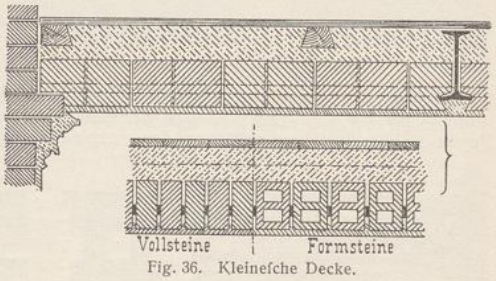


Fig. 36. Kleineſche Decke.

C. Eiſenbalken mit Zwiſchenfeldern in Flachmauerung mit Eiſeneinlagen zur Verſtärkung der Tragfähigkeit durch Erhöhung der Reibung in den Stoßfugen. Hierher zählen:

a) Schwemmziegeldecke, Syſtem Kopp, D.R.G.M. Nr. 51 574. Verbunden durch Ausgießen der Fugen mit raſchbindendem Zement.

b) Kleineſche Decke (Fig. 36), D.R.P. Nr. 71 102, beſtehend aus gebrannten Voll- oder Hohlſteinen, je nach den Zwiſchenweiten flach oder hochkantig geſtellt; erhält hier Feſtigkeit und Tragfähigkeit durch Einlage von Bandeiſen in die Stoßfugen mit nachfolgendem Ausgießen dieſer mit Zementmörtel [10]—[12].

c) Schumanns Maſſivdecke, D.R.P. Nr. 80 653, bei der ſogenannte Wellblechſchienen als Einlage dienen [13].

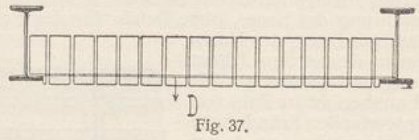


Fig. 37.

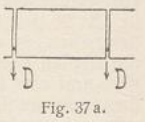


Fig. 37a.

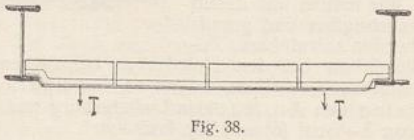


Fig. 38.

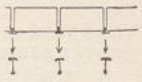


Fig. 38a.

d) Moniermauerung (Fig. 37), ähnlich wie b), bei der zwiſchen Backſteinen oder Tuffſteinen runde Drähte eingelegt werden, oder (Fig. 38) unter die Backſteinfugen kleine T-Träger, die auf den unteren Flanſchen der Deckenbalken ruhen [15].

D. Eiſenbalken mit Zwiſchenfeldern aus Mörtelmaſſe, die feucht eingebracht wird, aber raſch erſtarrt und große Tragfähigkeit erhält. Die erſten Verſuche erfolgten in Gipsmörtel, in Auftrag von 10—15 cm Stärke, getragen durch ein weitmaſchiges Netz von vierkantigen Eiſenſtäben, von denen die querlaufenden mit hakenförmigen Enden über das Eiſengebälk gelegt ſind (Fig. 39), eine Verbandweiſe, die in der Hauptſache auf das Pariſer Gebiet mit ſeinem ausgezeichneten Baugips beſchränkt blieb. Im übrigen wurde der aus Portlandzement bereitete Stampfmörtel als Zwiſchenfüllung angewendet. Bei den üblichen Zwiſchenweiten 0,80—1,20 m iſt bei der großen Druckfeſtigkeit des Zementmörtels im allgemeinen eine Bogenform ebenſo tragfähig wie eine gerade Decke, aber leichter als dieſe, weil von geringerem Querſchnitt. Die Pfeilhöhe iſt hierbei $^1/_{10}$ Weite oder geringer. Nun haben aber, wie oben ſchon ausgeführt, die gebogenen Zwiſchenfelder den Nachteil, daß ſie ſtehende Luftſchichten bilden und damit einer Lufterneuerung hinderlich ſind. Aus dieſem Grunde ſind in Krankenhäuſern, überhaupt in bewohnten Räumen, gerade Decken unerläßlich, und man hat für dieſen Zweck lange Zeit die ſehr ſchwere Stampfmörteldecke von 10—12 cm Dicke, oben mit einer leichteren Auffüllung von Schlackenmörtel zur Anwendung gebracht. Zur Erhöhung des Wider-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtandes ſolcher Decken gegen Feuerwirkung erhielt die untere Trägerflanſche eine Ummantelung (Fig. 40). Eine bedeutende Erleichterung der Decke kann erreicht werden durch Einſpannung eines Netzwerks aus Drahtziegelgewebe (Fig. 43), auf das ein Gußmörteleſtrich ausgebreitet wird. Die Unterſicht der Decke wird gebildet durch ein zweites Gewebe zur Aufnahme des Putzes in Gips- oder Zementmörtel.

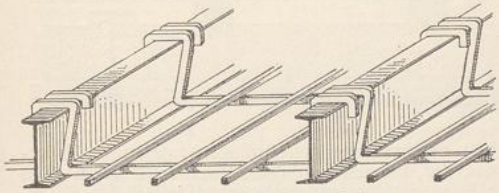


Fig. 39. Syſtem Rouſſel-Paris.

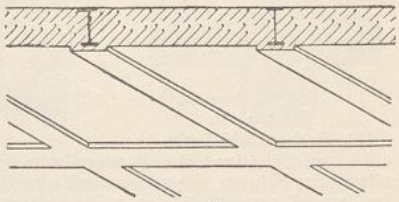


Fig. 40.

Den wichtigſten Fortſchritt zur Erzielung größerer Tragfähigkeit brachte die Erſtellung von ſogenannten Verbundkörpern, d. i. **eine innige Verbindung des Stampfmörtels mit Eiſeneinlagen,** wie er zuerſt bei der Monierbauweiſe (ſ. d.) zur Anwendung kam. Die Vorteile des Zementmörtels in Verbindung mit Eiſen beruhen in folgendem:

1. Sehr große Druckfeſtigkeit des Zementes = zehnfacher Zugfeſtigkeit.
2. Deſſen Flächenanziehung an das Eiſen = 40—47 kg/qcm.
3. Die Ausdehnungskoeffizienten von Eiſen und Zement ſind nicht weit voneinander entfernt.
4. Zement ſchützt das Eiſen gegen Roſten beſſer als alle Anſtriche und beſonders auch gegen Einwirkung des Feuers.

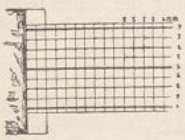


Fig. 41.

Hieraus erklärt ſich, daß bei einer Stampfmörteldecke mit Drahtnetzeinlage (Béton armé) von entſprechender Maſchenweite die Stärke des Deckenfeldes um ein bedeutendes verringert werden kann. Das Drahtnetz nimmt die Zugſpannungen, der Stampfmörtel die Druckſpannungen auf, wodurch die Tragfähigkeit ganz außerordentlich erhöht wird und bei geringer Widerlagſtärke große Spannweiten möglich ſind.



Fig. 41 a.

a) Die **Monierdecken,** wie ſie von der Firma Wayß & Freytag in Neuſtadt a. H. ſeit etwa zwanzig Jahren zur Ausführung gebracht werden [16], finden für größere Spannweiten beſonders in Fabrikgebäuden Verwendung. Sie werden an Ort und Stelle angefertigt. Nachdem die Eiſenträger bis zur oberen Kante eingeſchalt ſind, wird das Eiſengerippe, das je nach der Belaſtungsbeanſpruchung aus Rundeiſenſtäben von 5—10 mm Dicke beſteht, in Maſchen von 80—100 qcm über das ganze Stockwerk geflochten und in einer Stärke von 5—6 cm mit Zement umgeben. Eine auf dieſe Art hergeſtellte Decke bildet eine einzige Zementplatte über das ganze Stockwerk. — Bei der in Fig. 41 angegebenen Geflechtſtärke und einer Dicke des Betons von 5 cm iſt die Tragfähigkeit von 1 m von Träger zu Träger (Fig. 41 a) mit 3000 kg/qm baupolizeilich feſtgeſtellt. Größere Beanſpruchungen und Spannweiten bedingen ſtärkere Eiſen-

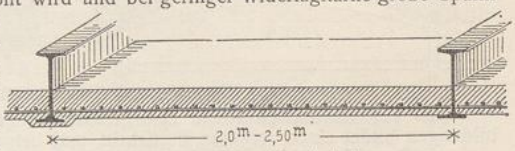


Fig. 42. Ebene Monierdecke.

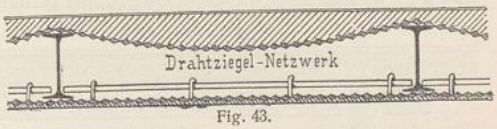


Fig. 43.

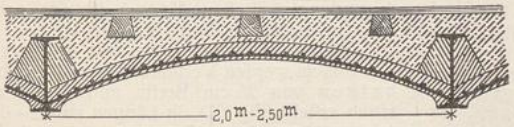


Fig. 44. Moniergewölbe.

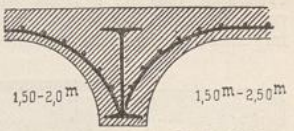


Fig. 45. Kaſſettierte Monierdecke.

einlagen; es empfiehlt ſich jedoch aus ökonomiſchen Gründen, dieſe Decken nicht über 2,5 m Spannweite auszuführen [15]. Sie ſind von relativ geringem Eigengewicht, durch die Drahteinlage ſehr widerſtandsfähig gegen Stöße und befähigt, bei längerem Schadenfeuer den unvermeidlichen Ausbiegungen der I-Träger zu folgen (ſ. Fig. 42, 44 und 45).

Eine ähnliche Deckenbildung bietet

b) das **Syſtem Holzer,** D.R.P. Nr. 78498 [17], bei dem die auf die unteren Flanſchen der I-Träger gelegten, ca. 20 mm hohen L- oder T-Eiſen (in Fig. 47 mit *T* bezeichnet) eine Rohrmatte zwiſchen ſich und einen ca. 3 mm ſtarken verzinkten Rundeiſenſtab aufnehmen, auf die, nachdem die Befeſtigung durch verzinkten Bindedraht ſtattgefunden hat, Zementmörtel aufgebracht wird. Ueber dieſen kann dann die Deckenfüllung u. ſ. w. gelegt oder Gußmörtel bis

zum Fußboden aufgetragen werden. In [15] finden ſich verſchiedene Verbandweiſen von a) und b) angegeben; erwähnt ſei noch, daß die Holzer-Decken billiger und leichter ſind als Monierdecken und daß ſich der Deckenputz beſſer herſtellen läßt wegen des unmittelbaren Auftrags auf das Rohrgewebe (Fig. 46). — Einen weiteren Schritt zur Vervollkommnung zeigt

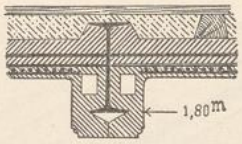


Fig. 46. Holzerſche Decke.

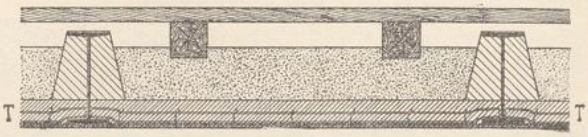


Fig. 47.

c) die **Könenſche Voutenplatte** (Fig. 48), ein zwiſchen den Auflagern, ſeien es Unterzüge oder Mauern, eingeſpannter Verbundkörper, der, bei ſehr geringem Querſchnitt auf 6—8 m freiliegend ausgeführt, eine große Erſparnis an Eiſen und Zement ermöglicht [18], [19], [3], S. 136.

Bei allen Deckenbildungen mit Eiſengebälk und Stampfbeton oder Wölbſteinen iſt es erforderlich, für die Ausführung eine Einrüſtung mit Einſchalung zu erſtellen, welche die

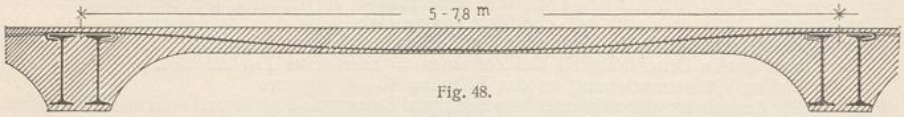


Fig. 48.

Baukoſten nicht unweſentlich beeinfluſſen. Damit dieſe Koſten nicht zu bedeutend werden, dürfen die Rüſthölzer nicht von unten aus unterſtützt oder getragen werden; ſie ſind vielmehr am Eiſengebälke aufzuhängen, aber ſo zu verlegen, daß ſie nach Fertigſtellung der Arbeit leicht gelöſt und weggenommen werden können, wie dies in den Fig. 49a—49d dargeſtellt iſt. Auch iſt es von Vorteil, wenn nicht alle Felder gleichzeitig einzuſchalen ſind, vielmehr, um an Rüſtholz zu ſparen, nur zwei bis drei auf einmal.

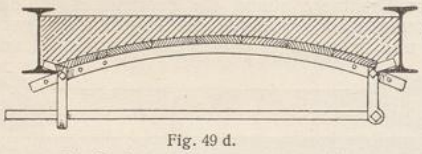


Fig. 49d.

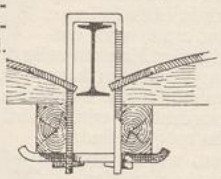


Fig. 49a.

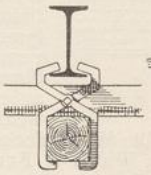


Fig. 49b.



Fig. 49c.

E. Verbunddecken (ohne Eiſengebälk). Gegenüber den ſoeben beſprochenen Deckenbildungen bildet einen weiteren Fortſchritt und beſonders eine weitere Erſparnis an Eiſen das

Syſtem Hennebique (Architekt in Brüſſel), das unter Ausſchaltung der Eiſenbalken nur dünne Zugſtangen, die durch Querbänder verſteift ſind, als Träger verwendet (Fig. 50), [24], [28].

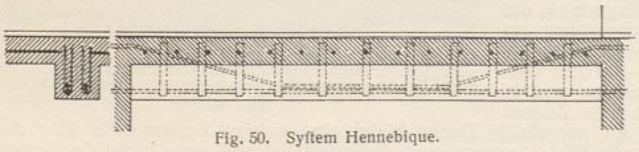


Fig. 50. Syſtem Hennebique.

In folgerichtiger Durchführung desſelben Grundgedankens ſind auch die Stützenbildungen aus dünnen Eiſenſtäben unter ſich durch Querbänder verſteift, gebildet und hierdurch bei geringſtem Querſchnitt eine ſehr große Standfeſtigkeit erzielt. Bedeutende Beiſpiele in großer Zahl, die in [22], [23] und [25]—[28] dargeſtellt ſind, erhärten dies. Als einziger Nachteil dieſer Bauweiſe iſt zu erwähnen, daß der geſamte Aufbau der Stützen und Decken mit ihrem Balkenſyſtem eine durchgehende Einrüſtung von Stockwerk zu Stockwerk verlangt. Dieſem Mangel iſt das nachfolgende Syſtem nicht unterworfen, das auch ſonſt von allen vorerwähnten abweicht:

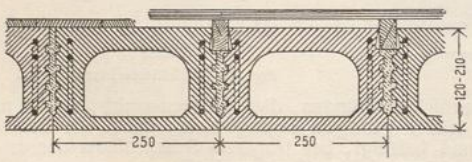


Fig. 51. Syſtem Siegwart-Luzern.

Syſtem Siegwart (Architekt in Luzern). Bei dieſem werden Verbundkörper als Hohlbalken von 25 cm Breite und 12—21 cm Höhe erſtellt (Fig. 51), in Längen von 4—6 m (eine größere Länge iſt wegen der Schwierigkeit der Beiſchaffung nicht ratſam). Dieſe Verbundhohlbalken werden einzeln nebeneinander verlegt und die erweiterten und mit Nuten verſehenen Stoßfugen mit Zement ausgegoſſen. Ueber die Verwendung in einzelnen Fällen, z. B. bei größeren Spannweiten, ſ. [29].

Literatur: [1] Scharowsky, Muſterbuch für Eiſenkonſtruktionen, 3. Aufl., Bd. 1, Berlin 1895. — [2] Breymann, Allgemeine Baukonſtruktionslehre, 3. Teil: Konſtruktionen in Eiſen, 6. Aufl., Leipzig 1902, S. 171 ff. — [3] Handbuch der Architektur, 3. Teil, 2. Band, Heft 3a: Balkendecken, 2. Aufl., Stuttgart 1901. — [4] Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- und Arch.-Ver. 1896, S. 264. — [5] Schweiz. Bauztg., Bd. 30, 1897, S. 144. — [6] Architekt Adolf Mack, Ludwigs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

burg, patentierte Gipsdielen. — [7] Dr. Katz, Reg.-Baumeiſter Stuttgart-Cannſtatt, Spreutafeln, D.R.P. Nr. 52725. — [8] Höffer, O., Ingenieur, Breslau, Verwendung von Zementdielen und Zementbrettern im Hochbau, Breslau 1895. — [9] Zentralbl. der Bauverwalt. 1897, S. 579. — [10] Deutſche Bauztg. 1893, S. 507. — [11] Neue Decke Syſtem Kleine, von Knoch & Kallmeyer, Halle a. S. — [12] Syſtem Kleine, Arch. Karl Schmidt, Stuttgart 1898. — P. J. Schürmanns Maſſivdecken auf Wellblechſchienen, Münſter i. W. 1896. — [14] Wayß, G. A., Die Monier-Mauerung, Berlin 1895. — [15] Wayß & Freytag, Bauten in Stampfbeton, Monierbeton u. ſ. w., Berlin 1895. — [16] Barkhauſen, Verbundkörper aus Mörtel und Eiſen im Bauweſen, Zeitſchr. f. Architektur, Hannover 1902, Nr. 48, S. 245—252. — [17] Wayß & Freytag, Das Syſtem Holzer (D.R.P. Herſtellung von feuerſicheren Decken, Neuſtadt a. H. und Berlin 1895. — [18] Könen, Grundzüge für die ſtatiſche Berechnung der Beton- und Betoneiſenkonſtruktionen, Zentralbl. der Bauverwaltung 1902, Nr. 22, S. 229. — [19] Könenſche Voutenplatte für Decken u. ſ. w., 3. Aufl., Berlin 1899. — [20] Spitzer, Entwicklung der Betoneiſenbauten vom Beginn bis Gegenwart, Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- und Arch.-Ver. 1902, Nr. 54, S. 73. — [21] Deutſche Portlandzement- und Betoninduſtrie auf der Düſſeldorfer Ausſtellung, Berlin 1902. — [22] Le béton armé, Organe des Agents et Concessionnaires du Système Hennebique, 6 Jahrgänge von 1898 an. — [23] Relevée des travaux exécutée en Système Hennebique pendant l'année 1900, Paris, Rue Danton. — [24] Finkelſtein, M., Armierte Betonbauten (Syſtem Hennebique), Paris 1901. — [25] Züblin, Ed., Zivil-Ing., Die Spinnerei „La cité" Mühlhauſen, erbaut nach Syſtem Hennebique, 1900. — [26] Hennebique-Konſtruktion in Leipziger Monatsſchr. f. Textilinduſtrie 1902, Nr. 17, S. 258—260. — [28] Mörſch, E., Fabrikbau in Betoneiſen für die Daimler-Motoren-Geſellſchaft in Untertürkheim (Württemberg), Deutſche Bauztg. 1902, Nr. 1 und 2. — [28] Mörſch, E., Theorie der Betoneiſenbauweiſe, Vortrag, Deutſche Bauztg. 1903, Nr. 33. — [29] Recordon, B., Ein neues Syſtem von armiertem Beton, Schweiz. Bauztg. 1901, Bd. 37, Nr. 24 und 25. — [30] The Baltimore Conflagration, Report of the committee on Fire-resistive Construction of the National Fire Protection Association, 1904, 2. Aufl., Chicago 1904. *Weinbrenner.*

Deckeldohle (Plattendurchlaß), ſ. Durchläſſe.

Deckelkarden, ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 602.

Deckelriemen, die in der Papierfabrikation, bei der Langformpapiermaſchine die Breite des Papiers begrenzenden, ſich in gleicher Geſchwindigkeit mit dem Metalltuch weiterbewegenden, aus Kautſchuk oder mit Kautſchuk getränkten Baumwollſtreifen beſtehenden Bänder; ſ. Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Deckenbetrieb der Straßenunterhaltung nennt man im Gegenſatz zum Flickbetrieb die zeitweiſe vollſtändige Erneuerung der Decklage, die ebenſo wie bei Neubauten geebnet und abgewalzt wird; ſ. Straßenunterhaltung. *L. v. Willmann.*

Deckenfach, ſ. v. w. Balkenfach.

Deckenfüllung, d. h. Ausfüllung der Balkenfache oder Zwiſchendecken, erfolgt zur Schalldämpfung und zur Verhinderung unerwünſcht raſcher Wärmeleitung zwiſchen den durch die Decke getrennten Räumen.

Die Ausfüllung ſoll möglichſt leicht, unverbrennbar, wenig hygroſkopiſch, nicht ſchwammbildend, ungezieferfrei und, wenn nicht ſchon beim Einfüllen trocken, raſch auftrocknend ſein. Dieſe Eigenſchaften beſitzen nicht: die zwiſchen Streifboden und Fußboden eingebrachten Ausfüllungen mit Torf oder Torfmull (ſtark hygroſkopiſch), Erde (unrein, feucht, übelriechend), Spelzſpreu (leicht, aber ungezieferführend, bei nicht zu vermeidender Befeuchtung Modergeruch verbreitend), Baufchutt und Kohlenſchlacken (unrein, mit organiſcher Subſtanz vermiſcht, feucht). Ebenſo unbrauchbar zum Auffüllen über Streifböden ſind Miſchungen aus Gips mit Sand, Schlacken, Spreu, Sägeſpänen u. ſ. w., beſonders wenn naß eingebracht. Dagegen ſind zuläſſig die Ausfüllungen mit trockenem, reinem Quarzſand, mit Bimsſand aus dem Neuwieder Becken, mit gut getrockneter granulierter Hochofenſchlacke oder Koksgries, mit Korkabfällen (gut, aber teuer), Kieſelguhr (ebenſo) und mit reinem Lehm, wenn dieſer genügend austrocknen kann. Bis in die neueſte Zeit iſt auch das ſogenannte Stücken oder Wickeln im Gebrauch, d. h. die Ausfüllung der Deckenfache durch gekreuzte oder einreihig geſetzte, in Nuten der Balken abgeſteifte, mit naſſem Lehm, Hafer- oder Gerſtenſtroh umwundene Holzſtücke, oben mit naſſem Lehm und Sand, unten mit Lehmverſtrich abgeglichen; die Methode iſt bewährt, aber das unerläßliche Austrocknen nimmt viel Zeit in Anſpruch. Bei ſoliden Bauten und insbeſondere dann, wenn die eingangs erwähnten Eigenſchaften der Deckenfüllung mit raſcher Herſtellungsweiſe verbunden ſein ſollen, verwendet man Zementdielen, Gipsdielen (Schilfbretter), hohle Gipstafeln (Spreutafeln), Korkſteine; auch Auswölbungen zwiſchen den Balkenfachen, wobei die Steine auf längs der Balken angenagelten Latten aufliegen, ſind im Gebrauche. Am leichteſten, biegungsfeſt, ſehr gut ſchalldämpfend und ſchlecht wärmeleitend ſind die hohlen Gipstafeln von Dr. Katz in Waiblingen (D.R.P. Nr. 52725); die Korkſteine von Grünzweig & Hartmann in Ludwigshafen ſind ebenfalls ſehr leicht, aber relativ teuer und weniger biegungsfeſt. Zementdielen ſind ſchwerer, ebenſo Auswölbungen. Alle dieſe Materialien erſetzen nicht allein die Deckenfüllung, ſondern auch den Streifboden. Auf hölzernen Streifböden bringt man da und dort auch Beton aus Zement und leichten Schlacken als Füllung auf, was, wenn der Beton gut ausgetrocknet, zweckmäßig iſt; ähnlicher Beton mit Gips ſtatt Zement hat ſich nicht bewährt. *Weinbrenner.*

Deckengefims, trennende oder tragende Gliederung zwiſchen Wand und Decke, ein für Ausſchmückung der Innenräume weſentliches Bauglied.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Meiſt aus Gips hergeſtellt, wird es entweder an der Decke ſelbſt oder nahe unter dieſer angebracht und mittels Schablonen, die an dem Schlitten (Fig. 1) befeſtigt ſind, auf einem Lattengang gezogen. Für ſtark ausladende Geſimſe iſt 1. eine Vormauerung oder 2. eine Einlage von Rohrbäuſchen (Fig. 2) oder 3. eine Lattenunterlage auf Brettſtückchen (Fig. 3) befeſtigt anzuordnen. Bei hohen Räumen können größere, dem Spiegelgewölbe ähnliche Kehlen (Vouten) (Fig. 3) mit dazwiſchenliegendem flachen Deckenfeld gute Wirkung erzielen. Die Eigenart der Lichtwirkung in Innenräumen, die durch Rückſtrahlung vom Boden her entſteht, läßt eine häufige Anwendung von Kehlen, gekrümmten Flächen und ſcharfen Unterſchneidungen geeignet erſcheinen. *Weinbrenner.*

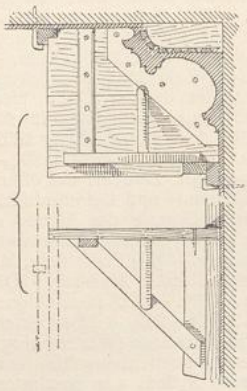


Fig. 1.

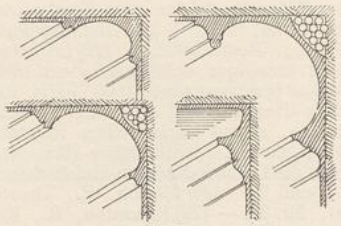


Fig. 2.

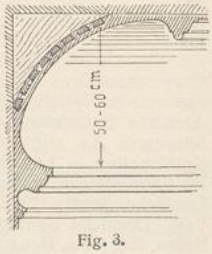


Fig. 3.

Deckenkehlung, Kehlbildung zwiſchen Wand und Decke.

Wenn es ſich ſchon empfiehlt, zur leichteren Reinhaltung der Wände die ſcharfen Winkel, in denen ſich Unreinlichkeiten, Keimpilze von anſteckenden Stoffen anſammeln und ſich ſchwer entfernen laſſen, durch abgerundete zu erſetzen, ſo iſt dies beſonders ratſam am Uebergang von Wand zur Decke. Hier kann dann außerdem durch Ausbildung des Winkels zu einer flachen Kehle mit abſchließendem Glied eine wirkſame Hebung des Deckenfeldes erreicht werden; ſ. Deckengeſims. *Weinbrenner.*

Deckenmalerei, farbige Ausſchmückung von Deckenflächen aller Art.

Dieſelbe dient dazu, einen der wichtigſten Teile des Innenraums, den oberſten Abſchluß, mit der Geſtaltung der übrigen Anordnung harmoniſch zu verbinden und auszubilden. Von den einfachen Linienverzierungen ſchablonierter Arbeit, von den durch Stuckrelief und Deckenroſetten lebhafter ausgeſtalteten farbigen Decken bis zu den von den erſten Künſtlern aller Zeiten gemalten Decken (Siſtina, Farneſina) liegt ein weites Feld der Ausbildung. Die reichſte Entfaltung fand die Deckenmalerei in den der Hochrenaiſſance folgenden Stilperioden.

Literatur: Ewald, E., Farbige Dekorationen alter und neuer Zeit, Berlin 1883 ff.; Eyth, V., und Meyer, F. S., Die Dekorationsmalerei mit beſonderer Berückſichtigung der kunſtgewerblichen Seite, Leipzig 1894; Gruner, L., Décorations des palais et d'églises en Italie du XV^e^ et XVI^e^ siècle, Paris 1854; Gélis-Didot, P., et Laffillée, H., La peinture décorative en France du XII^e^ au XVIII^e^ siècle, Paris 1897; Audsley, M. G., La peinture mûrale décorative dans le style du moyen-âge, Paris 1881; Dieſ., Praktiſche Vorlagen und Muſterſammlung u. ſ. w., Stuttgart 1893; Decoratione interne, Raccolta di soffiti del XII—XIX secolo dei migliori castelli e palazzi de Piemonte, Turin 1890. *Weinbrenner.*

Deckenputz wird aus Kalk- oder Gipsmörtel erſtellt.

Bei Holzgebälken iſt dieſer Putz in gleicher Weiſe wie Holzwandputz herzuſtellen, d. h. um die Bewegung des Holzes für den Auftrag unſchädlich zu machen, iſt eine Zwiſchenlage zu bilden, an welcher der Putz ſeinen Halt findet. Dies geſchieht a) durch Rohrung. Schon Vitruv (lib. VII, 3. Kap.) gibt an, daß die Rohrung durch zwei übereinander liegende, ſich kreuzende Schichten von Schilfrohren zu bilden ſei. Hierdurch wird erreicht, daß der Mörtel ſich hinter die Rohre zieht und ſo mechaniſch haftet. Dies iſt noch heute die beſte Art.

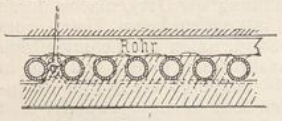


Fig. 1.

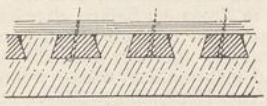


Fig. 2.

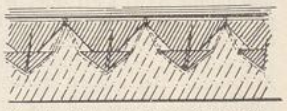


Fig. 3. Patent H. Kahls-Chemnitz.

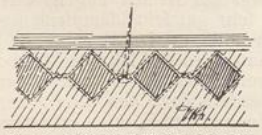


Fig. 4. Patent H. Kouble-Berlin.

Weniger gut iſt eine einfache Lage Rohre. Zur Befeſtigung der Rohre liegen die Balken meiſt zu weit, es iſt deshalb als Unterlage eine Schalung aus ſchmalen (geſchlitzten), rauhen Brettern mit nicht zu engen Fugen nötig. Den Halt finden die Rohre durch Drähte, die in Entfernung von 20—30 cm geſpannt und durch Rohrnägel befeſtigt werden. Um Draht und Nägel gegen Roſt zu ſchützen, ſind dieſelben zu ölen (frühere Art), beſſer zu verzinken. Der Auftrag des Mörtels erfolgt in einer Lage von 2 cm Dicke (Fig. 1). b) Durch Rohrgewebe, die in Fabriken in großen Flächen nach Maß angefertigt werden; Vorzüge derſelben: ſchöne Gleichmäßigkeit der Flächenbildung und raſche Ausführung im Bau. c) Durch Gipslättchen, d. h. tannene Leiſten von 7/15—10/20 mm Stärke und

4—6 m Länge, entweder vierkantig oder in Keilform geſchnitten (Fig. 2). d) Durch Lattengewebe, gebildet aus zwei mit Draht umſponnenen Lagen von Latten von drei- oder viereckigem Querſchnitt, die dem ſtarken Mörtelauftrag guten Halt geben (Fig. 3 und 4).

Auf Eiſengebälken mit Backſtein- oder Gußmörtelzwiſchenfüllung kommt der gewöhnliche Steinwandputz zur Anwendung. *Weinbrenner.*

Deckenriß, 1. Riß oder Aufzeichnung einer Decke mit ihrer Konſtruktion oder deren Ausſchmückung (meiſt für größeren Maßſtab gebräuchlich); 2. Riß in der Decke, durch Senkung entſtanden. *Weinbrenner.*

Deckenſchalung, ſ. Decken.

Deckenſchalungshalter, ſ. Fehltram.

Deckenſcheiben, ſ. Gasbeleuchtung.

Deckenſtück (im Plafondbild), Deckengemälde im Spiegel oder in den Feldern einer gemalten Decke.

Deckenverkleidung, ſ. Decken.

Decker, ein Inſtrument zum Abnehmen der Randmaſchen einer Wirkware von den Wirkſtuhlnadeln und Aufhängen derſelben auf weiter nach innen oder außen liegende Nadeln behufs Veränderung der Warenbreite. *Willkomm.*

Deckernagel, Nagel zur Befeſtigung von Dachdeckungen in Holz oder Metall.

Da von deſſen Dauer die Haltbarkeit der Deckung abhängt, iſt ein Roſten desſelben tunlichſt zu verhindern entweder durch Oelen oder beſſer durch einen nicht oxydierenden metalliſchen Ueberzug. *Weinbrenner.*

Deckfarben (Gouache-, Körperfarben), undurchſichtige, die Unterlage, auf die ſie aufgeſtrichen werden, vollſtändig oder mehr oder weniger vollſtändig verdeckende Farbkörper, zum Unterſchied von Laſurfarben, welche die Unterlage, z. B. die Textur des Holzes, durchſcheinen laſſen. Deckfarben erhalten durch Ueberſtreichen nach dem Trocknen mit Laſurfarben eine erhöhte Brillanz, während Laſurfarben mit Deckfarben überſtrichen vollſtändig verſchwinden und nur die Deckfarbe zur Wirkung kommt. *Andés.*

Deckfenſter, Oeffnungen (Luken) in den Decks, die mit hölzernen oder ſtählernen Lukfülls umgeben und durch aufklappbare Fenſter (Decklichter) geſchloſſen ſind. Sie dienen zur Beleuchtung und Lüftung der unteren Deckräume.

Deckfrucht (auch Ueberfrucht genannt) wird bei der Anſaat von Futtergräſern zu dem Zweck verwendet, die jungen, empfindlichen Graspflänzchen vor der ſchädigenden Wirkung von Hitze und Austrocknung des Bodens zu ſchützen. S. Berafung. *Drach.*

Deckfuge, deckende Fuge, die durch Abfälzung oder Spuntung erreicht wird, findet bei Fußbodenſchalungen Anwendung.

Deckgebirge, Bodendecke über Lagerſtätten nutzbarer Mineralien, die durch Tagebau abgebaut werden können (ſ. a. Abraum).

Deckgeſims, abſchließendes und bekrönendes Geſims kleinerer Bauteile, aus einem oder mehreren Gliedern beſtehend, im Gegenſatz zu Fußgeſims.

Deckgrün (Hamburger Deckgrün, Wiener Deckgrün), ſ. Chromfarben, Schweinfurtergrün.

Deckhammer, ſ. v. w. Dachdeckerhammer (ſ. d.).

Deckkultur (zum Unterſchied von Miſchkultur), diejenige Kulturmethode zur Urbarmachung von Moorflächen, bei welcher der zur Verbeſſerung des Moores dienende Mineralboden auf die Moorfläche als Decke aufgebracht, jedoch nicht mit dem unterliegenden organiſchen Bodenmaterial vermiſcht wird.

Die Deckkultur wurde erſtmals rationell ausgebildet durch Rittergutsbeſitzer Rimpau auf Cunrau und wird auch als Damm- oder Moordammkultur bezeichnet (ſ. Moorkultur). *Drach.*

Decklage der Steinbahn bezeichnet die obere Schicht des zur Befeſtigung der Straßenfahrbahn aufgebrachten Schotters.

Bei Vorhandenſein einer Packlage (ſ. d.) beſteht die Decklage am beſten aus einer einzigen Schicht von 8 bis höchſtens 20 cm Stärke mit Steinen gleichmäßiger Korngröße, die je nach der Härte der Steine zwiſchen 4 und 6 cm Seitenkante beſitzen können. Manche Straßenbaumeiſter empfehlen zwei Schichten von verſchiedener Korngröße, von denen die obere ein feineres Korn haben und aus härterem Material hergeſtellt werden ſoll. Bei Makadamſtraßen wird gewöhnlich die obere Schicht in einer Stärke von 6—8 cm aus kleineren und härteren Steinen hergeſtellt; ſ. a. Steinſchlagbahnen und Straßenbau. *L. v. Willmann.*

Deckleiſte, ſ. Fugenleiſte.

Decklicht, ſ. Deckfenſter.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Deckmaſchine, Vorrichtung an Wirkmaſchinen zum Aufhängen oder Aufdecken der Platinenmaſchinen auf die Stuhlnadeln; bisweilen wird auch die Vorrichtung zum Vermindern oder Vermehren der Warenbreite Deckmaſchine genannt. *Willkomm.*

Deckpanzer, ſ. Panzerdeckſchiff.

Deckpeilung, ſ. Peilung.

Deckplanken, vierkant beſchnittene Planken von 6—10 cm Dicke, die entweder direkt auf den Deckbalken verlegt oder, auf der ſtählernen Deckbeplattung angeordnet, den Deckbelag bilden. Man verwendet zu Deckplanken Kiefern-, Pitch- oder Yellow-pine-Zypreſſen- oder Teakholz. S. Schiffbau.

Deckſand wird in der Geologie ein in der Diluvialzeit entſtandener, lockerer, häufig geröllführender Sand oder Grand genannt, der nach dem Rückzug der Gletſcher auf der Grundmoräne zum Abſatz gelangte. Er bedeckt weite Strecken der norddeutſchen Tiefebene, und zwar deren höhere Flächen.

Deckſchaufel (Schalleiſen oder Scholleiſen), Werkzeug der Klempner und Dachdecker zum Biegen von Blech und zur Herſtellung von Falzen.

Es beſteht aus einem als Handgriff dienenden Eiſenbügel, deſſen eines Ende flach ausgeſchmiedet iſt, deſſen andres eine viereckige Schiene trägt. Um das ſcharfe Ende kann das Blech in ſpitzem Winkel herumgebogen werden, die Schiene dient als Widerlager beim Zuſammenſchlagen von Falzen. *Dalchow.*

Deckſcheiben, winkelförmige Scheiben mit Gewinden oder Lötzapfen zum Anbringen der Auslaufhähne an der Wand (ſ. Wandſcheiben).

Deckſchicht, 1. oberſte Schicht einer Mauer, die ſorgfältig ausgeebnet und ins Blei gebracht wird; 2. ſ. v. w. Gleichung oder Abgleichung.

Deckſchrauben, Holz- bezw. Mutterſchrauben zum Befeſtigen der hölzernen Deckplanken auf den hölzernen bezw. ſtählernen Deckbalken. S. Schiffbau.

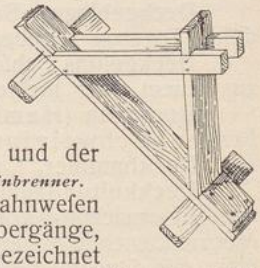
Deckshaus, ſ. Schiffsvermeſſung.

Decksplanken, -platten, ſ. Deckplanken, Schiffbau.

Deckſtein (auch Deckziegel), jeder Stein zur Abdeckung von Mauerwerk beſtimmt oder zugerichtet. Für den Ablauf des Waſſers iſt derſelbe mit Waſſerſchräge und Waſſernaſe zu verſehen; auch iſt für gute Dichthaltung der Stockfugen Sorge zu tragen. *Weinbrenner.*

Deckſtringer, eiſerne bezw. ſtählerne Plattengänge, die auf den Deckbalken an den Bordſeiten angeordnet ſind und zu deren Verbindung mit den Spanten und der Außenhaut dienen. S. Schiffbau. *T. Schwarz.*

Deckſtützen, aus Rundeiſen oder gezogenen Röhren gefertigte Säulen, welche die Deckbalken und ſomit die Decksabſtützen und zugleich eine Verſteifung des Schiffsrumpfes bilden. S. Schiffbau. *T. Schwarz.*



Deckſtuhl, Gerüſtbock für Schieferdeckung. Zwei ſolcher Stühle, mit Seilen an Dachhaken (ſ. d.) bei dem Firſt befeſtigt, dienen als Auflage für einen Dielen, auf dem das Deckmaterial aufgeſchichtet wird und der Arbeiter ſeinen Sitz findet (ſ. die Figur). *Weinbrenner.*

Deckungsſignale, Signale, mittels welcher im Eiſenbahnweſen beſonders gefährdete Stellen, Bahnhofeinfahrten, Wegübergänge, Bahnkreuzungen u. ſ. w. geſichert werden. Desgleichen bezeichnet man wohl als Deckungsſignale Signaleinrichtungen, die zur Sicherung der fahrenden oder auf der Strecke haltenden Züge dienen. — S. a. Abſchlußſignal, Bahnzuſtandsſignale, Blockeinrichtungen. *Köchy.*

Deckverſchraubungen, auf den eiſernen bezw. hölzernen Decks befeſtigte metallene Gehäuſe mit Bewegungsmechanismen, die mit Hilfe eines Aufſteckſchlüſſels bedient werden zum Oeffnen von Ventilen, Schiebern u. ſ. w. der Drainageeinrichtung (ſ. d.). *T. Schwarz.*

Deckwerke, Schutzbekleidungen der unter Waſſer liegenden Ufer (ſ. d.) zur Sicherung der Böſchungen gegen Rutſchungen. Vgl. Flußregulierung, Uferbau.

Deckzange (Falzzange), dient zum Biegen von Blech und (beſonders beim Dachdecken) zum Umlegen und Zuſammendrücken des Falzes. Die Zange hat ein ſtarkes, bis zu 12 cm breites Maul. *Dalchow.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Deckziegel, ſ. v. w. Deckſtein (ſ. d.).

Decoupiermaſchine, ſ. Durchſtoßmaſchine.

Decoupierſäge, ſ. Laubſäge.

Defekte an Eiſenbahnfahrzeugen, ſ. Eiſenbahnbetrieb.

Defibreur, Holzſchleifmaſchine, derjenige Apparat, durch den das Zerfaſern des Holzes behufs Herſtellung des in der Papierfabrikation als Surrogat verwendeten Holzzeuges zur Ausführung gebracht wird; ſ. Holzzeug. *Maxim. Kraft.*

Deflektionsmeſſer, ſ. Durchbiegungsmeſſer.

Deflektor, ſ. Lüftung geſchloſſener Räume.

Deformation der Flächen, im allgemeinen jede ſtetige Umformung, durch die eine Fläche in eine andre übergeht. Gewöhnlich verſteht man aber unter Deformation die Fähigkeit einer Fläche, ſich auf eine andre Fläche durch bloße Biegung oder Dehnung abwickeln zu laſſen. Bei dieſer Deformation bleiben der Winkel zweier Flächenkurven, die geodätiſchen Linien, das Krümmungsmaß und die geodätiſche Krümmung entſprechender Flächenkurven erhalten.

Literatur: [1] Salmon, G., Analytiſche Geometrie des Raumes, deutſch von W. Fiedler, 3. Aufl., Bd. 2, Leipzig 1880, S. 303 ff. — [2] Stahl, H., und Kommerell, V., Die Grundformeln der allgemeinen Flächentheorie, Leipzig 1893, S. 23 und 105 ff. — [3] Darboux, Leçons sur la théorie générale des surfaces et les applications géometriques du calcul infinitésimal, 3. partie, Paris 1891, livre II. *Wölffing.*

Deformation kontinuierlicher Medien. Jede ſtetige Formänderung eines kontinuierlichen Mediums kann in unendlich kleinen Bereichen als homogene oder affine Deformation aufgefaßt werden.

Sind nämlich x, y, z die Koordinaten eines Punktes p des urſprünglichen Mediums, X, Y, Z diejenigen desſelben Punktes P im veränderten Medium, ſo iſt nach dem Taylorſchen Satz:

$$dX = \frac{\partial X}{\partial x}dx + \frac{\partial X}{\partial y}dy + \frac{\partial X}{\partial z}dz$$
$$dY = \frac{\partial Y}{\partial x}dx + \frac{\partial Y}{\partial y}dy + \frac{\partial Y}{\partial z}dz$$
$$dZ = \frac{\partial Z}{\partial x}dx + \frac{\partial Z}{\partial y}dy + \frac{\partial Z}{\partial z}dz.$$

dx, dy, dz können als Koordinaten eines Nachbarpunktes von p im urſprünglichen Medium bezogen auf p als Nullpunkt betrachtet werden; dX, dY, dZ ſind dann die Koordinaten des deformierten Punktes bezogen auf P als Nullpunkt. Letztere ſind lineare Funktionen der erſteren und umgekehrt. Darin liegt aber die affine Beziehung des deformierten Bereiches zum urſprünglichen begründet. Es entſprechen nämlich parallelen Geraden und Ebenen des einen Bereiches ebenſolche des zweiten Bereiches und umgekehrt.

Jede homogene Deformation kann als die Aufeinanderfolge einer Drehung und einer reinen Deformation in drei zueinander ſenkrechten Richtungen aufgefaßt werden.

Eine Kugel des urſprünglichen Bereiches geht bei der homogenen Deformation in ein Ellipſoid des deformierten Bereiches über, wobei konjugierte Richtungen der Kugel in ſolche des Ellipſoides übergehen. Das Ellipſoid hat drei zueinander ſenkrechte konjugierte Richtungen, nämlich die Achſenrichtungen, denen drei zueinander ſenkrechte konjugierte Richtungen der Kugel entſprechen. Die Deformation kann nun ſo ausgeführt werden, daß man zuerſt die Kugel ſo lange dreht, bis die drei ſenkrechten Richtungen den Achſenrichtungen des Ellipſoides parallel werden, und dann in jenen drei Richtungen ſolche gleichförmige Dehnungen oder Zuſammendrückungen vornimmt, welche die Kugel in das Ellipſoid überführen. Dieſe geben zuſammen die reine Deformation.

Beſondere homogene Deformationen ſind die Scherungen oder Schiebungen, bei denen Figuren in einer Schar paralleler Ebenen kongruent bleiben, aber in einer beſtimmten Richtung (Scherungsrichtung) proportional mit der Entfernung ihrer Ebene von einer feſten Ebene verſchoben werden. In England gebraucht man für Deformation den Ausdruck Strain, der auch in Deutſchland vielfach Eingang gefunden hat. S. a. Elaſtizitätslehre, allgemeine, Dehnung, Hauptverſchiebungen, Dilatation. *Finſterwalder.*

Deformationsarbeit, ſ. Verſchiebungsarbeit.

Deformationsellipſoid, -fläche, ſ. Dehnung.

Degenrohr, das Saugrohr mancher Abteufpumpen (ſ. d.), das aus perſpektivartig ineinander geſchobenen Rohren beſteht, die ſich dem Fortſchreiten des Abteufens entſprechend bis zu einem beſtimmten Maße allmählich verlängern laſſen. *Treptow.*

Dégras (Abfett, Gerberfett), Fettgemiſch zum Einfetten von Leder.

Man gewinnt ihn fabrikmäßig, indem man billige Rohhäute (Schaf-, Büffelhäute) mit Tran einſchmiert und einwalkt und einige Zeit an der Luft liegen läßt. Durch Auspreſſen erhält man ſodann das Abfett als ein Fett, das infolge der Oxydation des Tranes in einen emulſionier-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

baren Zuſtand übergegangen iſt und ſich mit Waſſer zu einer mehr oder weniger konſiſtenten Maſſe miſcht. Dégras enthält im Durchſchnitt 10—20 % Waſſer. Urſprünglich wurde er als Nebenprodukt bei der Sämiſchgerberei (ſ. Leder) gewonnen. Er wird jetzt auch durch Oxydation von Tranen mit Hilfe von Oxydationsmitteln, wie Salpeterſäure, oder infolge Einblaſens warmer Luft erzeugt. *Päßler.*

Degummieren, die Befreiung der Rohſeide von dem anhaftenden Seidenleim und dem Farbſtoffe. Man erwärmt die Rohſeide mit ſtarker Seifenlöſung auf 90°, preßt dann aus und kocht mit ſchwacher Seifenlöſung. Die ſo behandelte Seide wird ſchließlich mit reinem, weichem Waſſer geſpült und dann getrocknet.

Dehnbarkeit (Duktilität). Alle ſtarren Körper erleiden durch Zug und Druck Formänderungen je nach dem Grade ihrer Härte. Die Formänderungen ſind entweder bleibende oder mit den einwirkenden Kräften verſchwindende. Im erſteren Falle heißen die Körper plaſtiſch (bildſam, knetbar), im letzteren Falle elaſtiſch. Verbindet ſich mit der Plaſtizität ein genügender Grad von Zähigkeit, von Widerſtreben der Teilchen gegen Trennung, ſo heißen die Körper duktil oder dehnbar.

Die Eigenſchaft der größeren oder kleineren Duktilität iſt von Stoff zu Stoff und auch in den verſchiedenen Zuſtänden desſelben Stoffs ſehr verſchieden. Zunächſt erſcheint die Duktilität als eine gewiſſe Funktion des Atomgewichts, das zeigt das periodiſche Syſtem der Elemente von Lothar Meyer und Mendelejeff; dann hängt dieſelbe von der Temperatur ab, meiſt derart, daß ſie mit ſteigender Temperatur wächſt (Eiſen und andre Metalle, Glas); ferner ändert ſie ſich durch die Bearbeitung, indem durch Hämmern, Walzen, Ziehen die Duktilität ab-, die Elaſtizität zuzunehmen pflegt; durch raſches Abkühlen nimmt die Duktilität ab, die Sprödigkeit zu; bei langſamem Abkühlen erhält ſich die Duktilität auch in der Kälte. — Sehr großen Einfluß haben oft kleine Verunreinigungen und Beimengungen andrer Stoffe, wie z. B. Kohlenſtoff, Schwefel, Silicium, Phosphor, bei Eiſen und Kupfer. Derſelbe Körper erſcheint je nach ſeiner Inanſpruchnahme auf Zug oder Druck (Ziehen oder Walzen) oder je nach der Geſchwindigkeit der Einwirkung (Hämmern) verſchieden duktil, ſo daß ſich eine Stufenleiter der Duktilität nicht ſicher angeben läßt, wie überhaupt ein beſtimmtes Maß für dieſe Eigenſchaft der Körper fehlt. Unter den Metallen ſind duktil: Gold (Blattgold bis unter 0,01 mm Dicke herſtellbar), Silber, Platin (weniger beim Hämmern und Walzen als beim Ziehen), Kupfer, Blei, Zinn, Aluminium, Zink, Eiſen u. a., während dagegen Antimon, Wismut, Chrom, Mangan, Wolfram u. a. ſpröde Metalle ſind. Ein ganz beſonderes Verhalten zeigt das Zink, das gegoſſen bei gewöhnlicher Temperatur ſpröde, bei 205° ſo ſpröde iſt, daß es ſich im Mörſer pulvern läßt. Dagegen zeigt es ſich bei 100—150° walzbar und bewahrt gewalzt auch nach dem Abkühlen Dehnbarkeit und Biegſamkeit. Aehnlich ſind Blei und Zinn nahe bei ihrem Schmelzpunkt ſpröde. Kupfer iſt kalt leichter zu ſchmieden als warm, und Glockenmetall verhält ſich umgekehrt wie der Stahl, es wird, glühend raſch abgekühlt, hämmerbar, langſam abgekühlt hart und ſpröde. Das Nähere über Dehnbarkeit ſ. bei den einzelnen Körpern, beſonders den Metallen und Legierungen. *Aug. Schmidt.*

Dehnung, in der allgemeinen Elaſtizitätslehre, die Aenderung der Entfernung zweier Punkte pro Einheit der anfänglichen Entfernung.

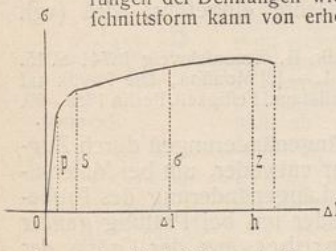
Dieſe Dehnungen ſind für beliebige Punkte nicht von der Wahl des Koordinatenſyſtems abhängig, ſondern nur von den Bewegungen der Punkte gegeneinander, von der wechſelnden Gruppierung derſelben; jede ſonſtige Bewegung der Gruppe iſt ohne Einfluß auf ſie. Vgl. Hauptverſchiebungen, Elaſtizitätslehre, allgemeine, und [4], §§ 5, 6. Dehnungsgeſchwindigkeiten heißen die Geſchwindigkeiten, mit welchen die Dehnungen vor ſich gehen [4], § 7. In der Elaſtizitätslehre hat man auch hinſichtlich gegebener Körperpunkte m die Dehnungen für alle unendlich benachbarten Körperpunkte n zu unterſuchen. Es zeigt ſich dann unter Vorausſetzung ſtetiger Veränderlichkeit mit der Richtung von n, daß die Dehnungen für drei zueinander ſenkrechte Richtungen Maxima und Minima erreichen [4], § 22. Dieſe beſonderen Dehnungen werden Hauptdehnungen genannt. Im allgemeinen ergibt ſich: Die Punkte n, die vor den Verſchiebungen auf einer unendlich kleinen Kugelfläche um m vom Radius 1 lagen, liegen nach denſelben auf der Oberfläche eines Ellipſoids, für das die Kugelhalbmeſſer der den Hauptdehnungen entſprechenden n die Halbachſen und je drei zueinander ſenkrecht geweſene Kugelhalbmeſſer konjugierte Halbmeſſer geworden ſind [1], § 22, [3], § 12, [4] § 27. Dieſe Ellipſoidfläche wurde Deformationsfläche [4], S. 71, und bei Beſchränkung auf verſchwindend kleine Verſchiebungen auch Deformationsellipſoid [2], S. 16, [3], S. 19 genannt. In der Elaſtizitätslehre (ſ. d.) werden übrigens meiſt die Dehnungen gleich den Normalverſchiebungen, alſo die Hauptdehnungen gleich den Hauptverſchiebungen (ſ. d.) geſetzt. Vgl. hierüber [4], § 32.

Literatur: [1] Winkler, Die Lehre von der Elaſtizität u. Feſtigkeit, Prag 1867, S. 13. — [2] Kirchhoff, Vorleſungen über mathematiſche Phyſik, Mechanik, Leipzig 1877, S. 96. — [3] Grashof, Theorie der Elaſtizität und Feſtigkeit, Berlin 1878, 16. — [4] Weyrauch, Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1884, S. 10, 58, 66, 71, 83. — [5] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1885, S. 50 u. f. — [6] Neumann, Vorleſungen über die Theorie der Elaſtizität, Leipzig 1885, S. 37. — [7] Poincaré, Leçons sur la théorie de l'Elasticité, Paris 1892, p. 3. — [8] Helmholtz, Vorleſungen über theoret. Phyſik, II. Dynamik kontinuierlich verbreiteter Maſſen, Leipzig 1902, S. 9. *Weyrauch.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dehnung in der Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre. Wenn ein prismatiſcher Stab der anfänglichen Länge l durch eine gleichmäßig über ſeinen Querſchnitt verteilte ruhende oder ganz allmählich anwachſende Kraft P parallel der Stabachſe gezogen wird, ſo erleidet er eine Verlängerung Δl, deren Wert pro Einheit der anfänglichen Länge $\lambda = \frac{\Delta l}{l}$ die ſpezifiſche Längenänderung oder Dehnung des Stabes durch die Kraft P genannt wird.

Dieſe Dehnung iſt für techniſch wichtige Materialien (Schweißeiſen, Flußeiſen, Stahl) innerhalb gewiſſer Grenzen annähernd proportional der wirkenden Kraft pro Einheit des urſprünglichen Querſchnitts F, d. h. proportional der Stabſpannung $\sigma = \frac{P}{F}$. Der Proportionsfaktor E in $\sigma = E\lambda$ für elaſtiſche Dehnungen, nämlich für ſolche, die nach Entfernung der Kräfte P verſchwinden (im Gegenſatze zu bleibenden Dehnungen) heißt Elaſtizitätsmodul (ſ. d.). Neuerdings wurde empfohlen, anſtatt des Elaſtizitätsmoduls E ſeinen reziproken Wert, den „Dehnungskoeffizienten“ $\varepsilon = 1/E$ aus $\lambda = \varepsilon\sigma$ in der Technik zu verwenden, wodurch die wichtige Verhältniszahl zwiſchen λ und σ gleich der Längenänderung pro Längeneinheit Stab und ſo dem tatſächlichen Verhalten des Materials entſprechend definiert ſei, ihre Größe, weil mit den elaſtiſchen Formänderungen wachſend, zugleich ein Maß der Elaſtizität bilde, und Analogie zwiſchen ε und dem linearen Ausdehnungskoeffizienten α beſtehe (ſ. Dehnungskoeffizient und [8], S. 4). Jedoch iſt die Einführung von E meiſt bequemer und ſie ſchließt nicht aus, beliebige Ausſagen auch über den Bruch $\varepsilon = 1/E$ zu machen. Oberhalb der „Proportionalitätsgrenze“ wachſen die Dehnungen λ ſtärker, als der Proportionalität mit den Spannungen σ entſpräche, und bei Erreichung eines Wertes $\sigma = s$ tritt eine verhältnismäßig raſche und ſtarke Verlängerung ohne weſentliche Aenderung von σ, ein Strecken des Stabes, ein, weshalb s die Streckgrenze genannt wird. Den größten Widerſtand $\sigma = z$ leiſtet der Stab kurz vor Eintritt des Bruches, worauf noch vor letzterem, infolge Störung der Kohäſion, eine Abnahme eintreten kann. Trägt man in geeigneten Maßſtäben die P oder σ als Ordinaten bei den entſprechenden Δl oder λ als Abſziſſen an, ſo läßt die entſtehende Kurve dieſe Verhältniſſe überſehen (in Figur verzerrt angedeutet); doch ſind die charakteriſtiſchen Stellen nicht immer gleich deutlich ausgeprägt, wie ſie überhaupt nur für gewiſſe Materialien gelten und z. B. für Gußeiſen weder eine Proportionalitätsgrenze noch eine Streckgrenze exiſtiert (vgl. Zugelaſtizität). Durch Hämmern, Walzen, Härten, Ausglühen u. ſ. w. laſſen ſich weſentliche Aenderungen der Dehnungen wie der übrigen Feſtigkeitseigenſchaften erreichen, auch die Querſchnittsform kann von erheblichem Einfluſſe ſein [4], [6], [11]. Kurz vor dem Bruche, nach Erreichung des größten Widerſtands z pflegt unter deutlicher Querſchnittsverminderung an der Bruchſtelle (Kontraktion, Einſchnürung) eine entſprechende lokale Verlängerung daſelbſt einzutreten, ſo daß die Bruchdehnung aus zwei Teilen beſteht, von welchen der eine der Stablänge nahezu proportional, der andre faſt unabhängig von ihr iſt. Die vergleichende Beurteilung von Bruchdehnungen verſchiedener Stäbe kann alſo nur unter Berückſichtigung der Längen und Querſchnitte erfolgen, weshalb die „Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konſtruktionsmaterialien“ auch Beſtimmungen über die Dimenſionen der Probeſtäbe getroffen hat [4], 21, S. 1; 23, S. 95. Die Bruchdehnung δ wird gewöhnlich in Prozenten der urſprünglichen Länge angegeben, ſo daß $\delta = 100\frac{\Delta l}{l} = 100\lambda$, und zwar gemeſſen nach dem Bruche, während die wirkliche Bruchdehnung um den Betrag der elaſtiſchen Dehnung größer iſt.



Greifen wir einzelne Beiſpiele heraus. Bei je 30 Verſuchen mit Eiſenſtäben aus I-Trägern 15 deutſcher Normalprofile des Neunkirchener Eiſenwerks fand Tetmajer folgende Mittelwerte [2], 3, S. 142:

		Schweißeiſen		Thomasflußeiſen		
		Flanſche	Steg	Flanſche	Steg	
Elaſtizitätsmodul	$E =$	2 035 100	2 053 100	2 110 900	2 099 900	kg pro qcm
Proportionalitätsgrenze . .	$p =$	1 440	1 390	2 310	2 510	„ „ „
Streckgrenze	$s =$	2 440	2 360	2 800	3 210	„ „ „
Zugfeſtigkeit	$z =$	3 760	3 460	4 240	4 690	„ „ „
Bruchdehnung auf $l = 10$ cm	$\delta =$	25,7	11,8	32,6	29,9	Prozent
„ „ $l = 20$ „	$\delta =$	22,3	10,7	26,3	24,1	„
Kontraktion	$c =$	32,7	16,2	57,4	52,0	„
Arbeitskapazität (ſ. d.) . . .	$\alpha =$	0,91	0,36	1,27	1,31	„

Da man annimmt, daß das Material auch allgemein um ſo größere bleibende Formänderungen zuläßt, je größer die Dehnung und Kontraktion beim Bruche ſind, was bei genügend hoher Feſtigkeit und Proportionalitätsgrenze gegen ruhende Belaſtung günſtig für die Widerſtandsfähigkeit gegen die wirklichen Beanſpruchungen der Baukonſtruktionen iſt, ſo werden bei Lieferungsbedingungen gewöhnlich neben Grenzwerten der Zugfeſtigkeit auch Minimalwerte der Bruchdehnung oder Kontraktion oder beider vorgeſchrieben [5]. Auch bei Beurteilung des Materials auf Grund der Arbeitskapazität (ſ. d.) und der Qualitätszahlen (ſ. d.) ſpielt neben der Zugfeſtigkeit meiſt die Bruchdehnung eine Rolle [3], § 16.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Es war oben nur von ziehenden Kräften P und Spannungen $\sigma = \frac{P}{F}$ die Rede. In weiterem Sinne ſpricht man von Dehnungen auch, wenn die P, σ drückend wirken. Sind Zug und Druck gleichzeitig zu behandeln, ſo pflegen ziehende P, σ als poſitiv, drückende P, σ als negativ eingeführt zu werden, während die Längenänderungen Δl und Dehnungen $\lambda = \frac{\Delta l}{l}$ als poſitiv oder negativ gelten, je nachem ſie Verlängerungen oder Verkürzungen bedeuten (vgl. Dehnung in der allgemeinen Elaſtizitätslehre). Der Streckgrenze bei ziehenden P entſpricht die Stauchgrenze (Quetſchgrenze) bei drückenden P. Beide werden auch Fließgrenze genannt (vgl. Fließen feſter Körper).

S. a. Zerreißverſuch, Zugelaſtizität, Druckverſuch, Druckelaſtizität, Elaſtizitätsgeſetz, Elaſtizitätsmodul.

Literatur: [1] Conſidère, Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions, Paris 1885, p. 8 (deutſche Ausg., Wien 1888, S. 7). — [2] Tetmajer, Mitteilungen u. f. w., Zürich, Heft 3, 1886, S. 4; Heft 4, 1890, S. 30. — [3] Weyrauch, Die Feſtigkeitseigenſchaften und Methoden der Dimenſionenberechnung von Eiſen- und Stahlkonſtruktionen, Leipzig 1889, S. 41, 89. — [4] Baufchingers Mitteilungen u. f. w., München, Heft 21, 1892; Heft 22, 1894; Heft 23, 1895. — [5] Normalbedingungen für die Lieferung von Eiſenkonſtruktionen für Brücken- und Hochbau, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1893, S. 364 (f. a. „Hütte“ 1902, I, S. 488). — [6] Martens, Handbuch der Materialienkunde für den Maſchinenbau, I, Berlin 1898, S. 17, 82 u. f. w. — [7] Foeppl, Vorleſungen über techniſche Mechanik, III, Feſtigkeitslehre, Leipzig 1900, S. 46, 402. — [8] Bach, Elaſtizität und Feſtigkeit, die für die Technik wichtigſten Sätze und deren erfahrungsgemäße Grundlage, Berlin 1902, S. 3 (1. Aufl., 1889—90). — [9] Derſ., Zum Begriff „Streckgrenze“, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1904, S. 1040, und 1905, S. 615. — [10] v. Tetmajer, Die angewandte Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre, Leipzig und Wien 1904, S. 8, 184. — [11] Thallner, Konſtruktionsſtahl, ein praktiſches Handbuch über die Feſtigkeitseigenſchaften von Stahl und Eiſen, Freiberg 1904. — [12] Handbuch der Architektur, Erſter Teil, Bd. 1, Heft 1: Die Technik der wichtigſten Bauſtoffe, Stuttgart 1905, S. 235.

Weyrauch.

Dehnungsgeſchwindigkeit, f. Dehnung in der allgemeinen Elaſtizitätslehre.

Dehnungskoeffizient (auch Dehnungsquotient [1] oder Elaſtizitätskoeffizient [3]), der reziproke Wert $^1/_E$ des Elaſtizitätsmoduls E (f. d.), der häufig, beſonders ſeit dem Vorgehen von Bach [4], anſtatt des Elaſtizitätsmoduls in die Beziehungen der Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre eingeführt wird (vgl. Dehnung in der Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre).

Literatur: [1] Buff, Lehrbuch der phyſikaliſchen Mechanik, II, Braunſchweig 1874, S. 15. — [2] Kurz, Taſchenbuch der Feſtigkeitslehre, Berlin 1877, S. 1. — [3] Mouſſon, Die Phyſik auf Grundlage der Erfahrung, I, Zürich 1879, S. 204. — [4] Bach, Elaſtizität und Feſtigkeit, Berlin 1889—90, S. 3; 4. Aufl. 1902, S. 4.

Weyrauch.

Dehnungsmeſſer dienen zur Ermittlung der Längenänderungen durch Zug- oder Druckbelaſtungen beanſpruchter Stäbe, und zwar entweder, um bei Materialprüfungen die Beziehungen zwiſchen Belaſtung und Längenänderung des Probeſtabes, nötigenfalls bis zum Bruch, zu beſtimmen, oder um bei Prüfung ganzer Konſtruktionen, beſonders Brücken (f. Belaſtungsprobe), aus der Größe der Dehnungen einzelner Glieder auf deren Beanſpruchung durch die Betriebslaſt ſchließen zu können.

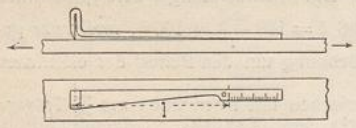


Fig. 1. Anlegemaßſtab nach Martens.

Bei hinreichend großen Meßlängen oder wenn es ſich, wie bei den meiſten Feſtigkeitsunterſuchungen, um die Beſtimmung der Dehnung nach Ueberſchreitung der Streckgrenze (f. Zerreißverſuch) handelt, werden die Meſſungen durch Anlegen eines Maßſtabes oder durch Abgreifen der Entfernung von zwei auf der Probe feſtgelegten Marken von bekanntem urſprünglichen Abſtande mittels eines Zirkels hinreichend genau durchgeführt werden können. Zur Unterſuchung der elaſtiſchen Eigenſchaften des Materials oder der elaſtiſchen Spannungen in Brückengliedern reicht die Feinheit derartiger einfacher Meßverfahren indeſſen nicht aus; das Maß der Längenänderung iſt vielmehr hierzu entweder durch das Meßwerkzeug auf mechaniſchem Wege in vielfacher Vergrößerung anzuzeigen oder mit Hilfe von Mikrometerſchrauben, optiſcher Inſtrumente, Spiegelapparate und Kathetometer zu beſtimmen.

Martens [1] hat dem Anlegemaßſtab für Flachſtäbe die ſehr handliche Form Fig. 1 gegeben. Der aus dünnem Blech gebogene Stab wird mittels Schneide gegen die Probe gelegt und nötigenfalls mittels Drahtklemme angedrückt. l iſt die Meßlänge. Die Teilung wird entweder in Millimetern oder in Prozenten der Meßlänge ausgeführt und die Dehnung in Zehntel der Teilung geſchätzt. Eine feinere Ausbildung des Anlegemaßſtabes iſt der Schleppmaßſtab mit Noniusableſung (Fig. 2). Derſelbe beſteht aus einem ſauber geteilten Maßſtab, der, gegen ſeitliche Verſchiebung geſichert, in einer genuteten Schiene ruht. Das freie Ende des Maßſtabes ſowie das abgewendete Ende der Schiene tragen Spannbügel, die mittels Schneiden in den die Meßlänge begrenzenden Querſchnitten an den Verſuchsſtab angeſetzt und feſtgeſchraubt werden. Dehnt ſich der letztere, ſo verſchiebt ſich der Maßſtab längs der Nute, und die Größe

der Dehnung kann an einem Nonius abgeleſen werden, der am Ende der Schiene über der Teilung des Maßſtabes angebracht iſt [2]. Die mechaniſche Vergrößerung der Dehnungsanzeige erfolgt in der Regel mittels einer Rolle und eines auf deren Achſe ſitzenden Zeigers, deſſen Ende ſich über einer Kreisteilung bewegt und zum ſchärferen Ableſen häufig mit Nonius verſehen iſt. Derartige Vorrichtungen werden Rollenapparate genannt. Bei dem Apparat von Stromeyer [3] zur Prüfung von Flachſtäben iſt die Rolle in Form einer feinen Nadel zwiſchen zwei ſich übergreifende ſchmale Flacheiſen gelegt, deren einander abgewendete Enden mittels Körnerſpitzen in den Endmarken der Meßlänge am Probeſtab feſtgelegt ſind. Iſt d = Rollendurchmeſſer, l = Zeigerlänge, ſo iſt das Ueberſetzungsverhältnis n = Dehnung zu der von der Zeigerſpitze beſchriebenen Bogenlänge $= \frac{d}{2l}$. Dieſer Wert iſt indes nur angenähert richtig, indem auch der Drehpunkt des Zeigers ſich mit der Rolle in Richtung der Dehnung verſchiebt. Gebräuchlicher iſt es, die Rollen zwiſchen Spitzen laufen zu laſſen, die Spitzenträger in dem einen Ende der Meßlänge an dem Stabe feſtzulegen und die Drehung der Rolle entſprechend der Stabdehnung dadurch zu bewirken, daß eine Blattfeder gegen die Rolle gedrückt oder eine geſpannte Schnur um letztere geſchlungen wird. Das Ende der Feder oder der Schnur iſt dann an dem zweiten Ende der Meßlänge mit dem Probeſtabe verbunden. Derartige Vorrichtungen ſind der „Kreiszeigerapparat“ von Baufchinger [4] und der Dehnungsmeſſer Thomaſſet-Veritas [2], [5], [6]. Bei dieſen Vorrichtungen verhält ſich die von der Zeigerſpitze beſchriebene Bogenlänge zur Verlängerung des Stabes beim Arbeiten mit Blattfedern wie die Länge des Zeigers zum Halbmeſſer der Rolle. Beim Schnurantrieb kommt zum Rollenhalbmeſſer die halbe Schnurdicke hinzu. Kann die Antriebsſchnur aus irgend welchen Gründen nicht einfach über die Rolle gelegt und am Ende belaſtet werden, ſo iſt ſie an der Rolle zu befeſtigen und um dieſe herumzuſchlingen. Die Schnur läuft dann beim Verſuch von der Rolle ab. Der Ablaufpunkt bewegt ſich hierbei auf einer Schraubenlinie ſtatt auf dem Kreiſe und in der Längsrichtung der Rolle, was die Meſſung beeinflußt. Die Fehlergröße nimmt mit wachſender Meßlänge (freie Schnurlänge) ab. Um den Fehler ganz zu beſeitigen, empfiehlt ſich die Anordnung wie bei dem Apparat von Boley [7]. Hier iſt die Schnur oder das an ihrer Stelle benutzte feine Meßband in einiger Entfernung von der Rolle bei a gegabelt und mit beiden Gabelenden an der Rolle befeſtigt (Fig. 3). Der Ablauf erfolgt nun zwar ebenfalls nach der Schraubenlinie; der Einfluß bleibt aber konſtant, ſo daß er bei Berechnung des Ueberſetzungsverhältniſſes berückſichtigt werden kann. — An Stelle der Rollen werden auch Hebel (Fühlhebel) zur Uebertragung der Dehnung in eine Zeigerbewegung verwendet. Beim Dehnungsmeſſer von Kennedy (Fig. 4 und 5) ruht der Träger der Kreisteilung an dem einen Ende mit der Körnerſpitze k auf dem Probeſtabe, an dem andern Ende trägt er, in Spitzen drehbar, den Bügel D, der mit der Spitzenſchraube G auf dem Stabe aufliegt und den Halter des durch ein Gegengewicht C ausgeglichenen Zeigers F bildet. An Stelle der Rolle iſt hier alſo ein ſenkrecht ſtehender Hebel angewendet, deſſen kurzer Arm gleich derjenigen Länge iſt, um welche die Spitze der Schraube G (Fig. 5) über die Verbindegrade zwiſchen den Drehpunkten des Bügels D hinausragt und deſſen langer Arm als Zeiger ausgebildet iſt [2], [8], [9].

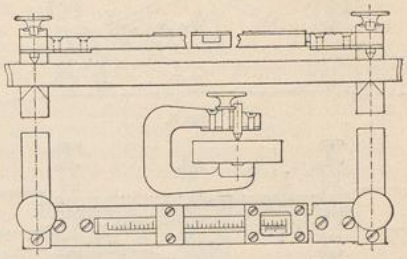


Fig. 2. Schleppmaßſtab mit Noniusableſung.

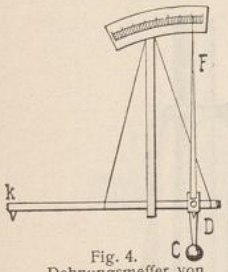


Fig. 4. Dehnungsmeſſer von Kennedy.

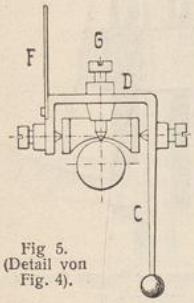


Fig 5. (Detail von Fig. 4).

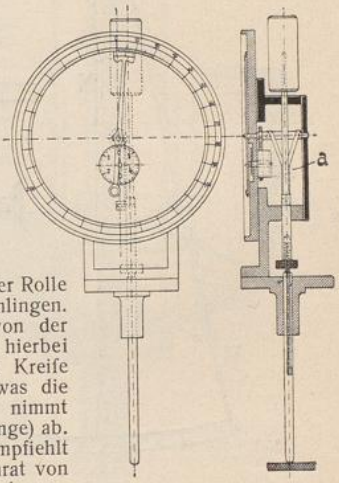


Fig. 3. Dehnungsmeſſer von Boley.

Einen zweiten Dehnungsmeſſer von Kennedy zeigen Fig. 6—8 [10], [11]. Die in Körnermarken (Abſtand gleich Meßlänge) an den Probeſtab angeſchraubten Bügel B^1 und B^2 tragen, mittels dünner Stahlbleche F an die Arme D^1 und D^2 angelenkt, die leichten Dreieckrahmen E^1 und E^2, die mit den Enden auf B^2 und B^1 aufliegen. Rahmen E^1 trägt das mit der Schraube H einſtellbare Gleitſtück G und dieſes die kleine Stahlpfanne J, die ſo mit der einen Endmarke der Meßlänge verbunden iſt. An dem Rahmen E^2 iſt ſeitwärts die Stahlbandfeder K befeſtigt, die am freien Ende gegenüber von J eine ſchalenförmige Vertiefung beſitzt. Sie kann ſich ſenkrecht zum Probeſtab etwas bewegen und macht längs zu ihm die Bewegung des Rahmens mit. Beim Dehnen des Stabes bewegen ſich J und K um den Betrag der Dehnung gegeneinander. Dieſe Bewegung wird auf den ausgeglichenen Hebel M übertragen, der mit den

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

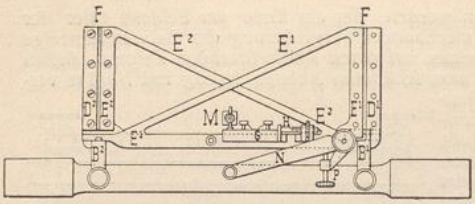
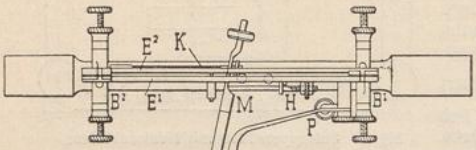


Fig. 6.



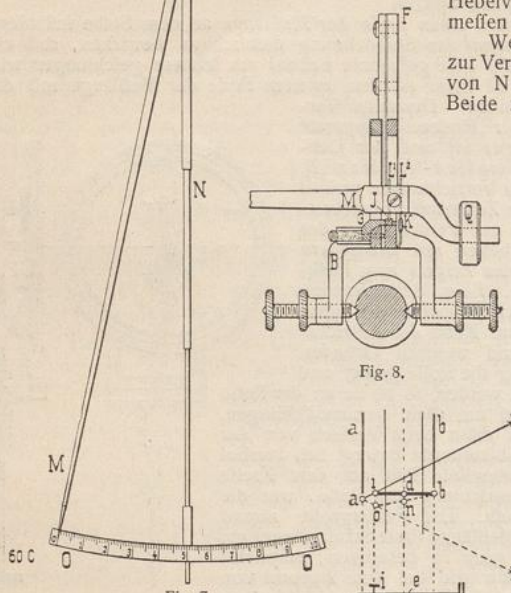


Fig. 7.

Fig. 6—8. Dehnungsmeſſer von Kennedy.

beiden Nadeln L^1 und L^2 in J und K geſtützt iſt, und von ihm in hundertfacher Vergrößerung auf der Skala O angezeigt. Letztere wird an dem Arm N von dem Bügel B getragen und iſt an der Schraube P einſtellbar. Vorzüge dieſes Apparates ſind: bequeme Handhabung, Verwendbarkeit für Stäbe von den verſchiedenſten Querſchnittsabmeſſungen, ſowie daß die Ableſungen weder durch toten Gang noch durch Biegungsſpannungen im Stabe beeinflußt werden. — Martens hat dem erſtgenannten Apparat von Kennedy die Form Fig. 9 gegeben [12]. Dieſer Apparat hat ſich bei dem Ueberſetzungsverhältnis von annähernd 1 : 100 gut bewährt zur Beſtimmung der Streckgrenze nach der bleibenden Dehnung (ſ. Zerreißverſuch). Das genaue Ueberſetzungsverhältnis iſt empiriſch feſtzuſtellen, da das Hebelverhältnis nicht mit Sicherheit ausgemeſſen werden kann.

Weitere Apparate mit Hebelübertragung zur Vergrößerung der Dehnungsanzeige ſind die von Neel-Clermont und von Henning. Beide ſind zugleich mit Schaulinienzeichnern

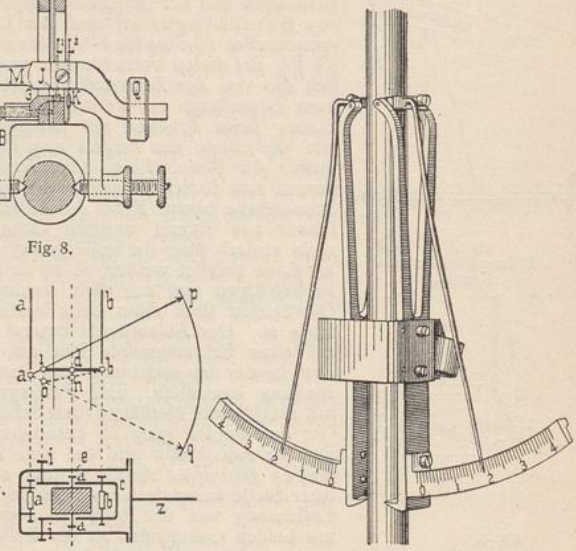


Fig. 8.

Fig. 10. Dehnungsmeſſer von Neel-Clermont.

Fig. 9. Dehnungsmeſſer von Kennedy-Martens.

verſehen, die den Verlauf der Dehnung mit wachſender Belaſtung aufzeichnen. Bei dem Dehnungsmeſſer von Neel-Clermont [13], [14] wird an den ſenkrecht hängenden Stab im oberen Endquerſchnitt der Meßlänge ein Bügel angeſchraubt, von dem einander diametral gegenüber zwei Federn a und b (Fig. 10) nach unten führen. An b hängt der Rahmen c in Spitzenſchrauben, der bei d drehbar mit dem Probeſtab verbunden iſt. An der Feder a hängt der Rahmen e, der bei i wieder in Spitzenſchrauben an dem Rahmen c ſchwingt und nach rechts in den Zeiger z ausläuft. Dehnt ſich der Stab um $\lambda = dn$, ſo geht i nach o und der Zeiger z von p nach q. Das Ueberſetzungsverhältnis berechnet ſich wie folgt:

Es verhält ſich $dn : io = bd : bi$; ferner $io : pq = ai : ap$. Hieraus ergibt ſich durch Multiplikation $\frac{dn}{io} \cdot \frac{io}{pq} = \frac{bd}{bi} \cdot \frac{ai}{ap}$ oder $\frac{dn}{pq} = \frac{bd}{bi} \cdot \frac{ai}{ap}$. Macht man $bd = di$, ſo iſt $bd : bi = 0{,}5$. Das Verhältnis $ai : ap$ iſt meßbar, es ſei gleich v. Setzt man ferner $pq = A$ (Ableſung) und $dn = \lambda$, ſo iſt $\lambda : A = 0{,}5\,v$.

Zur Aufzeichnung der Dehnung iſt in der Bewegungsebene des Schreibſtiftes am Zeiger z eine berußte Glasſcheibe in einem pendelnd aufgehängten Rahmen angeordnet. Letzterer kann durch einen Elektromagneten aus ſeiner Ruhelage herausgezogen werden, wobei der Schreibſtift kurze Querſtriche zu dem von ihm beſchriebenen Bogen zeichnet. Die Betätigung des Elektromagneten ſoll bei ſtufenweiſer Laſtſteigerung bei jeder Stufe durch einen mit dem Laſthebel verbundenen Tauchkontakt erfolgen. Bei gleichgroßen Laſtſtufen iſt dann die Lage der Streckgrenze aus der zunehmenden Entfernung der verzeichneten Querſtriche voneinander zu erkennen. Von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der geritzten Rußſchicht kann zur dauernden Feſtlegung des Ergebniſſes ein Lichtbild gefertigt werden. Zur Beſtimmung der Streckgrenze dürfte dieſer ſinnreiche Apparat wohl geeignet ſein, wobei allerdings die Bewegung des Meßpunktes *d* am Probeſtabe gegen die Schreibtafel zu beachten bleibt. Zuverläſſige Dehnungsmeſſungen dürfte der Apparat dagegen nicht geſtatten, zumal bei jedesmaligem Anſetzen an den Stab nicht nur der Zeiger *z* vom Bügel *e* entfernt und die Schrauben *d* gelöſt werden müſſen, ſondern auch die Schrauben *i* ebenfalls zu löſen ſind. Hiermit iſt die Gefahr verbunden, daß nicht nur Zwang in den Apparat hineinkommt, ſondern auch das Hebelverhältnis ſich in unkontrollierbarer Weiſe ändert [14]. — Der Dehnungsmeſſer oder Arbeitszeichner von Henning [1], [15], [16] zeichnet den Verlauf der Dehnung λ auf eine papierbelegte Schreibtrommel auf und zwar bis zu $\lambda = 2{,}5$ mm in zehnfacher Vergrößerung, bei ſtärkerer Dehnung in natürlicher Größe. Der Apparat (Fig. 11) wird mit zwei aufklappbaren Rahmen an den Probeſtab angeſchraubt. Die Schraubenmuttern ſind von im Rahmen liegenden Federn getragen, die beim Reißen des Stabes nachgeben ſollen, ſo daß der Apparat auf dem Stabe gleitet und durch den Stoß nicht beſchädigt wird. Zur Führung beider Rahmen beim Dehnen des Probeſtabes gegeneinander dienen auf den unteren Rahmen aufgeſetzte Rohre, in denen vom oberen Rahmen ausgehende Stangen gleiten. Der untere Rahmen trägt ſeitwärts (rechts oder links) die Schreibtrommel, ferner zwei Stangen, auf die eine Platte mit dem Zeigerwerk aufgeſchoben iſt. Der Schreibhebel des Zeigerwerkes iſt durch eine Stange mit dem oberen Rahmen verbunden. Beim Verſuch bleibt die Platte mit dem Zeigerwerk unter ihrem Eigengewicht ſo lange auf ihrer Unterſtützung ruhen, bis der Schreibhebel, welcher der Dehnung entſprechend angehoben wird, ſich unter das rechtwinklig gebogene Ende eines mit der Platte verbundenen Stiftes legt und die Platte mitnimmt. Die Dehnung wird von da ab nur in natürlicher Größe verzeichnet. Die Drehung der Trommel erfolgt entſprechend der Laſtſteigerung, und zwar bei Maſchinen mit Laufgewicht von dieſem aus durch Schnurzug ſelbſttätig. — Bei dem Dehnungsmeſſer von Bach [17] ſind Fühlhebel mit Rollen vereinigt, indem die Dehnung zunächſt auf den kurzen Arm eines zweiarmigen geraden Hebels übertragen wird, deſſen langer Arm die Rolle mit dem Zeiger betätigt (Fig. 12). Die Apparate ſind für ſenkrecht ſtehende Probeſtäbe beſtimmt, und zwar werden gleichzeitig deren zwei, diametral gegenüberſtehend, verwendet. Sie werden durch die Ringe *A* und *B* mit dem Stab verbunden, die mit Spitzenſchrauben in den Endquerſchnitten der Meßlänge angebracht werden. Der obere Ring trägt das Hebel- und Zeigerwerk mit den Drehpunkten bei *E* und *G*. Von dem unteren Ring aus wirkt je eine ſenkrecht ſtehende Stange *C*, deren Länge durch eine Schraube bei *B* geregelt werden kann, auf das Hebelende *D*. Die Uebertragung der Bewegung des andern kreisbogenförmigen Hebelendes *F* auf die Rolle *G* erfolgt durch ein zwiſchengeſchaltetes dünnes Metallband.

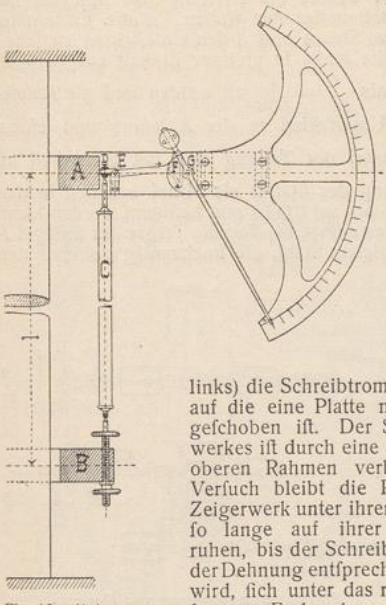
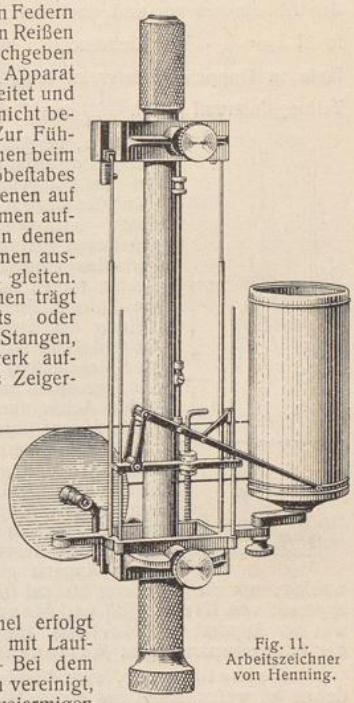


Fig. 12. Dehnungsmeſſer von Bach.


Fig. 11. Arbeitszeichner von Henning.

Mikrometerſchrauben werden zu Dehnungsmeſſungen verwendet, indem man die Schraubenmutter mit der Achſe parallel zur Meßlänge in deren einen Endmarke befeſtigt und in der zweiten Endmarke das Stück mit der Meßfläche anbringt, gegen welche die Mikrometerſchraube beim Meſſen zur Anlage gebracht wird. Um hierbei ſtets möglichſt gleichen Druck anzuwenden, ſchaltet man den Apparat derart in einen elektriſchen Stromkreis ein, daß der Strom geſchloſſen iſt, ſobald die Schraubenſpitze die Meßfläche berührt, wobei ein Galvanometer den Stromſchluß anzeigt. Da die Achſe der Mikrometerſchraube von dem Probeſtabe mindeſtens um den Halbmeſſer der Ableſetrommel entfernt iſt, ſo wird die Meſſung leicht durch Verbiegen des Probeſtabes beeinflußt. Zu genauen Beobachtungen hat man daher gleichzeitig drei Mikrometerſchrauben zu verwenden, die, um 120° gegeneinander verſetzt, um den Stab herum anzuordnen ſind. Die Meſſung wird hierdurch außerordentlich umſtändlich. Beſonders verbreitet ſind Dehnungsmeſſer mit Mikrometerſchrauben in Amerika, wo ſie vornehmlich von Riehlé Bros.-Philadelphia und Tinius Ohlſen gefertigt werden [1].

Spiegelapparate ſind Meßvorrichtungen, bei denen die Formänderung des Probeſtabes in Drehung eines Spiegels umgeſetzt und die Tangente des doppelten Drehungswinkels als Maß der Dehnung mit Hilfe eines Ableſefernrohres mit Fadenkreuz beobachtet wird. Das

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fernrohr wird zu Beginn des Verſuches ſo auf den Spiegel gerichtet, daß der eine Faden des Kreuzes mit der Drehachſe des Spiegels zuſammenfällt und letzterer das Bild einer zu ſeiner Drehachſe ſenkrecht ſtehenden Skala in das Fernrohr reflektiert. Um die von etwaigen Verbiegungen des Stabes herſtammenden Fehler auszugleichen, werden in der Regel gleichzeitig zwei ſolcher Spiegelapparate benutzt, mit denen die Dehnungen an zwei gegenüberliegenden Seiten des Stabes gemeſſen werden. Bei dem Apparat von Baufchinger [2], [18], geliefert von Klebe-München (Fig. 13), ſind die Spiegelträger in zwei Spitzen drehbar an einem kleinen Parallelſchraubſtock p untergebracht, der in dem einen Endquerſchnitt der Meßlänge l mittels Schneiden an den Probeſtab angeſchraubt wird. Seitlich von letzterem tragen die Spiegelträger konzentriſch mit ihren Drehachſen Rollen r aus Hartgummi. Gegen dieſe legen ſich, wie bei den vorbeſchriebenen Rollenapparaten, Blattfedern f, welche die Drehung des Spiegels bei Dehnung des Stabes bewirken. Bezeichnet r den Halbmeſſer der Rollen, R die Entfernung der Ableſeſkala vom Spiegel, λ die Längenänderung des Stabes und A den Unterſchied zwiſchen den Ableſungen vor und nach der Belaſtung, ſämtliche Maße in gleicher Einheit ausgedrückt, ſo iſt $\lambda = \frac{r}{R} \cdot \frac{A}{2}$. Gebräuchlich iſt es, das Verhältnis $\frac{r}{R} = \frac{1}{500}$ zu wählen und die Ableſeſkala in Doppelmillimeter zu teilen. Dann iſt der Unterſchied in der Ableſung von einem Teilungsintervall gleich $\frac{1}{500}$ mm Dehnung. Die Zehntel der Teilung ſind mit Sicherheit zu ſchätzen, ſo daß die Formänderung des Stabes als Mittel aus den beiden gleichzeitig erhobenen Ableſungen bis auf 0,0001 mm beſtimmt werden kann. Bei dem Spiegelapparat von Martens (Fig. 14) ſind die Träger der Spiegel P Parallelepipede p und p' aus gehärtetem Stahl, die hochkantig zwiſchen den durch Spannfedern zuſammengehaltenen Blattfedern f und dem Probeſtabe eingeſetzt werden. Ihre Achſen tragen an den Hülſen H die Spiegelhalter b. Die Einſtellung der Spiegel erfolgt um die ſenkrechte Achſe (Drehpunkte am Spiegelhalter) durch Verſtellen der Schraube S und um die wagerechte Achſe durch Drehen der Hülſe H auf ihrer Achſe. Das Ueberſetzungsverhältnis iſt bei dieſem Apparat gleich dem Verhältnis der Breite des Parallelepiped zum doppelten Abſtande des Spiegels von der Ableſeſkala. Es iſt wie bei dem Baufchingerſchen Apparat gleich 1 : 500 zu wählen, um die Dehnung bis auf 0,0001 mm zu beobachten [1], [2], [12], [19]. Die Spiegelapparate von Kirſch [20] und Henning [21], [22] beruhen auf demſelben Prinzip der Meſſung wie der Apparat von Martens. Eingehende Erörterungen über die Theorie und Fehlerquellen der Spiegelapparate gibt Martens in ſeinem Handbuch, S. 48—59 [1].

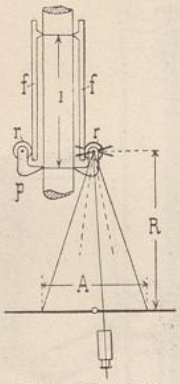


Fig. 13. Schema des Spiegelapparates von Baufchinger.

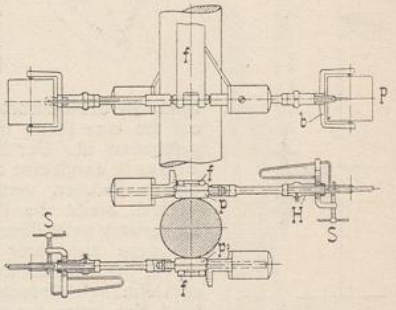


Fig. 14. Spiegelapparat von Martens.

Kathetometer, eine Verbindung des linearen mit dem optiſchen Meßverfahren, beſtehen im weſentlichen aus einem feingeteilten Lineal und zwei Fernrohren, die auf erſterem von Hand oder zur feineren Einſtellung mittels Schrauben der Dehnung des Probeſtabes entſprechend verſchoben werden, ſo daß die Fadenkreuze der Fernrohre ſich mit den zugehörigen Endmarken decken, welche die Meßlänge auf dem Probeſtabe abgrenzen. Die Stellung der Fernrohre zum Lineal wird an Nonien abgeleſen, die mit den Fernrohrhaltern verbunden ſind. Um die Feinheit der Meſſung zu erhöhen, ſind unter den Okularen der Fernrohre mikroſkopiſch geteilte Glasplatten eingelegt, die von außen durch Mikrometerſchrauben in der Richtung der Stabachſe verſchoben werden können, wobei das Maß dieſer Verſchiebungen an geteilten Trommeln abzuleſen iſt. Bei der Benutzung ſind derartige Apparate ſorgfältig gegen Wärmeeinflüſſe zu ſchützen, um Verbiegungen des Lineals zu vermeiden, welche die Richtigkeit der Meſſungen beeinträchtigten.

Dehnungs- oder Spannungsmeſſer zur Unterſuchung der Inanſpruchnahme einzelner Glieder eines Bauwerkes meſſen die innerhalb einer beſtimmten Länge l durch die Betriebslaſt erzeugte Längenänderung λ, und aus dieſer wird, ſelbſtverſtändlich unter der Vorausſetzung, daß die Spannung ſtets unterhalb der Elaſtizitätsgrenze bleibt, auf die ſtattgehabte Spannung σ geſchloſſen. Unter der Annahme eines beſtimmten Elaſtizitätsmoduls E für das Material iſt dann $\sigma = E \frac{\lambda}{l}$. — Einzelne Dehnungsmeſſer ſind von dem Geſichtspunkt aus entworfen, die Spannung unmittelbar ableſen zu können, z. B. der Apparat von Bahlke (ſ. unten). Zu dieſem Zweck ſind die Teilungen zur Ableſung der Anzeigen des Apparates nicht nach Längenmaßen vorgenommen, ſondern nach Spannungswerten, und zwar legt Bahlke der Berechnung der Teillängen nicht einen allgemein üblichen Wert für E zugrunde, ſondern einen Wert, deſſen Größe durch Prüfung eines oder mehrerer aus dem Bauwerk herausgenommener Glieder auf ihr elaſtiſches Verhalten zuvor feſtgeſtellt und dann als Mittelwert für das geſamte Material des betreffenden Bauwerkes angenommen iſt [23], [24]. Einen beſonderen Vorteil bietet dieſe Teilungsweiſe gegenüber derjenigen nach Längenmaßen nicht, da es nicht umſtändlicher

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

iſt, die letzteren für ein gegebenes E im voraus umzurechnen und die Rechnungsergebniſſe zur Benutzung beim Gebrauche des Apparates tabellariſch zuſammenzuſtellen, als für jedes ermittelte E eine neue Teilung anzubringen [25]. Die zur Uebertragung der geringen Dehnungsgrößen ins Vielfache angewendeten Konſtruktionen ſind mannigfacher Art.

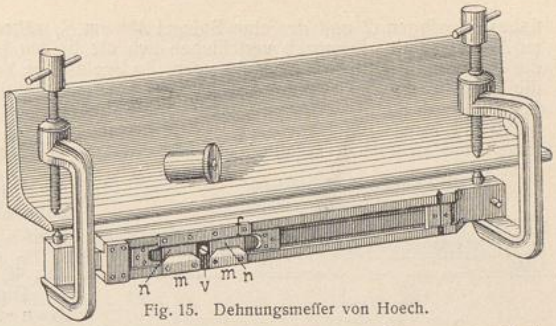


Fig. 15. Dehnungsmeſſer von Hoech.

Der Dehnungsmeſſer von Hoech gleicht dem Maßſtab mit Nonniusableſung (Fig 2), nur daß der Maßſtab auf der Schiene und der Nonius auf dem Schieber angebracht iſt. Zur Beobachtung andauernder Spannungen iſt der Nonius feſt. Apparate zur Ermittlung ſchnell vorübergehender Spannungen und bleibender Längenänderungen ſind mit zwei Maßſtäben $m\,m$ und zwei loſen Nonien $n\,n$ verſehen (Fig. 15); zwiſchen den letzteren befindet ſich an dem Schieber der Stift v, durch den ſie der Dehnung entſprechend verſchoben werden; die Feder f dient zum Feſthalten der Nonien [2], [26]. — Beim Apparat von Bahlke erfolgt die Meſſung mit Hilfe eines Keilmaßſtabes, der zwiſchen zwei Anſchlagsleiſten und eine dieſen gegenüberliegende Schneide hineingeſchoben wird. Die Anſchlagsleiſten ſind mittels Schraubklemme an dem einen Ende der Meßlänge mit dem zu prüfenden Stabe unmittelbar verbunden; die Schneide wird von einer Meßſtange getragen, die am andern Ende der Meßlänge angeſchraubt iſt und ſich den Längenänderungen des Stabes entſprechend unter der zu ihr ſenkrecht gelegenen Leiſte verſchiebt, hierbei ändert ſich die Entfernung der Schneidenkante von der Ebene der Leiſten und ſomit auch die Eindringtiefe des Keiles. Der Apparat wird in drei Ausführungen zum Preiſe von 135—270 *M.* gefertigt [23], [27]—[29].

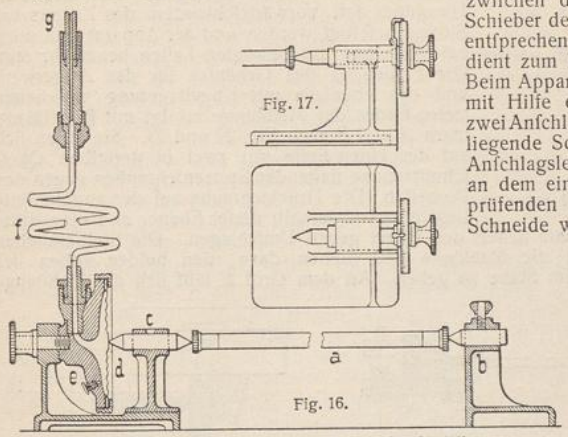


Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 16 und 17. Dehnungsmeſſer von Le Chatelier.

Der Apparat von Le Chatelier (Fig. 16 und 17) ſetzt die zu meſſenden Längenänderungen in Bewegungen eines federnden Doſendeckels um und läßt ſie als Steighöhe der hierbei aus der Doſe verdrängten Flüſſigkeit an einem geteilten Rohr ableſen. Hierzu werden auf den Stab in beſtimmter Entfernung voneinander zwei kleine Böcke b und c aufgeſchraubt, von denen b einen feſten, c den in ſeiner Längsrichtung verſchiebbaren Dorn d und die Meßdoſe e trägt, gegen deren Deckel ſich der Dorn mit einer Spitze ſtützt. Zwiſchen die zugewendeten Spitzen beider Dorne wird ein röhrenförmiger Stab a mit verſchloſſenen Enden eingeſchaltet, der die Relativbewegungen beider Böcke entſprechend den Längenänderungen des zu prüfenden Stabes durch den beweglichen Dorn auf den Doſendeckel überträgt. Um den Teilungswert des Steigrohres $f\,g$ zu ermitteln, wird der Bock mit feſter Spitze gegen eine Meßvorrichtung mit Mikrometerſchraube ausgewechſelt (Fig. 17). Die wirkſame Fläche des Doſendeckels und der Querſchnitt des Steigrohres ſind ſo bemeſſen, daß 1 mm Steighöhe gleich 0,001 mm Dehnung iſt [30]—[33]. — Der Dehnungsmeſſer von Mallock [31], [34] iſt ein Spiegelapparat. Die Meßſtange D (Fig. 18) ſteht an dem einen Ende mit der feſten Körnerſpitze P in der Endmarke A auf dem Probeſtab und wird durch den Arm O des Gewichtes W gehalten, der zugleich das Ableſefernrohr T trägt. Auf dem andern Ende der Meßſtange befindet ſich der Schieber E mit der um F drehbaren Körnerſpitze Q, die bei B an den Probeſtab ſich anlegt. Oberhalb von F trägt Q am Arm G den Spiegel M^2. Neben dieſem und etwas geneigt zu ihm befindet ſich auf E ein zweiter Spiegel. Ueber beiden ſitzen an der Stange V der Belichtungsſpiegel R, die Glasſkala S und die Linſe K. Die beiden Spiegel M^2 reflektieren das Bild der Skala S auf den feſten Spiegel M^1, wobei ſich beide Bilder etwas überdecken und durch M^1 weiter in das Fernrohr T reflektiert werden. Beim Dehnen des Probe-

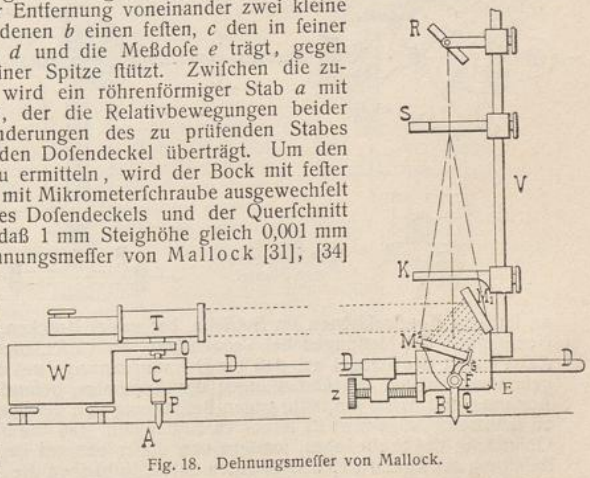


Fig. 18. Dehnungsmeſſer von Mallock.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtabes ſchwingen Q und der eine Spiegel M^2 um F, während der zweite Spiegel M^2 ſeine Lage zu M^1 beibehält. Demnach verſchieben ſich die beiden Bilder der Skala S im Spiegel M^2 um die Dehnung des Stabes gegeneinander. Zu Beginn des Verſuches iſt der Schieber E und damit die Neigung des beweglichen Spiegels M^2 an der Schraube z ſo einzuſtellen, daß beide Bilder in M^1 ſich decken. — Beim Apparat von Manet-Rabut [29], [35] (Fig. 19) wird die Dehnung durch ein zweifaches Hebelwerk mittels Zahnbogen und Zahnrädchen auf einen Zeiger übertragen und an einer Kreisteilung abgeleſen. Der tote Gang in der Uebertragung iſt durch einen zweiten Zahnbogen beſeitigt, der durch eine Feder in entgegengeſetzter Richtung auf das Zahnrädchen einwirkt wie der erſtgenannte Bogen. Der Apparat wird durch Bourdon, Paris, 74 Faubourg du Temple, zum Preiſe von 40 *M.* gefertigt.

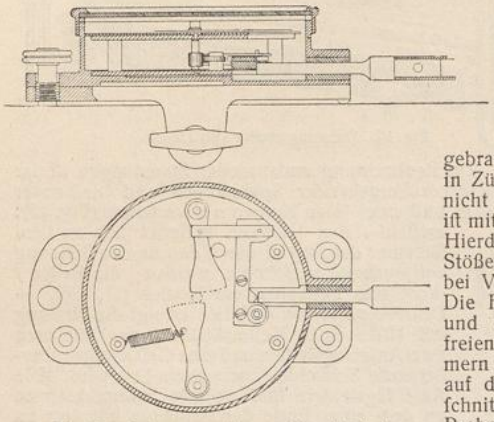


Fig. 19. Dehnungsmeſſer von Manet-Rabut.

Durch Mantel iſt der Apparat von Manet-Rabut auf die Form Fig. 20—21 gebracht und wird in dieſer von Uſteri-Reinacher in Zürich gebaut [36]. Die Meßſtange ſtützt ſich nicht mehr loſe gegen die Hebelſchneide, ſondern iſt mit dem Hebel durch ein Kugelgelenk verbunden. Hierdurch ſoll Vorwärtsſchleudern des Zeigers bei Stößen beſeitigt werden und der Apparat nun auch bei Verſuchen mit bewegten Laſten benutzbar ſein. Die Feſtlegung des Gehäuſes für das Zeigerwerk und des ebenfalls mit Kugellagerung verſehenen freien Endes der Meßſtange erfolgt mit Bügelklammern A und B nach Fig. 22 und 23. Sie legen ſich auf der einen Seite mit zwei in derſelben Querſchnittsebene ſtehenden Spitzenſchrauben gegen den Probeſtab. Die Druckſchraube auf der andern Seite liegt etwas außerhalb dieſer Ebene, und eine dritte Schraube auf der erſtgenannten Seite ſichert den Bügel gegen Umſchlagen. Die Stellſchrauben C, D, C^1, D^1 ſtützen ſich gegen die Stabkante und dienen dazu, den beiden Teilen des Apparates die richtige Stellung zum Stabe zu geben. An dem Griff E läßt ſich die Meßſtange

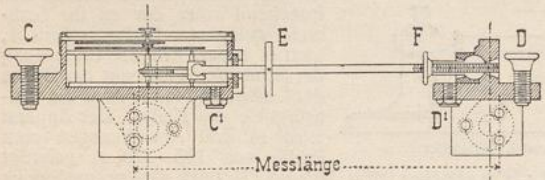


Fig. 20.

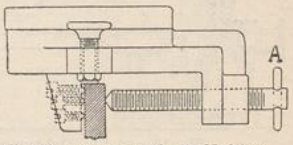


Fig. 22. Klammer A mit Meßdoſe.

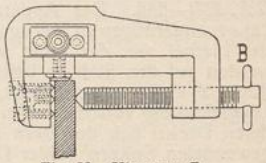


Fig. 23. Klammer B.

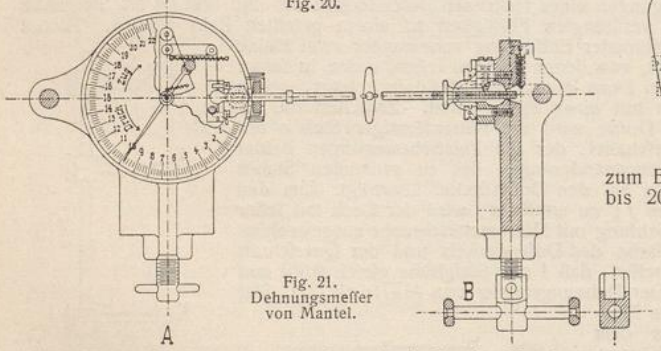


Fig. 21. Dehnungsmeſſer von Mantel.

zum Einſtellen der Meßlänge (150 bis 200 mm) in das Kugelgelenk hineinſchrauben und wird dann mit der Schraube F feſtgelegt [31]. — Abgeſehen davon, daß der Wert der Formänderungsmeſſungen (vgl. a. Dehnungszeichner und Durchbiegungsmeſſer) an fertigen Konſtruktionen im Betriebe, beſonders Brücken, viel umſtritten iſt, iſt bezüglich der Genauigkeit der Meſſungen bei Verwendung der verſchiedenen Apparate folgendes zu beachten. Allen haftet der Mangel an, daß die Dehnungsanzeige mit dem Einfluß der Temperatur der umgebenden Luft auf die Abmeſſungen des Apparates, beſonders der Meßſtange, ſich ändert. Die Apparate ſind daher ſorgfältig gegen Beſtrahlung von der Sonne, aber auch gegen Luftſtrömungen zu ſchützen. Allgemein iſt ferner zu bemängeln, daß die Meßſtangen nicht unmittelbar auf der Oberfläche des Probeſtabes, ſondern von dieſer entfernt liegen. Biegt der Probeſtab ſich bei der Belaſtung aus irgend welchen Gründen durch, ſo bleiben die Achſen der Stücke (Klammern u. ſ. w.), mit denen die Apparate aufgeſchraubt ſind, ſenkrecht zur Tangente an der Befeſtigungsſtelle, neigen ſich alſo gegeneinander. Infolge hiervon weichen die Meſſungsergebniſſe um ſo mehr von den wirklichen Längenänderungen des Probeſtabes ab, und zwar in unkontrollierbarer Weiſe im poſitiven oder negativen Sinne, je weiter die Achſe der Meßſtange von der Staboberfläche entfernt iſt. Zu dieſen allgemeinen Mängeln kommen die in den einzelnen Konſtruktionen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

liegenden Fehlerquellen hinzu. Als folche find zu nennen toter Gang in den Uebertragungsmechanismen, Reibungswiderftände, Maffenbefchleunigungen bei Benutzung der Apparate bei bewegter Laft und Mängel in der Arbeitsausführung. Um fich von dem Einfluß diefer Fehlerquellen zu überzeugen, ift zu empfehlen, die Apparate vor Benutzung zu prüfen. Am beften gefchieht dies durch Belaftungsverfuche in fogenannten Zerreißmafchinen, wobei die Stäbe nicht vollends bis zur Proportionalitätsgrenze beanfprucht werden. Ihre Dehnungszahl wird zunächft durch genaue Meffungen, z. B. mit Spiegelapparaten, ermittelt, und dann werden die Belaftungen unter Meffung der Dehnung mit dem zu prüfenden Apparat wiederholt. Die Fehler in der Dehnungsanzeige des letzteren find dann gleich dem Unterfchied in den Ergebniffen beider Meffungsreihen.

Literatur: [1] Martens, Materialienkunde für den Mafchinenbau, Berlin 1898. — [2] Rudeloff, Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung, Leipzig 1889. — [3] Hackney, On forms of test-pieces, London 1884, S. 49. — [4] Baufchinger, Mitteilungen aus dem mechanifch-technifchen Laboratorium der Techn. Hochfchule München, Heft 20. — [5] Engineering 1881, S. 41. — [6] Dingl. Polyt. Journal 1882, Bd. 246, S. 127. — [7] Zeitfchr. d. Vereins deutfch. Ingen. 1890, S. 1042. — [8] Engineering 1881, S. 139. — [9] Zeitfchr. d. Vereins deutfch. Ingen. 1881, S. 316. — [10] Engineering 1890, Bd. 2, S. 310. — [11] Dingl. Polyt. Journal 1891, Bd. 279, S. 152. — [12] Denkfchrift zur Eröffnung des K. Materialprüfungsamtes der Techn. Hochfchule Berlin, S. 326. — [13] Dingl. Polyt. Journal 1899, Bd. 312, S. 56. — [14] „Stahl und Eifen" 1895, S. 575 und 673. — [15] Baumaterialienkunde, Bd. 2, S. 345. — [16] Dingl. Polyt. Journal 1899, Bd. 312, S. 58. — [17] Zeitfchr. d. Vereins deutfch. Ingen. 1895, S. 491. — [18] Brofchüre der Nürnberger Mafchinenfabrik C. Wolf & Sohn, München 1882. — [19] Zeitfchr. d. Vereins deutfch. Ingen. 1890, S. 1003. — [20] Wochenfchr. d. öfterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1891, S. 139. — [21] Transact. of Amer. Soc. of mech. Eng., Mai 1897. — [22] Americ. Mach., 1897, S. 105. — [23] Dingl. Polyt. Journal 1894, Bd. 293, S. 175. — [24] Deutfche Bauztg. 1894, S. 47 und 59. — [25] Ebend. 1893, S. 576. — [26] Annalen für Gewerbe und Bauwefen, 1886, Bd. 2, S. 229. — [27] Deutfche Bauztg. 1894, S. 135. — [28] „Stahl und Eifen" 1895, S. 331. — [29] Zentralbl. der Bauverwaltung 1895, S. 473. — [30] Revue Industrielle 1890, S. 510. — [31] Dingl. Polyt. Journal 1892, Bd. 286, S. 274. — [32] Polyt. Zentralbl. 1891, S. 272. — [33] Engineering and Mining Journ. 1891, Bd. 1, S. 444. — [34] Engineering 1890, Bd. 2, S. 614. — [35] Annales des ponts et chaussés 1891, S. 5. — [36] Schweiz. Bauztg. 1900, S. 58.

Rudeloff.

Dehnungsmodul wird mitunter der Elaftizitätsmodul E (f. d. und Dehnung in der Elaftizitäts- und Feftigkeitslehre) genannt.

Man fehe z. B. Winkelmann, Handbuch der Phyfik, I, Breslau 1891, S. 238, wo $^1/E$ Dehnungskoeffizient heißt, und Landolt und Börnftein, Phyfikalifch-chemifche Tabellen, Berlin 1894, S. 100, wo wie bei Buff, Lommel, Eifenlohr-Zech u. a. der Wert $^1/E$ den auch für E vorkommenden Namen Elaftizitätskoeffizient führt. *Weyrauch.*

Dehnungsquotient, f. Dehnungskoeffizient.

Dehnungsreft wird mitunter die bleibende, nicht elaftifche Verlängerung des gezogenen Stabes (f. Dehnung, Zugelaftizität) genannt, nach Bach, Elaftizität und Feftigkeit, Berlin 1889—90, S. 9; 4. Aufl. 1902, S. 22.

Dehnungsröhren, f. Kompenfationsröhren.

Dehnungszeichner dienen wie ein Teil der Dehnungsmeffer zur Ermittlung der Spannungen, die in einzelnen Gliedern eines Bauwerkes (Brücke) unter der Betriebslaft oder bei Belaftungsproben auftreten.

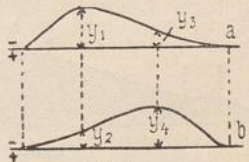


Fig. 1.

Die Dehnungsmeffer haben den Vorzug größerer Einfachheit; dagegen gewähren die Dehnungszeichner den erfteren gegenüber den Vorteil, daß fie den ganzen Verlauf der Dehnungs- und der hieraus zu berechnenden Spannungsänderungen während des Belaftungsvorganges aufzeichnen, während mit Hilfe von Dehnungsmeffern nur die unter der Betriebslaft vorkommenden größten Spannungen ermittelt werden können. Ganz befonders fällt diefer Vorteil ins Gewicht mit Rückficht auf die verwickelten Spannungszuftände, die durch Sekundärfpannungen erzeugt werden. Setzt man dann gleichzeitig zwei Dehnungszeichner an zwei gegenüberliegende Seiten des zu prüfenden Gliedes an, fo erhält man durch Zufammenftellung der beiden verzeichneten Spannungslinien nach Maßgabe von Fig. 1 die Größtwerte für die axiale Beanfpruchung gleich $\frac{y_1+y_2}{2}$ oder $\frac{y_3+y_4}{2}$, während man bei Anwendung von Dehnungsmeffern zu dem Höchftwerte $\frac{y_1+y_4}{2}$ für die mittlere Spannung gelangen würde [1], [2], [3].

Der bekannteffe ift der Dehnungszeichner von Fränkel. Er befteht in feiner urfprünglichen Form im wefentlichen aus einem zweifachen, durch Zahngetriebe verbundenen Hebelwerk, das durch eine Meßftange betätigt wird und eine mit Papier belegte Trommel mit dem Vielfachen der zu meffenden Längenänderung in Umdrehung verfetzt, während ein Schreibftift durch ein Uhrwerk in der Längsrichtung der Trommel mit gleichmäßiger Gefchwindigkeit fortbewegt wird [4], [5]. — Um Meffungen bei fchnell wechfelnden Belaftungen vornehmen zu können, mußten die bewegten Maffen des Apparates möglichft klein fein, damit Fehler infolge elaftifcher Formänderung der einzelnen Teile des Apparates vermieden blieben. Letzterer ift

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

daher so geändert, daß nun nicht die Bewegungen der Papiertrommel, sondern die des Zeichenstiftes zwangsläufig den zu messenden Längenänderungen folgen. Dies ist durch die in Fig. 2 schematisch dargestellte Anordnung erreicht. Der zweiarmige Hebel E mit dem Drehpunkt bei f wird an dem kurzen Arm bei y durch die Meßstange c betätigt. Sein langer Arm greift bei X an den Winkelhebel p_2 an, dessen Schwingung durch die Lenkervorrichtung $q_2\ h_2\ r$ auf den Schreibstift H übertragen wird. Die geradlinige Bewegung ist durch den Gegenlenker $h_1\ p_1\ q_1$ gewährleistet. Unter dem Zeichenstift befindet sich die Schreibtrommel mit einem Uhrwerk zur gleichmäßigen Drehung der Trommel. Um gewisse Stellungen der über die Brücke fortbewegten Last in der Schaulinie selbsttätig zu kennzeichnen, sind besondere elektrische Kontaktvorrichtungen mit dem Apparat verbunden [5], [6]. Bei der neueren Ausführungsform sind zur Bewegungsübertragung sowohl zwischen den beiden Hebeln als auch auf den Schreibstifthalter Stahlbändchen angeordnet, die durch eine Gegenfeder gespannt gehalten werden [2].

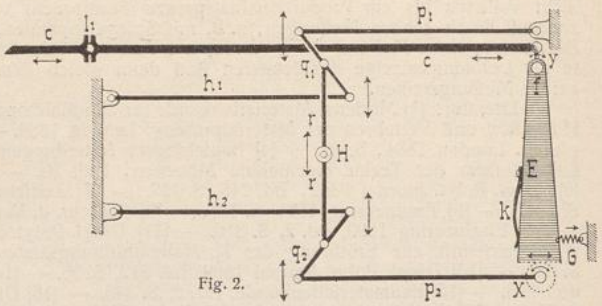


Fig. 2.

Literatur: [1] Deutsche Bauztg. 1893, S. 474. — [2] Ebend. 1893, S. 576. — [3] Ebend. 1894, S. 47, 59 und 249. — [4] Civilingenieur 1891, Taf. XVI. — [5] Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingen. 1884, S. 482. — [6] Civilingenieur 1892, S. 200. *Rudeloff.*

Deich, die Erddämme zum Schutze der Niederungen an Flüssen oder an der See gegen Ueberschwemmung durch Hochwasser oder Hochflut.

Die Deiche an den Flüssen haben namentlich der Einwirkung der Strömung und des Eisganges zu widerstehen; die Deiche an der See oder am Unterlauf der Flüsse, soweit die Flut in dieselbe hinaufreicht, der Einwirkung des Wellenschlages und dem Anprall der Fluten. Ihre Bauart ist deshalb einigermaßen verschieden, und man unterscheidet Flußdeiche und Seedeiche.

Die Flußdeiche sind entweder geschlossene oder Hauptdeiche oder offene Deiche. Die geschlossenen (Haupt-)Deiche sollen Land, das unter dem Hochwasser liegt, gegen Ueberflutung schützen. Sie umgeben dasselbe deshalb allseitig und gehen meist von hochwasserfreiem Gelände aus. Die offenen Deiche sollen verhindern, daß Geschiebe sich auf dem Lande ablagern können oder daß etwa die Hauptflußrichtung sich ändere. Letztere dienen also mehr zu Korrektionszwecken. Um zu verhindern, daß durch Anlage der Flußdeiche das Hochwasser wesentlich eingeengt und deshalb erhöht werde oder daß sich Ablagerungen zwischen denselben bilden, ist das durch dieselben begrenzte Hochwasserprofil weit genug zu belassen, um Stauungen zu verhindern und das Niederwasserprofil mit konstanter Breite bei gleichmäßigem Gefälle anzuordnen. Die Hauptdeiche sind also in einer gewissen Entfernung rückwärts der Uferlinie des Flusses bei Niederwasser anzulegen. Die Bestimmung dieser Entfernung geschieht auf Grundlage der Berechnung der Hochwassermengen, die sich auf Beobachtung des überschwemmten Flußprofiles und der Wassergeschwindigkeit stützt, welch letztere in der tieferen Stromrinne größer ist als über dem überschwemmten Vorland der Hauptdämme. Die Ergebnisse der Messung und Rechnung werden um so genauer mit der Erfahrung übereinstimmen, je länger die Strecken sind, in denen die Deiche parallel zueinander laufen, und je weniger und schwächer die Krümmungen derselben sind. Die Abweichung von den Parallelen läßt sich höchstens dadurch rechtfertigen, daß man den Damm auf guten Boden zu stellen bestrebt war und deshalb schlechtem Untergrunde ausgewichen ist, den man zur Verhütung von Dammbrüchen am besten im Vorland liegen läßt.

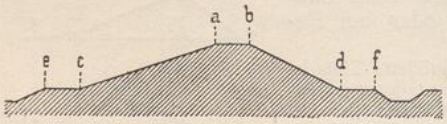


Fig. 1.

Man unterscheidet an einem Deiche: die Deichkrone $a\ b$ (auch Kappe); die äußere wasserseitige Böschung $a\ c$ (auch Außenböschung); die innere Böschung $b\ d$ (auch Innenböschung); die äußere Berme oder Außenberme $c\ e$; die innere Berme oder Binnenberme $d\ f$, die zuweilen (wenigstens auf der Binnenseite) durch einen Graben begrenzt wird (s. Fig. 1). Die Deichkrone liegt bei Hauptdämmen 0,5—1,20 m über dem höchsten bekannten Hochwasserstande, je nachdem eine Stauung durch Eis oder ein ausnahmsweiser Wellenschlag zu befürchten ist oder nicht. Die Breite der Krone wird bei Hauptdämmen so bemessen, daß dieselben bei Hochwasser befahren werden können, um jederzeit die Materialien zu deren Unterhaltung herbeizuführen, weil dies wegen des dann häufig aufquellenden Sickerwassers hinter dem Damme anders nicht leicht geschehen könnte. Ueberdies hängt die Breite auch von der Höhe der Deiche und dem Material ab, aus dem sie erstellt sind, indem namentlich bei leicht zu durchsickerndem Boden oder solchem, der bei Aufnahme von Wasser leicht zerfließt, überhaupt eine größere Dammstärke angenommen werden muß. Die Kronenbreite kann somit bei Hauptdämmen 2,50—5 m betragen. Die letztere Breite kommt namentlich dann vor, wenn die Deiche bleibend als Straße benutzt werden. Die äußere Böschung hat durchschnittlich eine dreifache Anlage, wird wohl auch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

flacher gewählt für leicht zerfließenden und leicht durchdringbaren Boden, den man bloß mit Rasen verkleidet; dagegen steiler, wenn die Verkleidung in Stein ausgeführt wird, was namentlich bei starker Strömung angezeigt ist. Die Steinverkleidung wird oft in Zementmörtel versetzt, was indes nicht empfehlenswert ist, weil sich hinter einer solchen Verkleidung Hohlräume bilden können, ohne daß ein gleichmäßiges Nachsenken der Pflasterung stattfindet, bis plötzlich ein Einbruch die Sachlage, oft zu spät, enthüllt. — Die innere Böschung erhält meist bloß eine zweifache Anlage, auf der sich noch leicht eine Rasendecke entwickelt. — Mit äußerer Berme bezeichnet man bei Flußdeichen denjenigen Streifen des Vorlandes am Fuße des Deiches, aus dem man keinen Boden aushebt, um den Damm zu bilden, sondern den man in seinem anfänglichen Zustande mit einer Rasendecke beläßt, um Auswaschungen zu vermeiden. Dieselbe erhält 3–5 m Breite, je nach der Bodenart. — Innere Berme nennt man einen Streifen Landes längs dem inneren Fuße des Deiches, der oft als Fahrweg dient und der wohl etwas höher angelegt wird als der natürliche Boden, wenn starkes Durchquellen durch den Deich befürchtet wird. In diesem Falle wird die innere Berme wohl auch durch einen Graben vom eingeschlossenen Kulturland getrennt, dessen Aushub zur Erhöhung der Berme dient und in dem das Sickerwasser zusammenfließt.

Diejenigen Deiche, welche durch die größten Hochwasser überflutet werden (die zumeist im Frühling nach der Schneeschmelze eintreten, somit zu einer Zeit, wo die Kulturen noch keinen Schaden darunter leiden), die aber gegen die niederen Sommerhochwasser den nun schon vorgeschrittenen Kulturen Schutz gewähren und die deshalb auch Sommerdeiche genannt werden, müssen so angeordnet sein, daß der Ueberlauf sie nicht zerstört. Man gibt deshalb der inneren Böschung eine weit flachere Anlage und pflastert oft sowohl die Krone als die innere Böschung mit Steinen. Bei Erstellung der Deiche ist sowohl für möglichst gute Verbindung mit dem unterliegenden Boden als auch für Erreichung einer möglichst sicheren Dichtung des Deiches selbst Sorge zu tragen. Zu diesem Zwecke ist der zu überbauende Boden vorher sorgfältig von Rasen, Gesträuchen, Bäumen, Wurzeln, Schlamm u. s. w. zu reinigen. Das nämliche gilt auch von dem anzuschüttenden Boden, der am besten aus einem Gemische von Ton und Sand besteht und den man in dünnen Schichten, die am besten etwas gegen außen abfallen, anführt und feststampft. Dort, wo Ton nur in geringer Menge gefunden werden kann, verwendet man ihn vorzugsweise zur Andeckung der äußeren Böschung. Der abgehobene Rasen wird gleicherweise namentlich zur Andeckung der äußeren Böschung verwendet und nur bei Ueberfluß auch zur Abdeckung der inneren Böschung und der Krone, die anders auch angesät werden können. — Sowohl vom Vorlande als vom eingeschlossenen Kulturlande aus werden Anfahrten oder Deichrampen längs der äußeren und der inneren Böschung auf die Krone geführt, die indes nie in diese Böschungen eingeschnitten werden dürfen und auf der Außenseite vorzugsweise stromabwärts geneigt sein müssen. Dieselben erhalten die nötige Breite für einen Wagen und etwa 10% Steigung. Statt der Rampen werden oft auch Durchfahrten oder Vorschleusen in die Deiche gelegt, die zwischen zwei kräftigen Seitenmauern in einer Breite von 3,50 m erbaut werden. Man legt ihre Sohle gewöhnlich etwas höher an als den Boden des eingeschlossenen Landes und schließt sie bei drohendem Hochwasser mit zwei Wänden aus Dammbalken, die in Falzen der Seitenmauern eingelassen sind und zwischen denen man ein Gemenge von Ton und Sand oder, in dessen Ermanglung, Mist einstampft.

Die Seedeiche. Das von Seedeichen umgebene Kulturland, das aus fruchtbarem Lehmboden gebildet wird, den die See allmählich angeschwemmt hat, bis er sich über die Ebbehöhe erhob, heißt Polder und liegt infolge nachträglicher Setzungen oft tiefer als der Ebbespiegel der anliegenden See, so daß die Tageswasser und etwaiges Sickerwasser mittels Pumpen ausgeschöpft werden müssen. Vor den Deichen liegt nicht etwa die tiefe See, sondern bei Ebbe ein Vorland, dessen Breite wesentlich dazu beiträgt, die Einwirkung der Sturmfluten auf die Deiche zu vermeiden, und aus dem der Boden entnommen wird, um den Deich auszuführen und zu erhalten. Die Richtung der Deiche soll möglichst senkrecht zur herrschenden Windrichtung und dem Wellenschlage liegen und dem letzteren keine ein- oder vorspringenden Ecken bieten. Das Querprofil der Seedeiche unterscheidet sich nur in der Ausbildung der einzelnen Teile von demjenigen der Flußdeiche. Die Krone oder Kappe liegt etwa 0,50 m höher als die Spitze der Wellen bei den höchstbekannten Sturmfluten, d. h. etwa 3 m höher als die höchsten ruhigen Fluten, die ihrerseits ebenso hoch über den gewöhnlichen Fluten liegen können. Auch hier hat die Krone zur Anfahrt der Materialien für die Erhaltung der Deiche zu dienen und erhält die entsprechende Breite. In Holland werden die Deichkronen oft mit Klinkern gepflastert und erhalten seewärts noch eine kleinere schmalere Ueberhöhung von Manneshöhe, die eigentlich den Schutz gegen die Hochflut bildet. Die Außenböschung wird in ihrem oberen Teile meist berast; der untere Teil der Böschung, auf dem jede Kultur unmöglich ist, dagegen mit Strohbestickung,



Fig. 2.

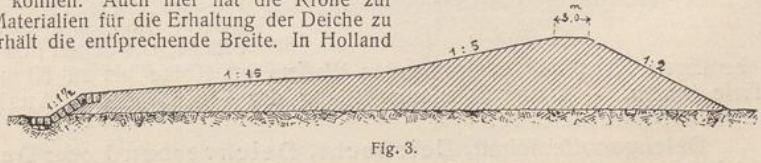


Fig. 3.

Flechtwerken aus Weiden oder Steinpflafterung gefchützt. Die Böfchung wird um fo flacher erftellt, als die Sturmflut gefährlich erfcheint, und zwar mit drei-, vier-, fünf-, fechs-, acht- und fogar zehnfacher Anlage für den oberen beraften Teil, welcher der Wirkung der Sturmflut ausgefetzt ift. Noch flacher wird der untere Teil erftellt, wenn die verfügbaren Schutzmittel gegen den Anprall der Wellen nur geringen Schutz bieten, fo daß die Deiche dann ein konkaves Profil erhalten (f. Fig. 2). Um den Nachteilen eines folchen auszuweichen, die in Schälungen oder Auskolkungen beftehen, die allmählich die Zerftörung des Deiches zur Folge haben, wird der untere Teil des Dammes gern zu einer Außenberme ausgebildet, die nun eine ganz flache Böfchung erhält, 1,50—3 m höher als das Vorland liegt und deren Fuß gegen diefes mit Beftickung, Faſchinen oder Steinpflafterung gefchützt werden muß (f. Fig. 3). Die Breite folcher Bermen beträgt an der See 12—25 m, kann indeffen in Flüffen verringert werden und bildet derart eine ganz bedeutende Verbreiterung der Deichbafis. Die Binnenberme wird in gleicher Weife erftellt wie bei Flußdeichen; ebenfo die Deichrampen, wogegen die fehr felten vorkommenden Durchfahrten aus Vorficht nach außen noch mit einem Stemmtor zu verfehen find. Statt der Durchfahrten werden dagegen die Deichfiele erftellt (f. Siele), die den Verkehr zwifchen den Poldern und der See per Waffer vermitteln.

Trotz der forgfältigften Unterhaltung der Deiche können bei großen Hochwaffern und ftarken Sturmfluten Deichbrüche vorkommen. Die Unterhaltung und allfällige Schutzvorrichtungen beftehen: die erfteren in einer forgfältigen Unterhaltung des Rafens und der allfälligen Pflafterungen oder Steinvorlagen, die letzteren darin, daß bei fteigendem Waffer die am meiften der Strömung ausgefetzten Stellen der Deiche mit Faſchinen, mit Spreutlagen aus Bufchwerk, fogar mit Strohlagen überlegt werden, die man mittels Pflöcken, Flechtwerken und Strohfchnüren an den Boden befeftigt. Droht eine Ueberflutung der Dämme, fo werden diefe mit Erddämmen, Bretterwänden oder mit andern Materialien, die gerade vorliegen, überhöht. Der Durchbruch kann dadurch erfolgen, daß entweder das Vorland weggeriffen und die Bafis des Deiches weggefchwemmt wird oder daß zwar das Vorland erhalten bleibt, dagegen der Damm weggeriffen wird. Im erfteren Falle ftrömt auch das fchon gefallene Stromwaffer oder die gewöhnliche Flut in das Kulturland, im letzteren Falle bildet fich dagegen gewöhnlich infolge des Ueberfalles eine tiefe Kolkung an der Deichftelle, die auch in das Binnenland hineinreichen kann. Der erfte Fall nötigt zur Erftellung von Fangdämmen, die oft in mehreren hintereinander liegenden Reihen quer durch das eingeriffene Vorland gebaut und an den ftehen gebliebenen Damm angelehnt werden, damit man in deren Schutz den Damm neu aufführen kann. Im zweiten Falle umgibt man den Kolk fei es mit einem Außendamm, fei es mit einem Innendamm. Bei Flüffen verengt der Außendamm das Profil und bildet eine ftete Gefahr, wogegen der Innendamm, namentlich bei ftark tonführenden Flüffen, die allmähliche Ausfüllung (Kolmation) des Kolkes geftattet, fo daß in abfehbarer Zeit der Deich fich in feiner urfprünglichen Richtung neu aufführen läßt. An der See füllt man den Kolk zunächft mit Senkfaſchinenlagen aus, die fpäter zur Außen- und Innenberme ausgebildet werden, zwifchen denen man die Erdfchüttung des Deiches vornimmt (f. Damm und Deichbruch).

Literatur: Hagen, Handbuch des Waſſerbaues (Bau am Meere), Berlin 1878—80, 3. Bd., 2. Aufl.; Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften, Leipzig 1903, 2. Bd., 3. Teil. *Zfchokke.*

Deichacht, f. Deichgenoffenfchaft.

Deichbafis oder Deichfohle nennt man den unterften Teil des Deiches, mit dem er auf dem natürlichen Boden ruht.

Deichbruch. Man unterfcheidet den gewöhnlichen Deichbruch, bei dem der obere Teil des Deiches fortgeriffen, die Sohle jedoch unbefchädigt geblieben ift, ferner den Grundbruch, fofern auch diefe zerftört wurde (Fig. 1), und den Strombruch, wenn zugleich eine Zerftörung des Vorlandes ftattgefunden hat, die dem Waffer des Stromes auch bei mittlerem Stande den Eintritt in das Binnenland geftattet (Fig. 2). Die Kappftürze treten nach Befchädigung der Deichkappe ein und find nicht zu den Deichbrüchen zu rechnen, pflegen aber diefen vorauszugehen. Am häufigften find Grundbrüche, bei denen fich infolge der lebendigen Kraft des einftrömenden Waffers oft Kolke bis zu 10 m und mehr Tiefe bilden. — Ueber Wiederherftellung der Deichbrüche f. Auslage, Einlage, Durchdeichung. *Frühling.*

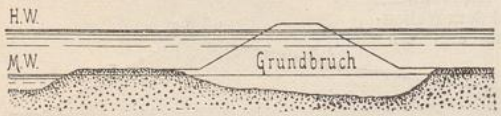


Fig. 1.

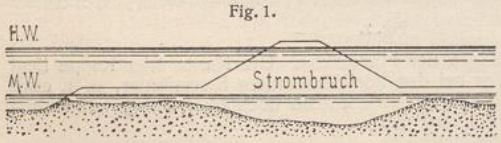


Fig. 2.

Deichgenoffenfchaft, Deichacht, Deichverband oder Deichfchau (letztgenannte Bezeichnung am Unterrhein) ift eine Vereinigung folcher Befitzer eines beftimmten Bezirks, deren Grundftücke durch die in dem Bezirke liegenden Deiche vor Ueberfchwemmungen gefchützt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Genoffenfchaft übernimmt die erforderliche Deichlaft, die fich nach Größe, Bodenbefchaffenheit und Höhenlage der Grundftücke auf die einzelnen Befitzer verteilt. In früheren Zeiten erfolgte die Verteilung mit wenigen Ausnahmen in der Art, daß jedes Grundftück eine befondere, nach dem obigen Maßftabe ermittelte und durch Grenzfteine feftgelegte Deichftrecke zu unterhalten hatte. Diefe Strecke führte den Namen Pfand, Kavel oder Kabel und die hiernach ausgeführte Art der Deichunterhaltung die Bezeichnung Pfand- oder Kavelwirtfchaft. Nicht felten überftieg aber die Unterhaltung einer ftark im Angriff liegenden Deichftrecke die Kräfte des zu ihrer Unterhaltung verpflichteten Befitzers. Erklärte er fich hierzu durch das Einftecken des Spatens in den Deich außerftande, fo gingen ihm nach dem alten friefifchen Spatenrecht Deich und Grundftück verloren. Derjenige, der den Spaten ergriff, übernahm damit die Deichlaft, aber auch das Grundftück. — An Stelle der Pfandwirtfchaft ift in neuerer Zeit vielfach die Kommunionwirtfchaft getreten. Hier werden die fämtlichen erforderlichen Arbeiten von dem Vorftande des Deichverbandes ausgeführt und die entftandenen Koften von den einzelnen Befitzern eingezogen. Diefe werden dadurch der Verantwortlichkeit überhoben, haben aber auch nicht mehr das Intereffe an ihrer Deichftrecke wie bei der Kavelwirtfchaft; auch fällt der Vorteil fort, gelegentlich frei werdende Arbeiter am Deiche befchäftigen zu können. Man hat deshalb — insbefondere in der Provinz Hannover — mit Vorteil eine Verbindung der Kommunion mit der Kavelwirtfchaft eingeführt. Die Kavelwirtfchaft erftreckt fich nur auf die kleineren Unterhaltungsarbeiten (die fogenannte ordentliche Deichlaft), während die größeren Ausführungen (oder die außerordentliche Deichlaft) in Kommunion getragen werden. Um bei läffigen Befitzern das Intereffe an ihrer Kavelftrecke rege zu halten, ift auch wohl die Beftimmung getroffen, daß die Wiederherftellungskoften eines Deichbruchs zu einem Drittel von dem betreffenden Kavelbefitzer zu übernehmen find. — Die Leitung des Deichverbandes erfolgt auf Grund der Deichordnung oder des Deichftatuts durch einen von den Mitgliedern gewählten Vorftand unter Oberaufficht des Staats oder unmittelbar durch Staatsbeamte.

Frühling.

Deichkappe. Die Kappe oder Krone der Flußdeiche (Dammkrone) liegt in der Regel 0,3—0,6 m über Hochwaffer; das größere Maß bezieht fich auf waffereiche Ströme, in denen Eisgang und Wellenfchlag auftreten.

Ift eine Eisftopfung mit großer Gefahr für die hinter dem Deiche liegenden Ortfchaften und Fluren verknüpft, fo wird die Deichkrone oft erheblich höher gelegt (im Weichfeldelta und am Niederrhein unter Umftänden bis zu 3 m über Hochwaffer), damit ein Ueberlaufen an oberhalb gelegenen, weniger gefährdeten Punkten eintreten kann. Ebenfo pflegt man bei Gebirgsflüffen, deren unregelmäßiger Charakter ein Anfteigen über den bisher bekannten höchften Wafferftand vermuten läßt und bei denen ein Ueberftürzen des Waffers über die Deiche in die oft tief unter der Flußfohle liegenden Kulturländereien große Verheerungen anrichten würde, jenes Maß um 1 m und mehr zu erhöhen. Bei der Anlage neuer Deiche ift felbftverftändlich das Anfteigen des Hochwaffers infolge der Einfchränkung des Hochwafferbetts zu berückfichtigen, ebenfo ift auf das Setzen des Deiches nach erfolgter Herftellung Bedacht zu nehmen. — Die Seedeiche liegen mit ihrer Krone 0,3—0,5 m über dem Kamm der Wellen zur Zeit der höchften Sturmflut, die je nach Lage der Küfte, der Breite des Vorlandes und fonftiger Umftände an der Nordfee bis auf 5 m und felbft mehr über gewöhnliche Flut anfteigen kann. — Die Breite der Kappe beträgt bei wichtigen Deichen 2,5—4 m; bei ihrer Bemeffung ift auch auf die Anfuhr des zur Deichverteidigung erforderlichen Materials Rückficht zu nehmen. Dient die Deichkrone zugleich als Verkehrsweg, fo darf die Breite nicht unter 4,5 m betragen. Zum Abfluß des Regen- und Spritzwaffers erhält die Kappe entweder eine gewölbte Form oder eine Neigung nach der Außenfeite und bei Benutzung als Verkehrsweg eine Kies-, Sand- oder Pflafterdecke, fonft aber eine Berafung.

Frühling.

Deichlücke, Durchfahrt, die Stellen der Deiche, die zum Verkehr mit Wagen zwifchen dem Innenland und dem Vorlande dienen, jedoch bei drohendem Hochwaffer oder drohender Hochflut gefchloffen werden (vgl. Durchfahrt bei Deichen).

Deichordnung oder Deichftatut regelt die Unterhaltungspflicht der Deiche, die Pflichten und Rechte der Deichgenoffen, die Befugniffe der Deichbehörden, die Deichfchauungen fowie das Oberaufficht̃srecht des Staats.

Für Preußen gilt — mit Ausnahme einiger Bezirke in den Provinzen Schleswig-Holftein und Hannover — das Gefetz über das Deichwefen vom 28. Januar 1848; in den Marfchdiftrikten der genannten Provinzen haben noch die älteren, teilweife durch Gewohnheitsrecht ergänzten Deichordnungen Gültigkeit. Eine einheitliche Regelung des Deichwefens im preußifchen Staate wird, wie in der Begründung für den „Entwurf eines preußifchen Waffergefetzes" (Berlin 1894) näher ausgeführt ift, an maßgebender Stelle nicht als Bedürfnis angefehen, weil die örtlichen Intereffen zu verfchieden find und ihnen durch die vorhandenen Deichordnungen in genügendem Maße Rechnung getragen wird.

Literatur: [1] Nieberding, Waffenrecht und Waffenpolizei im preußifchen Staat, 2. Aufl., Breslau 1889. — [2] Kletke, Rechtsverhältniffe der Landeskultur-Genoffenfchaften in Preußen, Berlin 1870. — [3] Hahn, Die preußifche Gefetzgebung über Vorflut, die Ent- und Bewäfferungen und das Deichwefen, 2. Aufl., Breslau 1886.

Frühling.

Deichrampen (An- und Abfahrten) dienen zur Verbindung des Vor- und Binnenlandes unter Vermittlung der Deichkrone und werden an der Außenfeite

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſo angeordnet, daß ſie möglichſt wenig vor den eigentlichen Deichkörper vorſpringen, ſich alſo nicht ſenkrecht, ſondern unter ganz ſpitzem Winkel an den Deichkörper anſchließen, um dieſen nicht durch Strömung oder Eisgang zu beſchädigen; aus demſelben Grunde ſind ſie, von der Deichkrone abgeſehen, ſtromabwärts zu richten. Auf der Binnenſeite fallen dieſe Bedenken fort, doch darf auf beiden Seiten kein Einſchneiden in den eigentlichen Deichkörper ſtattfinden. Die Steigung der Rampen richtet ſich nach dem Verkehr und beträgt bei gewöhnlichen Feldwegen 1 : 8 bis 1 : 12; als Breitenabmeſſung genügen in dieſem Falle 2,5—3 m. *Frühling.*

Deichrolle enthält das Verzeichnis der Beſitzer der deichpflichtigen Grundſtücke, deren Größe, die Höhe der Beiträge oder den Beitragsfuß und die Bezeichnung der zu den Grundſtücken gehörigen Pfänder oder Kavel (vgl. Deichgenoſſenſchaft).

Deichſcharte, ſ. Durchfahrt bei Deichen.

Deichſchauung, die Beſichtigung beſtimmter Deichſtrecken durch die zuſtändigen Deichbeamten, wird — gemäß den Vorſchriften der Deichordnung — zweimal im Jahre vorgenommen.

Bei der Frühjahrsſchau im Mai werden die erforderlichen Arbeiten angeordnet, deren Ausführung dann bei der Herbſtſchau im September geprüft wird. Außer dieſen beiden Hauptſchauungen findet im Oktober für die im Verzuge befindlichen Arbeiten noch eine Nachſchau durch die unteren Deichbeamten, ferner eine „Notſchau“ nach jeder größeren Sturmflut ſtatt. — Das Verfügte wird als Auszug aus der bei der betreffenden Schauung verfaßten Niederſchrift den Verpflichteten nebſt Strafandrohung mitgeteilt. Die angeordneten Arbeiten erſtrecken ſich insbeſondere auf Wiederherſtellung aller durch das Hochwaſſer veranlaßten Schäden, Inſtandſetzung oder Erneuerung der Böſchungsbefeſtigungen; ferner auf Beſeitigung von Bäumen, Sträuchern, Unkraut und der den Graswuchs hemmenden angetriebenen Stoffe vom Deichkörper, Fernhaltung von Grabungen aus der Nähe des Deiches, insbeſondere aller Vertiefungen, Brunnen oder Gebäude von den Binnenbermen; zeitweiſe Erhöhung und Regelung der Deichkrone ſowie Fernhaltung des Fahrverkehrs auf den unbefeſtigten Strecken u. ſ. w. — Die der Schauung unterliegenden Deichſtrecken führen den Namen Schaudeiche. Dieſer Begriff deckt ſich an der See zugleich mit demjenigen der Hauptdeiche, während die ſpäter hergeſtellten Polderdeiche erſt dann als Hauptdeiche angenommen und einer Schauung unterzogen werden, wenn ſie ſich eine Anzahl von Jahren bewährt haben. Dieſe Uebernahme heißt die „Verſtühlung“ der Polderdeiche. *Frühling.*

Deichſchleuſe, ſ. Siele.

Deichſtatut, ſ. Deichordnung.

Deichverband, ſ. Deichgenoſſenſchaft.

Deichverteidigung. Es iſt eine Verteidigung der eigentlichen Flußdeiche (bis zum Flutgebiet) und der an der See ſowie innerhalb des Flutgebiets liegenden Deiche zu unterſcheiden.

Bei den Flußdeichen fallen die ſtärkſten Angriffe in die Zeit der Hochwäſſer und halten während der Dauer eines Hochwaſſers an. Hier kommt infolge der lange dauernden Berührung mit dem Außenwaſſer die Gefahr der Durchweichung und Durchquellung des Dammkörpers in Betracht, daneben der Angriff durch den Strom und durch Eisgang. Die Beſchädigung durch Wellenſchlag ſpielt zwar auch eine Rolle, jedoch nicht in dem Maße wie bei den Deichen in Flutgebieten, namentlich aber bei denen an der See, wo der mechaniſche Angriff der Wellen bei Sturmfluten ein ſehr heftiger iſt und ſich zugleich gegen den oberen ſchwächeren Teil des Deiches richtet. — Sieht man von den Anſchwellungen bei plötzlich auftretender Eisſtopfung ab, ſo läßt ſich der Eintritt gefährlich wirkender Hochwaſſerſtände an den oberen Flußläufen infolge des überall vorhandenen Nachrichtendienſtes mindeſtens 1—2 Tage vorausſehen. Es bleibt alſo immer Zeit zur Einberufung der Deichwachen, Bereitſtellung von Arbeitskräften und Verteilung der vorrätig gehaltenen Geräte und Materialien (Sandſäcke, Sand, fetter Boden, Buſch, Pfähle, Hölzer und Bretter, Dünger u. ſ. w.) in der Nähe beſonders bedrohter Punkte. Werden dann im Laufe des Hochwaſſers ſtärkere Quellenbildungen an der Binnenſeite des Deiches von der (im Tag- und Nachtdienſt tätigen) Deichwache wahrgenommen, ſo muß zunächſt verſucht werden, ſie von der Außenſeite aus zu dichten. Hierbei iſt zu beachten, daß die Einlaufſtelle im Strom nicht immer der Auslaufſtelle an der Binnenſeite gegenüberliegt; vielmehr wird der Weg der Waſſeradern häufig durch unregelmäßig laufende Maulwurfs- und Mäuſegänge beeinflußt. Oft läßt ſich die Lage der Einlaufſtelle durch eine Stange, an deren Ende ein Sack mit etwas Sand oder ein Strohwiſch befeſtigt iſt, ermitteln, indem man ſie an der Außenböſchung langſam hin und her ſchiebt und zugleich die Ablaufſtelle beobachtet; mitunter verrät ſich die Einlaufſtelle (bei ſtarkem Abfluß) durch Bildung eines kleinen Wirbels. In dieſem Falle erfolgt ihre Bedeckung am einfachſten durch einige Sandſäcke (oft genügt ſchon ein einziger), weil dieſe ſich infolge ihrer nur teilweiſen Füllung mit Sand unter Waſſer jeder Form der Unterlage anſchmiegen. Kann der Urſprung der Quelle aber nicht genau feſtgeſtellt werden, ſo bleibt nur übrig, denjenigen Teil der Außenböſchung, in dem er vermutet wird, in größerer Ausdehnung mit Sandſäcken, Miſt oder tonigem Boden zu bedecken. Wenn auch dies nicht gelingt, ſo iſt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Quelle an der Binnenſeite durch Spiegelhebung unſchädlich zu machen. Zu dieſem Zwecke wird die nächſte Umgebung der Quelle mit einem Fangedamm (aus Brettern mit Miſtdichtung oder aus Sandſäcken) umſchloſſen; das Waſſer ſteigt dann in dem umſchloſſenen Raum ähnlich wie bei den Kuverdeichen an (vgl. Auslage). Klares Waſſer an der Austrittſtelle iſt weniger gefährlich als trübes; werden zugleich gröbere Erdteile mit ausgeworfen, ſo empfiehlt ſich eine vorübergehende Bedeckung mit Sandſäcken oder mit Dünger. Die Gefährdung des Deiches nimmt mit der Tiefenlage der Quelle zu; Durchſickerungen in der Nähe der Kappe ſind weniger nachteilig und laſſen ſich durch Abrammen oder vorſichtiges Aufgraben und Ausſtampfen dichten. — Hinſichtlich der Mittel, die das Ueberlaufen des ſteigenden Waſſers und das Ueberſtürzen des Eiſes über die Deichkappe hindern ſollen, vgl. Aufkadung. Gelingt es nicht, eine ſolche Aufkadung rechtzeitig bis zu genügender Höhe zu führen, ſo iſt der Durchbruch des Deiches an der Ueberlaufſtelle die faſt unausbleibliche Folge. Abſackungen der Binnenböſchung treten infolge lange andauernden Hochwaſſers namentlich auf Strecken ein, die aus ſtark ſandhaltigem Boden hergeſtellt ſind oder in denen der Deich vor einem tiefen Kolk liegt und eine ſogenannte Auslage (ſ. d.) bildet. Eine Verſtärkung des Deichs läßt ſich in dieſem Falle durch Herſtellung eines Fangdammes auf der Außenböſchung (vgl. Fig. 1) bewirken, während alle derartigen Arbeiten auf der durchweichten Binnenböſchung zu vermeiden ſind. — Abſackungen der Außenböſchung ſind ſeltener und können nur vorkommen, wenn der Strom den Fuß des Deiches unterwaſchen hat, dieſem alſo das nötige Vorland fehlte. Hier helfen Steinſchüttungen oder beſſer mit Steinen gefüllte Senkfaſchinen oder Sandſäcke in größerer Menge, die als Erſatz für die fortgeriſſene Böſchung dienen müſſen. — Die Durchweichung des Bodens am Fuße der binnenſeitigen Böſchung und ihr Fortſchieben oder Herauspreſſen während des Hochwaſſers iſt dann möglich, wenn der Deich in der Nähe eines Kolkes eine „Auslage“ bildet und dieſe nicht durch einen Kuverdeich umgrenzt iſt. Die hierdurch hervorgerufene Gefahr iſt beſonders groß, weil der in Bewegung geratene Untergrund den Einſturz einer längeren Deichſtrecke zu bewirken pflegt und an ſolchen Stellen gewöhnlich auch ganz bedeutende Auskolkungen entſtehen. Dieſer Gefahr läßt ſich nur dadurch vorbeugen, daß der fehlende Kuverdeich in möglichſter Eile hergeſtellt oder durch einen Fangedamm erſetzt wird. — Die Beſchädigung durch Wellenſchlag an Deichen, die an der See oder in breiten Flußſtrecken liegen, beginnt damit, daß zunächſt in die glatte Fläche der Außenböſchung kleine Vertiefungen (Spülſtellen) geriſſen werden, die ſich allmählich zu Schöllöchern vergrößern und die darüber liegenden Bodenteile ihres Halts berauben. Dieſer Vorgang pflanzt ſich bei anhaltendem Wellengange allmählich bis zur Kappe des Deiches fort und bereitet dadurch die ſogenannte Kappſtürzung vor, bei der ein Teil der Kappe abrutſcht. — Hat man es mit einem Seedeich zu tun, ſo ſind bei Eintritt der Ebbe die Beſchädigungen der Außenböſchung nach erfolgter Abſchrägung der ſteilen Bodenkanten durch eine Spreutlage aus Buſch einzudecken, und zwar auf einer Unterlage von Stroh, Rohr oder Heidekraut, oder es iſt die möglichſt gut eingeebnete Fläche mit Stroh zu beſticken. Unter Umſtänden laſſen ſich auch geflochtene Hürden von 4—6 m Länge und 0,6—1,5 m Breite (ſogenannte Flecke), ferner Lagen von Brettern, die durch Querhölzer und Pfähle befeſtigt werden, oder mit Sandſäcken beſchwerte Segel mit Erfolg verwenden. — Bei Flußdeichen iſt den durch Wellenſchlag herbeigeführten Beſchädigungen der Außenböſchungen am beſten durch Faſchinen, Strohdecken, Flecken oder Aufbringen einer Lage Schüttſtroh vorzubeugen; die Befeſtigung geſchieht durch Pfähle unter Mitverwendung von Würſten oder Strohſeilen. Etwa entſtandene Löcher ſind vor Aufbringen der Schutzdecke mit Sandſäcken, Dünger, tonigem Boden oder Stroh auszufüllen. Bei beginnendem Kappſturz eines Deiches hilft am ſchnellſten das Einſchlagen von ſenkrechten, durch ein Gurtſtück verbundenen Brettern auf der Außenſeite des Kappſturzes; hinter dieſe wird Miſt, Stroh oder gute Erde gepackt. Haltbarer, aber zeitraubender iſt die Verwendung ſtärkerer Hölzer nach Fig. 2. Aus ihnen ſtellt man eine Holzwand her, die tunlichſt in der Linie der Kappe liegt und gleichfalls in beſchriebener Weiſe hinterpackt wird.



Fig. 1.

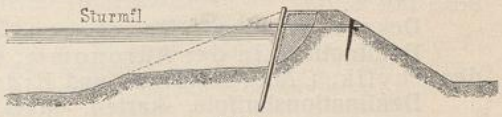


Fig. 2.

Frühling.

Deiſterformation oder -ſchichten, auch Wealden- oder Hilsformation werden in der Geologie die älteſten Kreidebildungen in Norddeutſchland (Weſtfalen, Hannover und Braunſchweig im Deiſter) genannt.

Es ſind Ablagerungen des ſüßen und brackigen Waſſers, die aus Schieferton, Sandſtein und Kohlenflözen beſtehen, von welch letzteren einige abbauwürdig ſind. Als geſchätztes Baumaterial gilt die untere Abteilung der Deiſterſchichten, der ſogenannte Deiſter-, Wealden- oder Hilsſandſtein, ein weißer, hellgelber oder hellgrauer, ſtellenweiſe durch Kohlebeimengung dunkel gefärbter, mittel- bis feinkörniger, dickbankiger Sandſtein. Er beſteht weſentlich aus gerundeten Quarzkörnern, die durch ein kieſeliges, ſeltener toniges Bindemittel verkittet ſind. Durch Fehlen des Bindemittels geht er in Sand, durch Aufnahme von Geröllen in Konglomerate über. Die Druckfeſtigkeit auf den Quadratzentimeter ſchwankt zwiſchen 500 und 1000 kg; ſie beträgt bei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dem ſogenannten Obernkirchener Sandſtein vom Kamm des Bückeberges, der bei vielen Monumentalbauten in Deutſchland verwendet wurde, 687 kg. Der Sandſtein dient vorzugsweiſe zu Hochbauten, Verkleidungen, Ornamenten u. ſ. w. *Leppla.*

Dekadenwiderſtand, ſ. Widerſtand, elektriſcher.

Dekagonalzahlen (Zehneckzahlen), Polygonalzahlen von der Form $n(4n-3)$, alſo 1, 10, 27, 52 . . ., wenn man n der Reihe nach = 1, 2, 3, 4 . . . ſetzt.

Dekalkierpapier, ſ. Abziehbilder, Papierſorten.

Dekameter (Kette oder Stab), ein Längenmaß von 10 m Länge.

Als Maßbezeichnung nur bei einer Wiederholung der Eichung bis zum 31. Dezember 1896 zugelaſſen gemäß den Uebergangsbeſtimmungen betreffend die Zulaſſungsfriſten für ältere Maße, Meßwerkzeuge, Gewichte und Wagen vom 30. Dezember 1884 (Reichsgeſetzblatt 1885, Beilage zu Nr. 5, Art. 1, l). 100 Dekameter = 1 km. S. a. Metriſches Syſtem und Längenmaße. *Plato.*

Dekantieren, ſ. Abgießen.

Dekantierungskäſten, umfangreiche, waſſerdicht aus Holz hergeſtellte Käſten, die zum Auffangen der beim Sortieren verſchiedener Faſerſtoffe wie des zur Papierfabrikation verwendeten Holzzeuges, mit dem Abfallwaſſer abgehenden, noch brauchbaren Faſern dienen und mit mehreren übereinander angeordneten Hähnen verſehen ſind, durch die das über dem ſich ſammelnden Faſermateriale befindliche Waſſer ſchichtenweiſe abgelaſſen werden kann; ſ. Holzzeug und Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Dekapieren, Verfahren, Metalle von anhängendem Oxyd oder Glühſpan durch Eintauchen in verdünnte Säure (meiſt Salzſäure) zu befreien.

Zink wird meiſtens auf mechaniſche Weiſe durch Scheuern mit Sand und Bimsſteinpulver dekapiert, aber auch das beim Gelbbrennen benutzte Bad leiſtet ausgezeichnete Dienſte. Für größere Gegenſtände, die ſich nicht gut eintauchen laſſen, nimmt man eine Löſung von weinſaurem Kali-Ammoniak, verdickt dieſe mit ſo viel Ton, daß ein flüſſiger Brei entſteht und trägt dieſen auf. Nach wenigen Stunden reibt man den Gegenſtand mit einer Bürſte ab und verwendet dabei auch feinen, mit der Beize angefeuchteten Sand. Meſſing, Tombak, Kupfer und Neuſilber werden durch Eintauchen in eine Miſchung von 1 Teil Schwefelſäure auf 8—10 Teile Waſſer dekapiert, indem man ſie in dieſer beläßt, bis die ſchwarze Oxydhaut gelöſt iſt, und ſie dann dem Gelbbrennen unterwirft. *Andés.*

Dekatieren der Wollſtoffe, Dämpfverfahren, bei dem die auf einem durchlochten Eiſen- oder Kupferzylinder aufgerollten und mit Packtuch umhüllten Wollſtücke der Wirkung des trockenen Dampfes von $^1/_2$—$2^1/_2$ Atmoſphären Ueberdruck ſo lange ausgeſetzt werden, bis das Zeug davon völlig durchdrungen iſt (Dampfkrumpen). Nach dieſem erſten Dämpfen läßt man die Stücke erkalten, rollt ſie dann auf einen andern Zylinder unter Spannung glatt auf und dämpft nochmals in gleicher Weiſe. Bei dieſem zweiten Dämpfen kommen diejenigen Teile des Stückes, die das erſtemal am weiteſten von der Mitte (wo die Hitze am größten) entfernt waren, derſelben am nächſten, und ſo wird die Wirkung des Dämpfens gleichmäßiger [1]. In der Tuchfabrikation zum Mildern allzu ſtarken Glanzes (Glanzkrumpen) angewendet; ſ. Tuchfabrikation.

Literatur: [1] Knecht, Rawſon und Löwenthal, Handbuch der Färberei der Spinnfaſern, Berlin 1895, S. 213. *Maxim. Kraft.*

Dekatiermaſchine, ſ. Dekatieren, Tuchfabrikation.

Deklination, in der Aſtronomie, ſ. Koordinaten am Himmel; in der Phyſik, ſ. Magnetismus und Erdmagnetismus.

Deklinationsbuſſole, -karten, -kreis, ſ. Erdmagnetismus.

Deklinatorium, Inſtrument zur Meſſung der Variation der Deklination, alſo der fortwährenden Aenderung der Richtung des magnetiſchen Meridians; ſ. Erdmagnetismus. *Haußmann.*

Deklinograph (Deklinometer), von R. Fueß in Berlin konſtruierter Apparat zur graphiſchen Aufzeichnung von Deklinationsdifferenzen, beſteht aus zwei Stahlſpitzen, von denen die eine mit dem beweglichen Faden für die Deklinationseinſtellung des Mikrometers, die andre mit den feſten Teilen des Okularſtückes verbunden iſt. Im Augenblick der Einſtellung wird ein Papierſtreifen gegen beide Stahlſpitzen gedrückt, deren Entfernung gleich iſt der Deklinationsdifferenz.

Dekolorimeter, beſonders in der Zuckerinduſtrie verwendete Inſtrumente von ſehr verſchiedener Konſtruktion (Payen, Ventzke, Stammer u. ſ. w.) zur Meſſung des Entfärbungsvermögens der Knochenkohle u. ſ. w. S. Zucker.

Dekomponieren, in der Weberei das Abſetzen eines Muſters auf die Patrone nach einem Gewebe.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dekoration bildet den äußeren und inneren Schmuck des nackten Zweckbaues; sie erfolgt durch Anwendung der drei bildenden Künste: Architektur, Malerei und Skulptur.

Die Architektur gibt die Hauptidee und Anlage der Dekoration an; sie besteht in Säulenstellungen mit Gebälke, Gesimsteilungen, Wandverkleidungen u. s. w. Malerei und Skulptur können in zwei Beziehungen als Schmuck der Architekturteile auftreten: a) In unmittelbarer Verbindung mit der Architektur als Ornament mit zweierlei Zwecken, einmal, um die struktive Tätigkeit der Architekturteile anzudeuten (struktives Ornament) [1], wozu die verschiedenen Kapitäle, die Verzierungen der Säulenfüße, der Säulenschäfte, der Gesimse u. s. w. gehören, und sodann als malerischer und plastischer Schmuck, um die nichtstruktiven Teile eines Baues, die sogenannten neutralen Felder, in einer dem Auge des Beschauers angenehmen und anregenden Weise verzieren zu helfen (neutrales Ornament). Zu den letzteren gehören die verschiedenen Dekorationen des Frieses, des Giebelfeldes, der Pilaster, Wandfüllungen u. s. w. In beiden Verwendungen des Ornaments tritt der malerische und plastische Schmuck in eine so nahe Verbindung mit der Architektur, daß sie ein untrennbares Ganzes bilden [2]. b) Es können aber Malerei und Plastik auch in einem loseren Zusammenhange mit der Architektur stehen, so zwar, daß sie mehr oder weniger selbständige Werke zu schaffen imstande sind. Dazu gehören an passenden Orten aufgestellte Statuen oder Büsten, ferner die großen Wandmalereien öffentlicher Gebäude oder die kleineren Tafelbilder, die unsre Salons schmücken. Bei Festlichkeiten aller Art werden auch an bestehenden Bauten oder besonders angelegten Gerüsten Dekorationen vorübergehend angebracht. Soll eine Dekoration schön sein, so muß sie maßvoll und mit richtigem Verständnis angewendet werden und Stil besitzen [3].

Literatur: [1] Schubert-Soldern, Stilisieren der Pflanzen, Zürich 1887. — [2] Semper, G., Der Stil, Frankfurt a. M. 1862; Derf., Kleine Schriften, Berlin 1884. — [3] Burckhardt, Jac., Gesch. der Renaissance in Italien, Stuttgart 1868, IX. Kap. — Ferner [4] Derf., Der Cicerone, Basel 1860, Bd. I, S. 366 ff. — [5] Vischer, F. Th., Aesthetik, Leipzig 1851, III. Teil, S. 596 ff. — [6] Handbuch der Architektur, Darmstadt 1893, IV. Teil, 1. Halbbd.: Architekton. Komposition, 4. Abschn., II. Kap., Raumarchitektur, S. 169—217.

Dekorationsmalerei, im allgemeinen sich auf die innere Ausschmückung der Wände unsrer Wohnräume, Innenräume öffentlicher Lokale und Gebäude und an der Außenseite, auf Anstrich der Möbel, Türen, Fenster u. s. w. beziehender Zweig der Malerei, der vom Maler, Dekorationsmaler, Anstreicher, Zimmermaler ausgeübt wird; im besonderen versteht man unter Dekorationsmalerei die Herstellung von Theatermalereien. Letztere werden immer in Wasserfarben (Leimfarben) ausgeführt und erfordern, um die unbedingt nötige Wirkung bei der Entfernung und der künstlichen Beleuchtung hervorzubringen, künstlerische Anlage, Kenntnis der Linear- und Luftperspektive und ausgebildeten Farbensinn; die Ausschmückung von Wohnräumen und öffentlichen Lokalen geschieht sowohl mit Wasser- als auch mit Oel- und Lackfarben, und für diese ist, mit wenigen Ausnahmen, eine mehr handwerksmäßige Ausbildung des Malers erforderlich (s. a. Freskomalerei). *Andés.*

Dekortikationsmaschine, s. Ramiespinnerei.

Dekupiersäge, s. Sägen und Sägemaschinen.

Delaloë-Maschine, s. Festigkeitsprobiermaschinen.

Delfter Fayencen, stark glasierte Töpferwaren, meist Gebrauchsgeschirr, seit Ende des 16. Jahrhunderts in Delft und Umgebung fabriziert.

Die Industrie erreichte ihre Blütezeit um die Mitte des 17. Jahrhunderts, ging nach Erfindung des Porzellans stark zurück, lebt aber neuerdings wieder auf. Die Delfter Fayencen sind durch eigentümliche blaue Bemalung charakterisiert, die sich an japanische und chinesische Vorbilder anlehnt.

Literatur: Havard, Histoire de la faïence de Delft, Paris 1878.

Delftware, mit Fayenceblau (s. d.) gefärbtes oder bedrucktes Baumwollgewebe. Auch s. v. w. Delfter Fayencen (s. d.).

Delta, die △-förmigen Aufschüttungsformen der Flüsse an ihren Mündungen.

Die Spitze des Dreieckes (Deltas) liegt flußaufwärts, die Basis bildet das Ufer des Mündungsraumes. Soweit die Ablagerungen ein grobes Korn besitzen, also Schotter, Schutt oder Kies sind, werden die Deltaformen bei möglichst unvermitteltem und starkem Erweitern des Ueberschwemmungsbereiches der Flüsse mehr den Schuttkegeln ähnlich sehen. Ist aber die Aufschüttung der Flüsse von feinem, sandigem oder schlammigem Korn, so stellen die Deltas sehr flache und nahezu ebene Flächen dar. Sie entstehen in erster Linie durch eine ziemlich plötzliche Verminderung der Stoßkraft des fließenden Wassers, die letzteres zwingt, die von ihm mitgeführten Schlamm-, Sand- oder Kiesteile fallen zu lassen und aufzuschütten. Solche Fälle treten ein an der Mündung eines Flusses von stärkerer Stoßkraft in ein Gewässer von schwächerer oder fehlender Stoßkraft, in letzterem Falle also an den Mündungen der Flüsse in Seen und Meere. Die Deltabildung unterbleibt, wenn der Hauptfluß eine stärkere Stoßkraft als der Seitenfluß besitzt oder wenn die Mündungsstelle im stehenden Wasser (See, Meer) eine sehr

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſteile Küſte zeigt, die eine unmittelbare Aufhäufung des mitgebrachten Schlammaterials an der Mündung verhindert. In der Oberflächengeſtaltung unterliegen die Deltas an den Küſten der Meere den Einflüſſen der Gezeiten und Meeresſtrömungen in hohem Maße. Der Boden der Deltas beſteht in der Regel bei großen Flüſſen aus ſandigem und tonigem Flußſchlamm, der von den jährlichen Ueberſchwemmungen zurückgelaſſen wird und meiſt ſehr fruchtbar iſt. Das Grundwaſſer ſteht ſehr hoch und reicht in trockenen Zeiten ſelbſt bis nahe an den Tag, der Untergrund iſt daher ſehr feucht. Oertlich tritt Vertorfung zwiſchen den von zahlreichen Läufen und Flußarmen durchzogenen Deltaflächen ein.

Literatur: Penck, A., Morphologie der Erdoberfläche, Stuttgart 1894, II, S. 505. *Leppla.*

Deltametall, beſonders in England zur Herſtellung von Schiffsbeſchlägen, Schiffsſchrauben, Maſchinenteilen, auch Hausgeräten gebräuchliche Kupfer-, Zinkeiſenlegierung von goldähnlicher Farbe. In der Regel enthält die Legierung auch einen geringen Zuſatz von Blei, Zinn und Mangan, ferner Spuren von Nickel und Phosphor. Nach Hampe enthält Deltametall der Deutſchen Deltametall-Geſellſchaft A. Dick & Co. in Düſſeldorf-Grafenberg:

	Gegoſſen	Geſchmiedet	Gewalzt		Gegoſſen	Geſchmiedet	Gewalzt
Kupfer . . .	55,94	55,80	55,82	Zink . . .	41,61	40,07	41,41
Blei	0,72	1,82	0,76	Nickel . . .	Spur	Spur	0,06
Eiſen . . .	0,87	1,28	0,86	Phosphor . .	0,013	0,011	Spur
Mangan . .	0,81	0,96	1,38				

Deltoid, ein Viereck, das in bezug auf eine Diagonale ſymmetriſch iſt. Die Diagonalen ſtehen aufeinander ſenkrecht.

Demantoid, ſ. Granat.

Demijohn (Matroſenflaſche), früher ſpaniſch-kaſtilianiſches Branntweinmaß = $2^1/_2$—3 alten engliſchen Weingallons oder rund 10 l. Auch jetzt noch als Bier- und Eſſigmaß gebräuchlich. *Plato.*

Demontierbatterie, im Feſtungskrieg, ſ. Feſtungsbau.

Dempgording, ſ. Takelage.

Denaturierungsmittel, ſ. Salz, Spiritusfabrikation.

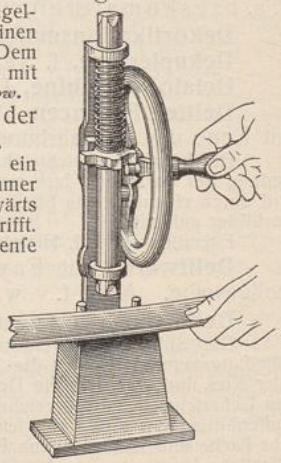
Dendrometer (Baummeſſer), Inſtrumente zur Ermittlung der meßbaren Verhältniſſe ſtehender Bäume, insbeſondere Höhenmeſſer (Hypſometer) zur Meſſung der Baumhöhen. Zur Beſtimmung des Durchmeſſers bedient man ſich eines Meßbandes oder einer Kluppe, zur Ermittlung der Holzmaſſe durch Untertauchen von Holzſtücken unter Waſſer des Xylometers (ſ. d.). *Ernſt Müller.*

Dengeln (Tangeln), das Scharfhämmern der aus ſehr zähem Stahl beſtehenden Senſen (ſ. d.) auf einem kleinen Amboß, dem Dengelſtock.

Die Senſe wird hierbei an einem ſchwingenden Stock (Dengelgeſchirr) aufgehängt, ſo daß ſie leicht über den gewöhnlich in einen Holzblock eingeſchlagenen Amboß geführt werden kann. Dem Hämmern folgt das Nachſchärfen durch einen Wetzſtein oder das mit Schmirgel überzogene Streichholz. *Dalchow.*

Dengelmaſchine, Vorrichtung zum Schärfen der ſtumpf gewordenen Schneide von Senſen und Sicheln.

In der Regel wird durch einen Daumen oder Exzenter ein vertikal ſtehender, mit verſtellbarer Feder verſehener Dengelhammer gehoben und alsdann durch ſein Gewicht und die Federkraft abwärts geſtoßen, wo er die auf einem Amboß geführte Senſenſchneide trifft. Führungsrollen erleichtern das gleichmäßige Durchziehen der Senſe und ermöglichen die gleiche Breite des Dengelſchlages; die Stärke des Schlages wird je nach Härte der Senſe durch Veränderung der Federſpannung gewählt. Die Figur zeigt eine derartige Handdengelmaſchine von M. Mertz in Limperich bei Beuel a. Rh., die durchſchnittlich bei dreifacher Leiſtung ebenſo gut dengelt wie ein geübter Arbeiter. Gewicht ca. 6,5 kg, Preis 22 *M.* *Wrobel.*



„Blitz“ von M. Mertz, Limperich bei Beuel a. Rh.

Denier, franz. Gewicht = 1,275 g, bei Seidengarn nur 0,0531 g. Bei der Numerierung des Seidengarns ermittelt man, wieviel Deniers ein Strähn Seide von 476 m (ancien titre) oder von 500 m (nouveau titre) wiegt. *Th. Eug. Schiefner.*

Denitrierung, ſ. Schwefelſäure, Kollodiumſeide.

Denkmal iſt ein bedeutſames Erinnerungszeichen an hervorragende Perſonen oder wichtige Begebenheiten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das älteſte Denkmal iſt jenes, das über dem Grabe eines hervorragenden Mannes errichtet wurde, und die älteſte Form dieſes Grabmales der Tumulus, eine große Maſſe von Erde oder Steinen, zu einem Hügel über der Leiche oder Aſche aufgehäuft (ein Mal). Andre Grabdenkmäler ſind die Pyramiden in Aegypten, die Dagops in Indien, die Felsſkulpturen in Perſien [3]; zu dieſen geſellen ſich die verſchiedenartigſten Formen in Griechenland, die Mauſoleen und andre Grabmonumente zu Rom ſowie die der neueren Zeit. — Von alters her erhielten aber auch beſonders hervorragende Männer und die Herrſcher des Landes an andern Orten als den Gräbern Denkmäler, zumeiſt aus den porträttreuen Statuen der betreffenden Perſönlichkeiten beſtehend, die im Altertum am häufigſten in der Nähe der Tempel, ſpäter auf öffentlichen Plätzen errichtet wurden. In ähnlicher Weiſe werden beſonders wichtige Begebenheiten durch monumentale Kunſtwerke der Nachwelt in Erinnerung gebracht. So wurden z. B. bei den olympiſchen Spielen oder den choragiſchen Wettkämpfen den Siegern Dreifüße als Preis zuerkannt, die ſie an einer beſtimmten Straße in Athen (der Tripodenſtraße) aufſtellen konnten. Die Dreifüße ſtanden entweder auf einer Säule oder in größeren baulichen Anlagen; ſo entſtanden die choragiſchen Denkmäler, deren bedeutendſtes das des Lyſikrates iſt. In weit hervorragenderer Weiſe aber ſind die Siege der einzelnen Völker durch größere Denkmäler gefeiert worden. Aus dieſer Veranlaſſung wurden ſchon im Altertum Tempel oder tempelartige Gebäude (Votivtempel) errichtet, z. B. das bekannte Nereidendenkmal von Xanthos, das zur Feier der Eroberung von Telmiſſos durch die Xanthier errichtet wurde. Aehnliche Anlagen finden ſich aber auch in der chriſtlichen Kunſt; hier wurden nicht nur im Mittelalter, ſondern auch in der neueſten Zeit kirchliche Gebäude (Votivkirchen) zur Erinnerung an Siege, Friedensſchlüſſe, Errettung aus harter Bedrängnis oder Verunglückung zahlreicher Perſonen u. ſ. w. hergeſtellt. Beiſpiel: Votivkirche in Wien [6] ſowie das Sühnhaus daſelbſt, letzteres erbaut über der Stätte der abgebrannten komiſchen Oper u. ſ. w. Hervorragende Siege wurden auch nicht ſelten durch Säulen (Siegesſäulen) gefeiert, ein Gebrauch, der ſich bis in die neueſte Zeit erhalten hat (z. B. Siegesſäule in Berlin u. ſ. w.). Seeſiege wurden durch Säulen mit Schiffsſchnäbeln verziert (columna rostrata) charakteriſiert (z. B. die Säule des Duilius in Rom, in neueſter Zeit das Tegethoff-Denkmal in Wien). Desgleichen ſind die antiken Triumphbögen in der Regel zur Erinnerung an bedeutende Siege und den durch dieſelben gezogenen Triumphzug errichtet worden [2]. Eine ähnliche Bedeutung haben die Obelisken, die zuerſt in Aegypten, ſpäter aber auch im Abendlande zum Andenken an wichtige Begebenheiten aufgeſtellt wurden. Im weiteren Sinne ſind alle bedeutenden Bauwerke und Monumente als hiſtoriſche oder künſtleriſche Denkmäler eines Landes, einer Stadt oder einer beſtimmten Kunſtperiode aufzufaſſen [1], [4], [5], [7].

Literatur: [1] Lübke, W., und Lützow, C., Denkmäler der Kunſt u. ſ. w., Stuttgart 1877/79. — [2] Kuhn, A., Die Denkmale des chriſtlichen und des heidniſchen Rom in Wort und Bild, Einſiedeln 1878. — [3] Stolze, F., Perſepolis, Berlin 1882. — [4] Weerth, E., Kunſtdenkmäler des chriſtl. Mittelalters in den Rheinlanden, Leipzig 1880. — [5] Bauwerke, Die klaſſiſchen, des Mittelalters und der Renaiſſance in Deutſchland, Frankfurt 1878/79. — [6] Thauſing, M., Die Votivkirche in Wien, Wien 1879. — [7] v. Wuſſow, Die Erhaltung der Denkmäler in den Kulturſtaaten der Gegenwart, Berlin 1884, 2 Bde.

Denſimeter ſind Aräometer, die (zum Unterſchied von den Volumetern mit gleichgeteilter Spindel) eine ungleichförmige Teilung tragen und die ſpezifiſchen Gewichte der Flüſſigkeiten unmittelbar angeben. S. Aräometer.

Denudation, ſ. Eroſion.

Depeſchenboot, ſ. Aviſo, Kriegsſchiffstypen.

Dephlegmieren, ſ. Deſtillation, Spiritusfabrikation.

Deplacement iſt das Gewicht des vom Schiffsrumpf verdrängten Waſſers und ſtellt demnach den Auftrieb (ſ. d.) des eingetauchten Teils des Schiffes dar.

In der Gleichgewichtslage muß 1. der dem eingetauchten Körpervolum des Schiffsrumpfes entſprechende Auftrieb gleich dem Gewicht des geſamten Schwimmkörpers, d. h. des Schiffes nebſt Maſchinenanlage und Ausrüſtung ſowie der Nutzzuladung ſein; 2. die Richtungslinie des Auftriebs normal zur Schwimmebene und ausgehend von dem Schwerpunkt der verdrängten Flüſſigkeit, dem ſogenannten Verdrängungs- oder Deplacementsſchwerpunkt, muß durch den Syſtemſchwerpunkt des Schiffes gehen. Vgl. a. Schiffsberechnung. *T. Schwarz.*

Deplacementsſkala, ſ. Schiffsberechnung.

Deplacementsſchwerpunkt, ſ. Auftrieb und Schiffsberechnung.

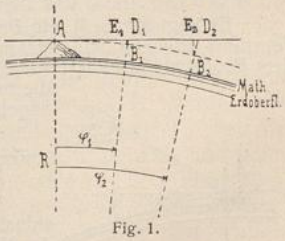


Fig. 1.

Depreſſion, barometriſche, ſ. Maxima und Minima, barometriſche.

Depreſſion des Horizonts. In der Geodäſie (Topographie) wird damit oft die Strecke zwiſchen der im Beobachtungspunkt (A) auf der Normalen ſenkrecht ſtehenden Ebene und einem andern Punkt B_1, B_2, ... (vgl. Fig. 1) bezeichnet, der mit A tatſächlich dieſelbe Meereshöhe hat, aber bei ſphäriſch angenommener mathematiſcher Erdoberfläche auf der durch A gehenden Kugelfläche liegt (bei beliebiger mathematiſcher Erdform, ellipſoidiſcher oder geoidiſcher Fläche, auf der durch A gehenden Niveaufläche).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Denkt man ſich die Abſehlinie eines Fernrohrs in A genau horizontal gelegt, d. h. zeigt ſie auf einen Punkt des Raumes, deſſen ſcheinbare Zenitdiſtanz 90° beträgt, ſo hat nicht der Punkt D_2 z. B., ſondern der Punkt B_2 dieſelbe Meereshöhe wie A, und die Strecke BD, eben die „Depreſſion des Horizonts", wird um ſo größer, je größer die Entfernung der beiden Punkte A und B iſt. Da die Zentriwinkel φ_1, φ_2, ..., die im Erdmittelpunkt den Strecken AB_1, AB_2, ... entſprechen, für alle praktiſch möglichen Fälle nur klein ſind, ſo kann man die Lote B_1E_1, A_2E_2 ... auf den Horizont von A ſelbſt als Horizontdepreſſion anſehen. Der Erdzentriwinkel von 1° entſpricht einer Strecke von 111 km auf der Erdoberfläche; für Entfernungen (Ausſichtsweiten) von rund 11, 22, 33, 44, 56 km iſt alſo der Erdzentriwinkel nur rund 0° 6′, 0° 12′, 0° 18′, 0° 24′, 0° 30′; und da z. B. cos 0° 30′ = 0,99996 iſt, d. h. bei $AB = 56$ km ſich die Strecken BD und BE wie 1 : 0,99996 verhalten, ſo iſt im Hinblick auf die Beträge dieſer Depreſſion BD für jede Genauigkeitsſtufe trigonometriſcher Höhenbeſtimmung das oben Ausgeſprochene gültig. Zugleich iſt geometriſch unmittelbar klar, daß bei der Kleinheit der Bögen AB (z. B. bis 50 oder 100 km) im Vergleich zu dem Erdhalbmeſſer R (6380 km) die Längen der Bögen AB_1, AB_2, ... mit den Abſziſſen AE_1, AE_2, ... vertauſcht werden dürfen und dem kurzen Kreisbogen AB_1B_1 ... ein Parabelbogen mit dem Scheitelkrümmungshalbmeſſer R ſubſtituiert werden darf; mit andern Worten, wenn a die Entfernung der Punkte A und B iſt, ſo iſt die entſprechende Depreſſion des Horizonts von A im Punkt B gleich (Parabelordinate) $\frac{a^2}{2R}$. Dies iſt alſo der „Betrag der Erdkrümmung" (Einfluß der Erdkrümmung auf den Höhenunterſchied zwiſchen zwei Punkten, die um a voneinander entfernt ſind).

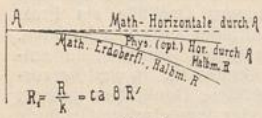


Fig. 2.

Dieſer Einfluß der Erdkrümmung und die ganze ſeitherige Entwicklung erleidet aber noch eine Korrektion infolge der terreſtriſchen Refraktion, die der Erdkrümmung „entgegenwirkt", indem ſie im allgemeinen die Gegenſtände etwas „gehoben", einen entfernten Punkt unter etwas zu großem Höhenwinkel (zu kleiner Zenitdiſtanz) erſcheinen läßt: ein Punkt E oder D, der in der Abſehlinie eines im Punkt A genau horizontal gerichteten Fernrohrs erſcheint, gehört nicht dem mathematiſchen Horizont von A an, ſondern ein ſolcher Punkt liegt im allgemeinen etwas tiefer, und zwar im Durchſchnitt um etwa $^1/_8$ der Strecke BE (vgl. Fig. 2). Iſt k der ſogenannte Refraktionskoeffizient (im Mittel auf dem Feſtland etwa 0,13, aber ſtarken Aenderungen unterworfen, in Ausnahmefällen 0, ſelbſt negativ, anderſeits oft 0,2, 0,3, ja ſelbſt bis zu 0,4, vgl. Refraktion, terreſtriſche, Höhenmeſſung, trigonometriſche, ſo daß $R_1 = \frac{R}{k}$ den Halbmeſſer der Krümmung der phyſiſchen (optiſchen) Horizontalen durch den Punkt A bedeutet, ſo iſt der tatſächliche Betrag der Horizontdepreſſion ſtatt des mathematiſchen Betrags $\frac{a^2}{2R}$ gleich $\frac{a^2}{2R}(1-k)$.

Die Beträge $\frac{a^2}{2R}(1-k)$ der Depreſſion des Horizonts ſind für Entfernungen bis zu 10000 m in der folgenden Tabelle enthalten, bei einigen verſchiedenen Annahmen über den Refraktionskoeffizienten k und der Annahme $\log R\,(\text{m}) = 6{,}805$; die Tabelle zeigt, daß der (zufällige wirkliche) Betrag von k um ſo gleichgültiger iſt, je kleiner die Entfernung iſt, daß ſeine Unkenntnis bis zu $a = 3000$ oder 4000 m ſelbſt für feinere Meſſung ſo lange wenig zu fürchten iſt, als nicht ganz abnorme Refraktionsverhältniſſe wahrſcheinlich ſind, daß aber für ſolche feinere Meſſung die Depreſſion des Horizonts bereits für Entfernungen von 500 m fühlbar wird und daß ſie, dem Quadrat der Entfernung proportional zunehmend, ſehr raſch bedeutende Beträge erreicht. (Die a und die Depreſſionen ſind in Metern angegeben.)

a (in Metern)	500	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
$k=0$ (Erdkugel allein)	0,02	0,08	0,18	0,31	0,71	1,25	1,96	2,8	3,8	5,0	6,3	7,8
$k=0{,}11$ . .	0,02	0,07	0,15	0,28	0,62	1,12	1,74	2,5	3,4	4,5	5,6	7,0
$k=\mathbf{0{,}13}$ . .	**0,02**	**0,07**	**0,15**	**0,27**	**0,61**	**1,09**	**1,70**	**2,5**	**3,3**	**4,4**	**5,5**	**6,8**
$k=0{,}15$ . .	0,02	0,07	0,15	0,27	0,60	1,07	1,66	2,4	3,3	4,3	5,4	6,7

Es liegt alſo z. B. ein Punkt, der am Horizontalfaden eines genau horizontal gelegten Fernrohrs erſcheint und 3000 m von dieſem entfernt iſt, nicht auf derſelben Kugelfläche mit dem Beobachtungspunkt, ſondern 0,61 m höher u. ſ. w. Für noch größere Entfernungen gibt die folgende zweite Tabelle (a in Kilometern, $k = \mathbf{0{,}13}$ angenommen) ungefähr auf 1 m abgerundet) die Größe der Depreſſion des Horizonts:

a km =	10	12	14	16	18	20	30	40
Depreſſion in m =	7	9	13	17	21	26	60	106

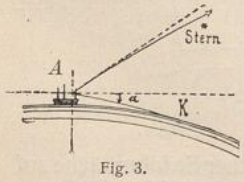


Fig. 3.

In der Nautik, in der aſtronomiſchen Navigation, bei Küſtenaufnahmen u. ſ. w. heißt Depreſſion des Horizonts (beſſer Depreſſion des Meereshorizonts oder Depreſſion der Kimm, Kimmtiefe; engl. dip [of the horizon]) oft der in einem beſtimmten Beobachtungspunkt A auf dem Schiff erſcheinende Tiefenwinkel zwiſchen der Horizontalen durch A und der von A aus ſichtbaren „Kimm" (oder dem „Meereshorizont") K, alſo in Fig. 3 der Winkel α (α iſt abhängig von der Erhebung des Auges über die Meeresfläche; der Seh-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtrahl AK iſt wieder mit ſeiner in der Zeichnung ſelbſtverſtändlich weit übertriebenen Krümmung durch die terreſtriſche Refraktion eingetragen). Der in der Nautik gebräuchlichſte Ausdruck für a iſt „Kimmtiefe“ (ſ. Kimm).

Literatur: Nähere Auskunft erteilt zum geodätiſchen Teil ein beliebiges Lehrbuch der Geodäſie (Jordan, Bauernfeind u. ſ. w.), zum zweiten ein Handbuch der Navigation oder der aſtronomiſchen Ortsbeſtimmung. Für die Meſſungen der Nautik, Höhenbeſtimmungen von Geſtirnen oder ſcheinbare Höhen von Schiffen u. dergl. iſt namentlich die große Variabilität der Refraktionswirkung und die damit in Zuſammenhang ſtehende ſtarke Verſchiedenheit des Depreſſionswinkels von beſonderer Bedeutung. In neuerer Zeit hat der öſterreichiſche Marineoffizier Koß eingehende Beobachtungen darüber gemacht. Dazu iſt zu vergleichen: Korvettenkapitän Koß und Graf Thun-Hohenſtein, Kimmtiefenbeobacht. zu Verudella, Denkſchriften der Wiener Akademie, Mathem.-naturwiſſenſchaftl. Klaſſe 70, 1901; und Veröffentlichung des Hydr. Amtes der k. k. Kriegsmarine, Pola 1904; Kohlſchütter, K., Folgerungen aus den Koßſchen Kimmtiefenmeſſungen, Annal. d. Hydrogr. und Marit. Meteor. 31, 1903. — Bezüglich der Apparate zur Meſſung der Kimmtiefe vgl. Kimmtiefe. *Ambronn.*

Derb, Derberze, ſ. Erz.

Derbholz, Bezeichnung für alles oberirdiſche Holz von mehr als 7 cm Stärke.

Derbyrot, rote Körperfarbe für Oel und Waſſer; vgl. Chromfarben.

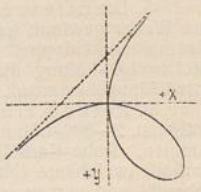
Derivation, die konſtante ſeitliche Ablenkung der Geſchoſſe (ſ. Balliſtik).

Derivationswinkel (beim Steuern der Schiffe) iſt der Winkel, den die Längsachſe des Schiffes mit der Tangente an dem Drehkreis für einen beſtimmten Zeitpunkt des Drehens bildet. S. Ruder. *T. Schwarz.*

Derivator, ſ. Telephonie.

Descarteſche Regel, ſ. Gleichungen.

Descarteſches Blatt (Folium von Descartes), eine Kurve dritter Ordnung.



Gleichung $x^3+y^3-3pxy=0$, oder: $x=\frac{3\lambda^2 p}{\lambda^3+1}$; $y=\frac{3\lambda p}{\lambda^3+1}$.

Die Kurve beſitzt die Wendeaſymptote $x+y+p=0$ und hat im Urſprung einen Doppelpunkt mit den Koordinatenachſen als Tangenten. — Heſſeſche Kurve iſt $x^3+y^3+pxy=0$, alſo wieder ein Descarteſches Blatt. Der Flächeninhalt der Schleife iſt $\frac{3}{2}p^2$; ebenſo groß iſt der Flächeninhalt zwiſchen der Kurve und der Aſymptote. Die Reziprokalkurve iſt eine Kardioide mit den unendlich fernen Geraden als Doppeltangente.

Literatur: Rychlicki, S., Das Folium von Descartes, Wongrowitz 1884. *Wölffing.*

Deſignolles Pulver, ſ. Geſchoßtreibmittel.

Desinfektion, die Vernichtung und Entfernung aller lebender Keime (Mikroorganismen), insbeſondere ſolcher, welche die Geſundheit von Menſchen und Tieren bedrohen (Anſteckungsſtoffe). Der Verbreitung der die Anſteckung vermittelnden Mikroorganismen (vgl. Bakterien) arbeitet teils die Natur ſelbſt, teils der Menſch entgegen — natürliche und künſtliche Desinfektion. Die Desinfektion wird häufig mit Desodoriſation, d. i. die Geruchlosmachung von Fäkalien und andern übelriechenden Flüſſigkeiten oder Räumen, verwechſelt. Bei letzterer findet in der Regel keine Abtötung von Mikroorganismen ſtatt, oder ſie iſt nur wegen der Wahl des Mittels eine Begleiterſcheinung. Bei der natürlichen Desinfektion erfolgt die Zerſtörung der Infektionskeime durch thermiſche, chemiſche, thermochemiſche, elektriſche, mechaniſche Wirkungen und den Boden ſowie durch die Konkurrenz mit unſchädlichen Organismen. — Die künſtliche Desinfektion äußert ſich zunächſt in der Reinlichkeit. Durch die Reinigungsmethoden des Lüftens, Waſchens, Wegſpülens, Wegfegens u. dergl. wird die Zahl der ein Individuum umgebenden Keime weſentlich verringert: es ſinkt alſo die Infektionsgefahr für das betreffende Individuum, aber die Krankheitskeime werden nicht zerſtört, ſondern zum größten Teile bloß an andre Orte verſchleppt. Trotzdem iſt die Reinlichkeit von großer individueller Bedeutung (Aerzte z. B. werden bei Cholera- und Typhusepidemien weniger leicht vom Munde her infiziert, weil ſie ſich gewohnheitsgemäß bei jeder Viſite wiederholt die Hände waſchen) und kann insbeſondere dort, wo mehrere Menſchen gemeinſam leben oder arbeiten (Fabriken), für den einzelnen zu einem höchſt wirkſamen prophylaktiſchen Mittel werden. Die Zerſtörung der Anſteckungskeime erfolgt durch die Hitze, den Waſſerdampf und durch die chemiſch wirkenden Antiſeptika.

Die Wirkung der Antiſeptika iſt abhängig vom quantitativen Verhältnis zwiſchen dem keimwidrigen Mittel und dem infizierten Materiale, von der Zeitdauer und Möglichkeit der Einwirkung wie von der Temperatur. Zur Vernichtung bereits vorhandener Keime ſind größere

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Mengen desselben Präparates notwendig als zum Schutze gegen die bloße Einwanderung der Keime (Asepsis). Ein verdünntes Mittel kann aseptische Wirkung haben, während zum vollen antiseptischen Erfolge starke Lösungen des Antiseptikums erforderlich sind. Die desinfizierende Kraft eines Mittels ist nicht allen Keimen, Substanzen, Nährböden u. s. w. gegenüber gleich stark; doch hat diese letztere Abhängigkeit der Widerstandskraft der Keime in gewissen Medien, ihre Anpassung an gewisse Antiseptika u. dergl. vorwiegend biologisches und medizinisches Interesse. Von den zahlreich empfohlenen Desinfektionsmitteln seien folgende im Gebrauch befindlichen und zur Anwendung zu empfehlenden angeführt:

1. Kupfervitriol verhindert, im Verhältnis 1 : 133 gelöst, die Entwicklung von Keimen und wirkt schon bei 0,9 : 133 fäulniswidrig. Er bewährt sich insbesondere zur Desinfektion von Fäkalien, ist aber teurer als die sicherer wirkenden Kalkpräparate und auch teurer als der zu ähnlichem Zweck benutzte Eisenvitriol, daher für Desinfektionszwecke entbehrlich.

2. Eisenvitriol: Man benötigt 2 kg, gelöst in 6 l Wasser für 1 cbm Grube, in die er praktisch erst nach deren Entleerung eingeschüttet wird. Eisenvitriol hat insbesondere eine gute desodorisierende Wirkung und bleibt außerordentlich lange wirksam.

3. Chlor wirkt in trockener Luft gar nicht; die Luft muß feucht oder dampfgeschwängert sein; *Cl* entnimmt dem Wasserdampfe *H* und bildet die wirksame Salzsäure, gleichzeitig entsteht *O* in statu nascendi. Chlor greift aber Metalle und Gewebe an und erregt leicht heftigen Husten; man rechnet 0,35 kg Salzsäure und 0,25 kg Chlorkalk zur Entwicklung der für 1 cbm Luftraum benötigten Chlormenge. Einwirkungsdauer mindestens 8 Stunden. Chlor dringt nicht genügend in Kleidungsstücke, Tapeten, Wände, Spalten ein. Vernichtet manche Sporen nicht sicher. Wirkung mäßig.

4. Chlorzink ist brauchbar aber zu teuer. Dient in Lösungen von 1—8% für die aseptische Wundbehandlung.

5. Die Essenzen, die man durch die Destillation aromatischer Pflanzen unter Einwirkung von Wasser gewinnt, haben oft antiseptische Kraft; doch sind sie ziemlich teuer, so Terpentinöl; Menthol wirkt doppelt so stark als Karbol, riecht angenehm, lockt aber die Fliegen an; Thymol tötet in 1%-Lösung die Tuberkelbazillen und wirkt schon zu 0,8‰ antiseptisch; Senföl wirkt entwicklungshemmend.

6. Reine Karbolsäure (teuer), giftig, nur zu gebrauchen, wenn man kleine Mengen nötig hat. 2—3%-Lösungen töten schon alle sporenlosen, krankheitserregenden Bakterien in wenigen Minuten. Rohe Karbolsäure, 100prozentig, muß wegen ihrer Schwerlöslichkeit in Wasser als Karbolschwefelsäure (Mischung gleicher Teile roher Karbol- und roher Schwefelsäure) in Lösung gebracht und verwendet werden. Nur zur Desinfektion von Fäkalien, Gruben, Spülwasser u. s. w. zu verwenden. Wirkt wie die reine Karbolsäure.

7. Sanatol, der Karbolschwefelsäure ähnlich, ca. 10% freie Schwefelsäure enthaltend. Wegen ihrer stark sauren Eigenschaften nur zur Desinfektion von Fäkalien, Sputum u. dergl. anzuwenden.

8. Karbolsäure, mit 20 Teilen Seifenlösung (s. unten) gemischt, dient zur Wäschedesinfektion, ferner zum Abreiben von Papier, Leder, Holz, Metallteilen, Wänden und Fußböden. — Hierher gehören auch der Abstammung nach die bekannten Desinfektionsmittel:

9. Kreolin, nicht immer gleich von Zusammensetzung und Wirkung. Anwendung wie Karbol in verschieden starker Lösung. Auch gutes Desodorisierungsmittel.

10. Lysol, Anwendung wie Karbolsäure, in der Wirkung ihr gleich.

11. Solutol, ebenfalls.

12. Saprol, gut desodorisierende Wirkung, auch durch langsame Abgabe von Kresolen an die damit behandelten Flüssigkeiten und Körper desinfizierende Wirkung. Schwimmt auf den Flüssigkeiten und dient hauptsächlich für Desinfektion von Abort-, Jauche-, Abwassergruben. Zur Ueberschichtung werden 400 g pro Kopf und Monat empfohlen. — Erwärmt wirken alle diese Karbol- und Kreosolpräparate stärker.

13. Kalkmilch, 1 l gebrannter Kalk ist mit 4 l Wasser in bekannter Weise abzulöschen. — Zur Desinfektion nimmt man auf ungefähr 1 Teil Fäkalien u. s. w. 1 Teil Kalkmilch. Braucht etwa eine Stunde zur Wirkung. Zum Tünchen von Krankenzimmern, Begießen beschmutzten Bodens sowie der Abtrittschläuche. Frisch zu bereiten und stets vor dem Gebrauch umzurühren.

14. Chlorkalk, entweder unvermischt in Pulverform oder in Lösung, 2 Teile auf 100 Teile Wasser. Zwei gehäufte Eßlöffel voll auf ½ l Fäkalien u. s. w. Für verdünnte Schmutzwasser genügt weniger. Wirkung nach 15 Minuten.

15. Kalisseifelösung, 3 Teile auf 100 Teile Wasser. Für Bett- und Leibwäsche derart zu verwenden, daß solche 24 Stunden darin eingelegt werden.

16. Strömender Wasserdampf, von mindestens 105°, nur in besonderen Apparaten ausführbar (s. Desinfektionsapparate). Für Betten, Matratzen, Strohsäcke, Teppiche, Wäsche, Kleider, Gardinen und ähnlichen Hausrat.

17. Siedehitze, Kochen mit siedendem Wasser für Wäsche mindestens 1 Stunde hindurch.

Von diesen hat die Reichs-Cholerakommission 8., 13., 14., 15., 16. und 17. als besonders leicht zu beschaffende bezw. anzuwendende billige Desinfektionsmittel empfohlen. Außerdem gibt es noch folgende Desinfektionsmittel, deren Verwendung dem Fachmann vorbehalten bleibt: Sublimat, hat stark antiseptische Kraft. Es sind 1‰-Lösungen imstande, durch Betupfen alle Keime in wenig Minuten zu töten. Da das Mittel so rasch wirkt, so braucht es nur kurze Zeit auf dem Objekte belassen zu werden, worauf dann gut abgespült wird, so daß an dem Objekte kein Gift haftet. Eine 5%-Karbollösung ist ebenso giftig wie eine 1½‰-Sublimatlösung, aber nicht so wirksam. In Eiweißlösungen wirkt das Sublimat weniger gut, weil es Koagulation bewirkt und so die Diffusion vermindert wird. In solchen Medien empfiehlt sich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eine 5‰-Lösung von Weinsteinsäure als Zusatz. — Sodalösungen von 1% wirken gegen Tierseuchen (Schweinepest, Hühnercholera); 7%-Lösungen haben sich bei Rotzkrankheit (Malleus) des Menschen und der Tiere bewährt. — Lauge (2:1) kann im Notfalle auch verwendet werden; eine 24stündige Einwirkung macht frische Stühle unschädlich. — Ferner Brom, Jod, Arsenik, Kaliumpermanganat (5prozentig), Eisenchlorid, Mineralsäuren, Metallsalze, Alaun, Chromsäure, Xylol, Formalin bezw. Formaldehyd, letzteres zusammen mit Wasserdampf insbesondere für die Wohnungsdesinfektion in besonderen Apparaten (s. Desinfektionsapparate). Auch die als Konservierungsmittel bekannten Körper wie Borax, Borsäure, Salizylsäure sind hierher zu zählen.

Da, wie oben gesagt, die einzelnen Desinfektionsmittel nicht gleichmäßig auf alle Keime wirken und überdies technische und Rücksichten des Geldpunktes nicht jedes Antiseptikum zur Desinfektion aller Gegenstände geeignet machen, bedarf es besonderer Desinfektionsmethoden für spezielle Fälle. Diese betreffen 1. den Menschen selbst und 2. seine Auswürfe; 3. Wohn- und Arbeitsräume; 4. Luft; 5. Wasser; 6. Kleidungsstücke (Bettwäsche u. s. w.).

1. Desinfektion des menschlichen Körpers. Auf der Oberfläche des Körpers finden sich konstant Mikroben, die allerdings der Mehrzahl nach harmloser Natur sind. Besonders pilzreich sind die Räume zwischen den Fingern und Zehen, die Achselhöhle, das Ohrenschmalz. Durch die Berührung mit infizierten Personen oder Dingen geraten leicht Krankheits- (pathogene) Keime auf die Haut. Hier nutzt zunächst das Baden, das Seifen und Waschen. Hat man aber Grund, anzunehmen, daß die Hände infiziert seien, so kann man nach Beschneidung der Nägel und Reinigung des Nagelfalzes die Hände in möglichst heißer Kaliseifenlösung sorgfältig bürsten, mit absolutem Alkohol befeuchten und dann 1½ Minuten in 1‰-Sublimatlösung tauchen. — Zur Desinfektion der Körperhaut eignen sich noch 1‰-Thymol- und 2/10‰-Naphthollösungen. Weist die Haut Aufschürfungen, offene Wunden u. dergl. auf, so empfiehlt es sich (zumal in der Umgebung von Personen, die mit eiterigen Wunden, Syphilis, Tuberkulose behaftet sind), die wunden Stellen wiederholt mit Sublimat (1‰) zu waschen und darauf Salizylpflaster zu kleben. Es sei nochmals betont, daß die meisten Infektionen vom Munde her erfolgen; daraus folgt, daß niemand etwas esse, bevor er sich die Hände gewaschen hat. Aus dem gleichen Grunde wird die ohnehin höchst nötige Desinfektion der Mund- und Rachenhöhle dort, wo mehrere Menschen gemeinsam wohnen oder arbeiten, zu einem Gebote der Notwendigkeit. Für den Massengebrauch eignet sich die 5‰-Lösung des Kaliumpermanganats oder die 2% des chlorsauren Kalis (giftig!), dann die (übelriechende) 2%-Karbollösung, ½%-Senföllösung. Auch zum Gurgeln und Bürsten der Zähne eignet sich die 1½‰-Kaliseifenlösung.

2. Desinfektion der menschlichen Se- und Exkrete. Hierbei pflegte man sich den größten Illusionen hinzugeben. Ganze Ausgüsse, Kanäle, Senkgruben u. dergl. zu desinfizieren ist kaum möglich; man benötigte hierzu große Mengen von antiseptischen Stoffen und gewisse Vorrichtungen, die bewirkten, daß der ganze Abortinhalt mit dem Desinfektionsmittel in Berührung käme (s. Kläranlagen). Eine wirksame Desinfektion wird man daher nur dann erzielen, wenn man die Abfallstoffe in dem Momente desinfiziert, wo sie abgesetzt werden, bezw. wenn die Ablagerung auf eine antiseptische Schicht bewerkstelligt wird. Die Kotmasse macht man keimfrei mit Karbol, Eisenvitriol, Sublimat, Kupfervitriol. Seit 1890 verwendet man auch allenthalben, angeregt durch die Arbeiten von Blasius und Hildebrand, Torfmull als Antiseptikum für Aborte. Der trockene Torfmull besitzt mehrere für die Desinfektion und Fäkalbindung wichtige Eigenschaften; er zieht Feuchtigkeit gierig an sich und bindet 14 kg derselben pro 1 kg; er wirkt durch seinen Gehalt an Humussäure antizymotisch, jedoch nicht antiseptisch. — Große Aufmerksamkeit ist der Desinfektion des Auswurfes zuzuwenden. Eingetrockneter Auswurf verstaubt alsbald und bringt so feine Keime in die Luft, was dann zu Inhalationsinfektion Anlaß gibt. Es muß daher in privaten sowie öffentlichen Räumen strenge darauf gesehen werden, daß nur in Speinäpfe ausgespuckt werde. Die Speinäpfe müssen aus leicht zu reinigendem glattem Material sein, das Hitze und Säure verträgt (Steingut). Zur Füllung derselben dienen mit antiseptischen Lösungen befeuchtete Sägespäne, die allabendlich verbrannt und frisch ersetzt werden. In neuerer Zeit plädiert man für die Füllung der Speinäpfe mit antiseptischen Flüssigkeiten, allein dies hat nur in solchen Räumen Sinn, wo (wie in Spitälern) die Gefahr des Umschüttens, also der flächenhaften Ausbreituug von Keimen, nicht zu fürchten ist. — Sand verstaubt, ist also ungeeignet! Da man im Auswurfe vorzüglich die Tuberkelbazillen töten will, so muß man starke Antiseptika anwenden: 1‰-Sublimatlösung. Die Speinäpfe bedürfen zur Desinfektion des 10 Minuten dauernden Auskochens bei 110°.

3. Desinfektion von Räumlichkeiten. Nachdem der Fußboden des Zimmers gut mit 5%-Karbollösung angefeuchtet ist, werden die Tapeten bezw. gestrichenen Wände mit Brot trocken abgerieben, polierte und geschnitzte Möbel, Bilder mit Rahmen, Metall- und Kunstgegenstände werden mit trockenen Lappen sorgfältig gescheuert. Von den Wandflächen, die mit Auswurfstoffen Kranker besudelt sind, müssen Tapeten bezw. Anstrich nach Anfeuchten mit 5%-Karbollösung durch Abkratzen in entsprechender Ausdehnung entfernt werden. Fußböden, Türen, Fenster, unpolierte Holzverkleidungen sind mit 5%-Karbollösung sorgfältig abzureiben, eventuell läßt man auch in die Fugen der Dielen Karbol einziehen. Nach erfolgter Desinfektion wäscht man mit reinem Wasser nach. Das zum Abreiben verwendete Brot bezw. die Lappen werden verbrannt. Nachdem so jeder Gegenstand gereinigt und desinfiziert ist, lüfte man den Raum durch mehrere Tage im Zugwinde. — Eine besondere Art der Desinfektion von Räumen ist die Räucherung; hierüber s. Punkt 4.

4. Desinfektion der Luft. Die Luft im Freien läßt sich nicht desinfizieren, daher sind die ehemals gebräuchlichen Seuchenfeuer nutzlos. In geschlossenen Räumen nutzt möglichst häufiges Lüften und Entfernung der verseuchten Gegenstände am meisten; oft besteht die große

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

desinfizierende Wirkung des Karbols nur darin, daß es luftscheue Menschen seines übeln Geruches wegen veranlaßt, ordentlich zu lüften. In Frankreich und England sind die Räucherungen noch sehr beliebt und werden zur Desinfektion der Luft und der Räume benutzt. Ueber die Wirkung der schwefligen Säure und von Chlor vgl. das oben Gesagte. Man rechnet pro 1 cbm Rauminhalt 40—50 g Schwefel. Diesen teilt man in kleine Portionen, die man auf Ziegelsteinen gleichmäßig im Zimmer verteilt und etwas mit Spiritus befeuchtet. Nach dem Entflammen schließt man das Zimmer ab und läßt es 24 Stunden geschlossen. (Metallgegenstände sind zu entfernen oder einzufetten.) S. a. Chlor. Formalin: Einwirkungsdauer in den mittels Watte oder Putzwolle abgedichteten Räumen (Türritzen, Schlüssellöcher, Fensterritzen) mindestens 6 Stunden. Vgl. Desinfektionsapparate.

5. Desinfektion des Wassers. Die Desinfektion des Spülwassers fällt mit der der Exkremente zusammen, die des Trinkwassers durch Salze ist veraltet; vgl. Filtration.

6. Desinfektion von Leib- und Bettwäsche, Kleidung. Schuhe und Pelzwerk, die nicht durch Hitze sterilisiert werden können, ohne daß sie Schaden nehmen, wasche man mit Sublimat oder behandle sie mit Formalindampf. Sonstige Effekten müssen durch Hitze sterilisiert werden, wenn man sie weiter gebrauchen soll. Hierbei sei man aber nicht zu kleinlich und verbrenne lieber wertlose Sachen (Bettstroh) oder Dinge von geringem Werte (stark abgenutzte, zerrissene Kleidungsstücke). Hat man keine Sterilisationsanstalt in der Nähe, so koche man die Gegenstände in Sodalösung gut aus. Für Dampf- und Hitzedesinfektionsanstalten gibt es verschiedene Prinzipien. Die älteren Anstalten sterilisierten mit heißer Luft, z. B. in Foodstreet-Liverpool, wo vier Kammern, aus Gußeisen konstruiert, in kleinen Entfernungen nebeneinander liegen, so daß zwischen den Wänden heißer Dampf zirkuliert; oder in Birdstreet-London, wo die Wände aus Backstein, die Türen aus Eisen und der Boden durchbrochen ist, so daß von unten her heiße Luft eindringt, oder in der Charité-Berlin, wo in den Doppelmantel eines zur Aufnahme der Kleider dienenden Zylinders heißer Dampf geleitet wird. Nachdem M. Wolff dargetan hat, daß heiße Luft zweifelhafte Resultate ergibt, daß aber strömender Wasserdampf binnen wenigen Minuten (in nassen Gegenständen allerdings erst binnen zwei Stunden) alle Keime sicher tötet, daß außerdem Dampf die Gewebe weniger angreift als heiße Luft, hat man die Desinfektion in strömendem Dampfe eingeführt (s. Desinfektionsapparate).

Ueber die Desinfektion von Tierhaaren, Borsten u. dergl., die aus dem Auslande kommen, gibt § 2 des Reichsgesetzes vom 22. Oktober 1902 Auskunft. Die Desinfektion muß nach Wahl des Betriebsunternehmers geschehen, entweder

a) durch mindestens halbstündige Einwirkung strömenden Wasserdampfes bei einem Ueberdruck von 0,15 Atmosphären, oder

b) durch mindestens viertelstündiges Kochen in 2%-Kaliumpermanganatlösung mit nachfolgendem Bleichen mittels 3—4prozentiger schwefliger Säure, oder

c) durch mindestens zweistündiges Kochen in Wasser.

Literatur: Lehrbücher der Arzneimittellehre von Bernatzik-Vogl, Hufemann, Möller, Cloetta-Filehne, Binz; Bocquillon-Limousin, Formulaire des médicaments nouveaux, Paris 1894; Mitteilungen aus dem Kais. Gesundheitsamte, I, S. 271; Blasius und Hildebrand, Desinfektion durch Torfmull, Wien 1890; Wilson, G., Handbook of Hygiene, 1894; Virchows Archiv 102; Handbuch der Hygiene, Jena 1900, 9. Bd.; Bujard-Baier, Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker, Berlin 1900; Chaplewsky, Desinfektion, 1904; v. Esmarch, Hygien. Taschenbuch, Berlin 1898.

(Bryk) Bujard.

Desinfizierende Wirkung der Anstrichfarben. Eine desinfizierende Wirkung kommt, nach von berufener Seite durchgeführten Versuchen, nur den Leinöl- (Hanf-, Mohn- u. s. w. Oel) firnissen, nicht aber den Email-(Lack-)farben zu, während Leim- und Wasserfarben eher das Leben von Bakterien befördern. Die Emailfarben sind wohl keine Pflanzstätte für Bakterien vermöge ihrer großen Glätte und der leichten und sicheren Reinigung, aber wirklich desinfizierend wirken nur Oelfarben, und zwar vermöge ihres Wasserstoffsuperoxydgehaltes, der sich bei der fortschreitenden Veränderung des Oeles auch in trockenem Zustand bildet. Noch nach drei Jahren hat man in mit Firnis überzogenem Papier Wasserstoffsuperoxyd mittels Jodkalium nachgewiesen. *Andés.*

Desinfektion der Eisenbahnwagen, s. Eisenbahnbetrieb.

Desinfektionsapparate, die technischen Einrichtungen zur Durchführung der Desinfektion (s. d.) bezw. zur Vernichtung von pathogenen Bakterien in Gebrauchsgegenständen aller Art ohne erhebliche Schädigung der letzteren.

Hierher gehören also nicht die besten Apparate zur Desinfektion, die Verbrennungsapparate (s. Kehrichtverbrennung); auch Apparate, die mit trockener Hitze von ca. 150° C. arbeiten, nicht, denn diese hohe Temperatur ist nur ausnahmsweise auf wenige Gebrauchsgegenstände (ohne Schädigung der letzteren) anwendbar (überhitzter Wasserdampf kommt annähernd der trockenen Hitze gleich). Dagegen können ohne erhebliche Schädigung Teppiche, Betten, Matratzen, Decken, Kleider, Gardinen, Lumpen, Strohsäcke, Glas- und Metallgeräte u. a. erfolgreich durch Behandlung mit gesättigtem Wasserdampf desinfiziert werden. Für Möbel, Pelze, Hüte, Lederfachen, Bücher, Kämme, Bürsten u. s. w. ist die Wasserdampfbehandlung nachteilig; es werden hier zur Desinfektion Formalindämpfe angewendet. Letztere werden auch mit Wasserdampf kombiniert (vgl. [4] und D.R.G.M. Nr. 189957). Bei der Wasserdampfbehandlung wird das Desinfektionsgut in geschlossene Kammern gebracht, die dem Dampfdrucke (der den atmosphärischen Druck mehr oder weniger übersteigt) mit Sicherheit zu widerstehen vermögen. Die Dampfzuströmung soll an dem höchsten, die Dampf- und Kondensationswasserabströmung an dem tiefsten Punkte der Desinfektionskammer erfolgen; die letztere ist möglichst gegen Wärmeverluste zu

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

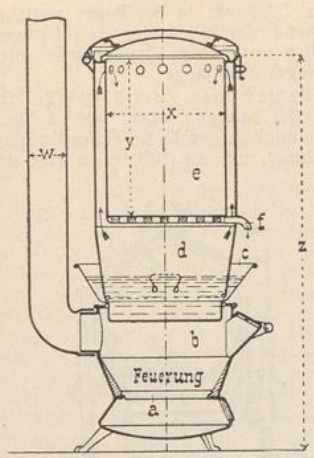


Fig. 1.

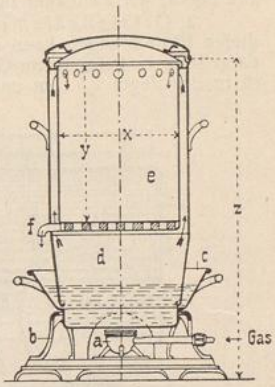


Fig. 2.

fchützen und fo zu bauen, daß unbenutzte, alfo unnötig geheizte Räume auf ein Minimum befchränkt werden. Nach erfolgter Desinfektion foll zur Trocknung des Desinfektionsgutes warme Luft zutreten.

Die Form der Desinfektionskammer ift gleichgültig; es follen aber zur Vermeidung von Reinfektion zwei Türen und Flanelltücher (Beutel) zum Schutze des Desinfektionsgutes gegen Abtropfen von Roftwaffer u. f. w vorhanden fein. Je höher die Dampftemperatur ift, in um fo kürzerer Zeit und mit um fo ficherem Erfolge kann desinfiziert werden. Indeffen lehrt die Erfahrung, daß Waffердampf von ca. 120° C. auch die widerftandsfähigften Keime zu töten vermag, fo daß Apparate mit mehr als zwei Atmofphären Ueberdruck kaum irgendwo angewendet werden. Die größere Preffung verteuert nämlich die Apparate fehr und infolge der erforderlichen Konzeffion u. f. w. auch die Betriebe. Nachdem im allgemeinen Waffердampf von 100° C. bei längerer Berührung mit dem Desinfektionsgute eine ausreichende Desinfektion bewirkt, verwendet man meiftens nur Einrichtungen, die 0,05—0,2 Atmofphären Ueberdruck zu erzeugen geftatten. Der Waffердampf von mehr als 100° C. wird felten beftehenden Dampfkeffelanlagen entnommen, in der Regel in befonderen gefchloffenen Generatoren erzeugt; er kann aber auch durch einfaches Kochen von Salzlöfungen, die einen höheren Siedepunkt als gewöhnliches Waffer haben, erzielt werden; doch verderben die fo erhaltenen Dämpfe die Apparate. Auf die Abnahme der Siedetemperatur mit zunehmender Meereshöhe ift zu achten.

1. Dampfdesinfektionsapparate für kleinere Verhältniffe find in den Fig. 1 und 2 dargeftellt. Fig. 1 zeigt einen folchen für direkte Feuerung mit feftem Brennmaterial, mit Feuerungstopf *b*, Roft *a* und Schornftein *w*. Die Verdampfungspfanne *c* ruht direkt auf dem Feuertopf und trägt den eigentlichen Desinfektionsapparat, aus den zylindrifchen Gefäßen *d* und *e* beftehend. Nachdem der Zylinder *e* mit dem Desinfektionsgute gefüllt ift, wird das Waffer in *c* zum Sieden gebracht, wobei die Dämpfe in Richtung der Pfeile fich gegen den Auslauf *f* hin bewegen, zunächft die Luft aus der Desinfektionskammer verdrängend und dann an diefer Stelle felbft austretend. — Bequemer für die Bedienung werden derartige Apparate, wenn fie, wie Fig. 2 zeigt, mit Gasfeuerung *a* ausgeftattet find. Im übrigen dienen die mit gleichen Buchftaben wie bei

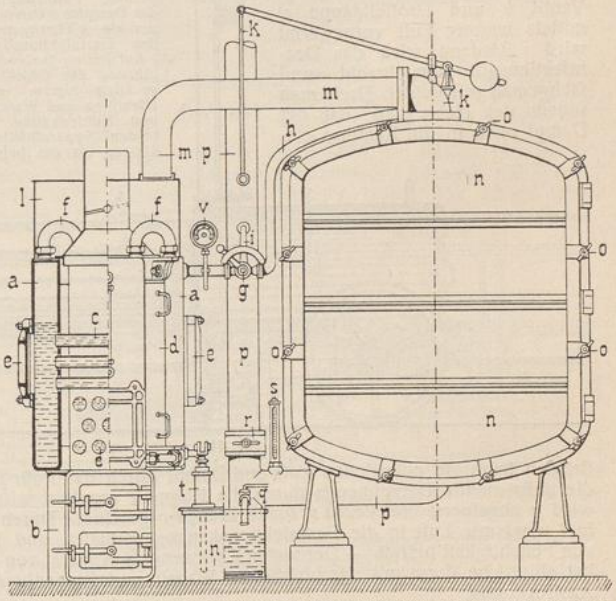


Fig. 3. Desinfektionsapparat *T* nach Rietfchel & Henneberg mit Vorwärmung und Ventilationseinrichtung. *a* Waffеrrohrkammer zum Dampfentwickler. *b* Feuerung. *c* Waffеrrohre des Dampfentwicklers, von den Feuergafen umfpült. *d* Verfchlußdeckel für die Reinigung der Feuerzüge. *e* Verfchlußdeckel für die innere Reinigung der Waffеrrohre. *f* Verbindungsrohre für die Dampfräume der einzelnen Rohrkammern. *g* Dampfumfchaltehahn zur Einleitung des Dampfes in die Desinfektionskammer oder in das Ventilationsrohr. *h* Dampfrohr, zur Desinfektionskammer führend. *i* Dampfrohr, vom Umfchaltehahn ins Ventilationsrohr führend. *k* Ventil mit Zugftange und Gegengewicht zum Abfchluß der Warmluftleitung *m*. *l* Luftheizkammer mit Einftrömungsöffnungen am Boden. *m* Warmluftleitung, von der Luftheizkammer nach der Desinfektionskammer führend. *n* Desinfektionskammer mit Türe, auf gußeifernen Füßen ruhend. *o* Flügelfchrauben zum Türverfchluß. *p* Abzugsrohr mit Waffеrfammler. *q* Hahn zum Ablaffen des Kondenswaffers. *r* Droffelklappe zur Regulierung der Dampfabftrömung *s* Thermometer, die Temperatur des abziehenden Desinfektionsdampfes anzeigend. *t* Handfpeifepumpe. *u* Sammelgefäß für das durch Hahn *q* abgefchiedene Kondenswaffer. *v* Manometer zur Erkennung des Dampfdruckes.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 1 bezeichneten Räume denfelben Zwecken. Das Maß x fchwankt in der Regel zwifchen 0,350 und 0,700 mm; y ift etwa $= 1{,}25 \cdot x$ und dementfprechend der Inhalt des Desinfektionsraumes $= \sim 0{,}1 \cdot x^3$. In fo kleinen Räumen find felbftverftändlich nur wenige Gegenftände unterzubringen; die Zeitdauer der Desinfektion ift dabei in der Regel eine lange.

2. Ortsfefte Dampfdesinfektionsapparate für größere Verhältniffe. Bei diefen Einrichtungen kann der Dampf aus fernftehendem Keffel bezogen oder, wie in Fig. 3 dargeftellt, in befonderem Generator erzeugt werden. Der Rauminhalt der Desinfektionskammer ift in der Regel 2,5 cbm und größer. Die Kammer ift zweitürig, um die infizierten von den

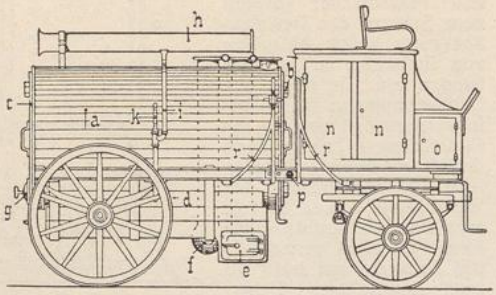


Fig. 4.

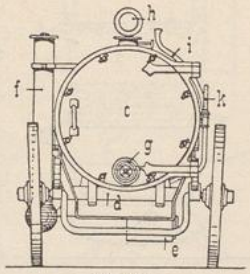


Fig. 4a.

desinfizierten Gegenftänden zu trennen. In den gußeifernen, mit Waffer-röhren *c* verbundenen Kammern *a* entwickelt fich der Dampf, während die Desinfektionskammer (durch entfprechende Stellung von Umfchaltehahn *g*, Ventil *k* und Droffelklappe *r*) mittels warmer Luft vorgewärmt wird. Alsdann wird das Desinfektionsgut eingebracht und fachgemäß gefchichtet. Dreht man fodann den Hahn *g* fo, daß der Dampf oben in die Kammer ein-

Zu Fig. 4, 4a, 4b und 4c: *a* Desinfektionskammer, mit Ifoliermantel umgeben. *b* Einladetür. *c* Ausladetür. *d* Dampfentwickler zur Erzeugung der Desinfektionsdämpfe. *e* Feuerung hierzu. *f* Umlegbares Schornfteinrohr. *g* Luftventil zur Einführung frifcher Luft in die Desinfektionskammer. *h* Umlegbares Ventilationsrohr zur Abführung der Dämpfe während der Ventilationsperiode. *i* Abdampfrohr zur Abführung des Dampfes während der Desinfektionsperiode. *k* Thermometer, die Temperatur des Desinfektionsdampfes anzeigend. *l* Auf Rollen laufendes Geftell zur Einführung der Objekte in den Apparat. *m* Gleis hierzu. *n* Behälter für die Utenfilien und Werkzeuge. *o* Fourage- und Kohlenkaften. *p* Kupplung der beiden Apparathälften. *r* Umlegbare Stützen für die beiden Apparathälften.

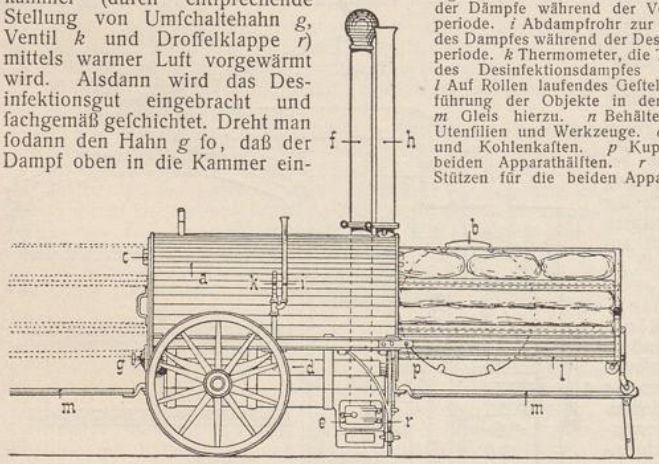


Fig. 4b.

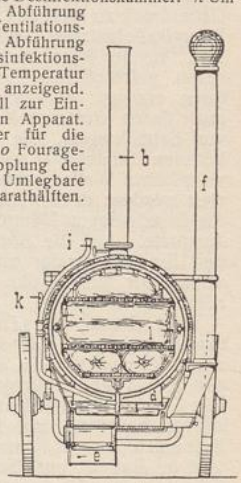


Fig. 4c.

ftrömen kann, fo entweichen Luft und Dampf durch das Rohr *p*, wobei der Dampfdruck bezw. die abftrömende Dampfmenge durch die Klappe *r* reguliert wird. Nach beendeter Desinfektion wird *g* abgefperrt und Ventil *k* fowie Klappe *r* geöffnet. Durch den Injektor *i* wird fodann die in *l* erwärmte Luft in die Desinfektionskammer geblafen und letztere fowie das Gut gänzlich von Feuchtigkeit befreit. — Der vielfach verwendete Apparat von Schimmel & Co., Chemnitz [5] hat elliptifche Form mit durchfahrbaren Wagen und Rippenheizkörpern zur Vortrocknung und Austrocknung.

3. Ein fahrbarer Dampfdesinfektionsapparat ift in den Fig. 4, 4a, 4b und 4c erläutert. Der Apparat befteht aus zwei, durch die Kupplung *p* getrennten Hälften, von denen die vordere den Kutfcherbock mit Furagekaften *o* und Werkzeugraum *n* enthält, während die hintere Hälfte aus der Desinfektionskammer *a* mit Dampfentwickler *d* befteht. Im Betrieb wird die vordere Hälfte entfernt, wobei dann die hintere auf zwei Rädern und den Stützen *r* (Fig. 4b) ruht. Dadurch, daß zwei Türen an der Desinfektionskammer vorhanden find, werden die infizierten Gegenftände von den desinfizierten räumlich getrennt. Der Dampfentwickler ift in Form einer liegenden niedrigen Waffer-fchale direkt unter der Desinfektionskammer angeordnet. Die übrige Einrichtung ift aus der Buchftabenerklärung verftändlich. Die Fig. 1—4c entfprechen Konftruktionen von Rietfchel & Henneberg, Berlin.

4. Vakuumdesinfektionsapparate in Schlachthäufern (Sterilifatoren [1], S. 651) finden Verwendung zur Unfchädlichmachung des Fleifches tuberkulöfer Tiere, von finnigem, trichinöfem Fleifch u. f. w.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

5. Apparate zur Desinfektion mittels flüchtiger Desinfektionsmittel im Kreislaufbetriebe ſind in Fig. 5 ſchematiſch dargeſtellt nach einem von Lehmann & Schmidt, Eilenburg (Provinz Sachſen), auseinandergeſetzten Verfahren, das außer Waſſerdampf noch andre Desinfektionsmittel, beſonders Fomaldehyd, zu verwenden geſtattet. Das Desinfektionsgut wird in die Kammern *a* gebracht; dieſe werden luftdicht verſchloſſen und nach Schließen der Schieber Ic, IIa, IIb, III bei geöffneten Schiebern I, Ia, Ib mittels des als Luftpumpe wirkenden Gebläſes *b* luftleer geſaugt. Die Luft ſtrömt hierbei durch *k* ab. Nun wird der Schieber Ib geſchloſſen und bei geöffneten Schiebern I, Ia, Ic der Entwickler *h*, der mit Dampf- oder Waſſerheizmantel verſehen iſt und z. B. Formaldehyd enthält, angewärmt. Gleichzeitig wird das Gebläſe *g* in Gang geſetzt. Das ſich unter der Luftleere entwickelnde Formaldehyd wird ſo mit größter Geſchwindigkeit durch das Desinfektionsgut getrieben, vom Gebläſe angeſaugt und macht dieſen Weg im Kreiſe. Durch Drehen des Wechſelventils *S* kann in dem Desinfektor *a* die Richtung des Desinfizierens umgekehrt werden; auch läßt ſich die Menge des letzteren nach Belieben ſteigern oder verringern, ebenſo die Temperatur, genau ſo, wie es die Schonung des Desinfektionsgutes verlangt.

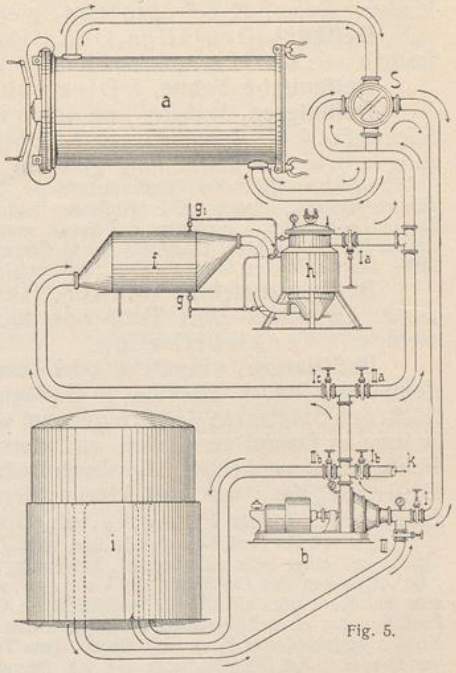


Fig. 5.

6. Intereſſant iſt auch das Desinfektionsſchiff der Gebrüder Schmidt, Weimar (Fig. 6). Dasſelbe ſoll zunächſt die Möglichkeit bieten, daß von einem verſeuchten Schiffe ſämtliche Perſonen überführt und gebadet werden; gleichzeitig werden die Kleider desinfiziert und ebenſo das Schiff, aus dem die Perſonen kommen. Die Maßregeln können überall, alſo auch auf See, ausgeführt werden. Das Desinfektionsſchiff iſt in eine reine und eine unreine Seite geſchieden, und man gelangt von der einen Seite zur andern nur durch Badezellen. Auf der unreinen Seite befinden ſich Unterſuchungszimmer, Lazarett und Raum für Verdächtige. In 12 Zellen ſollen in 24 Stunden ca. 600 Perſonen baden und darauf ihre desinfizierten Effekten wieder erhalten. Das Schiff wird entweder geſchleppt oder erhält eigne Fortbewegungsmaſchinen [4].

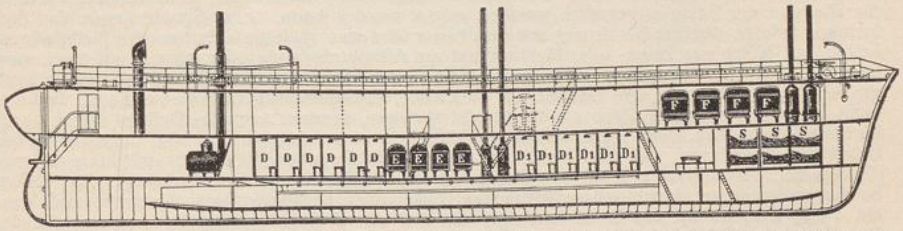


Fig. 6. *D* Badezellen für Männer. D_1 Badezellen für Frauen. *E* Dampfdesinfektionsapparat für die beim Baden abgelegten Kleider. *F* Dampfdesinfektionsapparat für das Gepäck der Paſſagiere. *S* Mannſchaftsräume.

Bezüglich der Apparate zur Zimmerdesinfektion mittels Formalindämpfen und der nachfolgenden Desodorifierung durch Ammoniak, des ſogenannten Aeskulapapparates von Schering, des Breslauer Desinfektionsapparates von Flügge u. a. verweiſen wir auf [1]. Formalin-Desinfektionsapparate werden auch benutzt für Pelzſachen, Lederwaren, Bürſten u. ſ. w., die in heißem Waſſerdampf notleiden würden. Um bei den Waſſerdampfapparaten den Zeitpunkt feſtzuſtellen, in dem die vollkommene Desinfektion erreicht iſt, wird ein elektriſches Läutewerk angeordnet, das anzeigt, wenn in der Desinfektionskammer ein an der von den Waſſerdämpfen am ſchwerſten erreichbaren Stelle eingelegtes Thermometer 100° C. anzeigt. — Weiteres über das Verfahren u. ſ. w. ſ. Desinfektion und [2], [3].

Literatur: [1] Handbuch der Hygiene, Jena 1900, Bd. 9, S. 565 ff. — [2] Ausführungsbeſtimmungen für das Geſetz zur Bekämpfung gemeingefährlicher Krankheiten, vom 15. Oktober 1900, Berlin. — [3] Kirſtein, Leitfaden für Desinfektoren, Berlin 1901. — [4] Katalog von Gebrüder Schmidt in Weimar. — [5] Katalog von Schimmel & Co. in Chemnitz. *Lueger.*

Desinfizierende Emails, ſ. Emailfarben.

Desintegratoren, ſ. Schleudermühlen.

Desmin, ſ. Zeolithe.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Desmoſit, ſ. Spiloſit.

Desodoriſation, vgl. Desinfektion.

Desoxydation, chemiſcher Prozeß, durch den einer ſauerſtoffhaltigen Verbindung Sauerſtoff entzogen wird; gleichbedeutend mit Reduktion (ſ. d.).

Deſſätine (Deßjätina, Deſſatine), ruſſiſches Flächenmaß = 2400 Quadratfaſchen = 1,0925 ha. 10 Deſſätine = 27 Acres of Land. *Plato.*

Deſſauiſche Feime, ſ. Diemenhäufer.

Deſſinieren, Muſtern, jene Arbeit in der Tuch-, Tapetenfabrikation, Weberei, Stickerei u. ſ. w., durch die an der Oberfläche eines glatten Grundes eine Muſterung u. ſ. w. zur Ausführung gebracht wird.

Literatur: Bötticher, Deſſinateurſchule, Leipzig und Berlin 1839; Fiſchbach, Stiliſtiſche Flachornamente, Hanau 1873; Hoffmann und Kellerhoven, Recueil des dessins, Paris 1858; Dupont-Auberville, L'ornement des tissus, ebend. 1875; Denk, R., Bindungslehre für Gewebe, Altona 1885; Lord-Lieb, Handbuch für Muſterzeichner der Textilkunſtinduſtrie, Wien-Peſt-Leipzig 1900; Martin, Muſter-Zeitung („Der Muſterzeichner"), Leipzig. *Ernſt Müller.*

Deſſiniermaſchine (Muſter-, Hebemaſchine), Vorrichtung, durch die an der Oberfläche eines Tuch- oder tuchartigen Gewebes Muſter hervorgebracht werden; ſ. Tuchfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Deſtillation, chemiſche oder chemiſch-techniſche Operation, bei der verdampfbare, flüſſige, flüchtige, in Gefäßen befindliche Körper von nicht oder wenig flüchtigen Subſtanzen dadurch getrennt werden, daß man ſie durch Zuführung von Wärme in Dampf verwandelt und durch darauffolgende Abkühlung wieder zu Flüſſigkeiten verdichtet. Die durch Deſtillation gewonnene Flüſſigkeit nennt man Deſtillat, das, was zurückbleibt, Rückſtand (bei der Deſtillation geiſtiger Flüſſigkeiten früher Phlegma, die Operation ſelbſt Dephlegmieren).

Die älteſten Deſtillierapparate ſind ohne Zweifel die ſogenannten Retorten, birnförmige Gefäße mit einer ſpitz zulaufenden, knieförmig umgebogenen Röhre (Hals), an die das Gefäß zum Auffangen des Deſtillates, die Vorlage, angeſchloſſen wird. Häufig beſitzen die Retorten eine mit Kork oder Glasſtöpſel verſchließbare Oeffnung (Tubus, Tubulus) zum bequemeren Einfüllen der zu deſtillierenden Subſtanzen. An ihrer Stelle nimmt man jetzt in den Laboratorien Kolben verſchiedener Form und Größe, zum Teil mit ſeitlichen Anſätzen, ferner mit Aufſätzen verſchiedener Art (Kugelaufſätze u. ſ. w.). Für die Wahl des Materials, aus denen die Deſtillierapparate hergeſtellt werden, iſt in erſter Linie die Natur der zu deſtillierenden Körper maßgebend. In den wiſſenſchaftlichen und techniſchen Laboratorien beſtehen die Apparate vorwiegend aus Glas, in vereinzelten Fällen aus Platin, neuerdings auch aus Aluminium (Heräus, Hanau), ferner aus dem feuerbeſtändigen Quarzglas oder Ton; in der Induſtrie aus Kupfer, Eiſen, Ton, Holz, bei der Schwefelſäurefabrikation aus Platin, einem der teuerſten Metalle, weil dasſelbe bei der Rektifikation und Konzentrierung der Schwefelſäure durch keines der gewöhnlichen Metalle, die alle von der Säure angegriffen werden, erſetzt werden kann. Zum Schutz gegen das Zerſpringen infolge direkter Berührung mit dem Feuer ſetzt man gläſerne Retorten oder Deſtillationskolben auf Netze aus Eiſen- oder Meſſingdraht auf Aſbeſtunterlagen oder auf eine mit trockenem Sand verſehene eiſerne Schale oder Platte (Sandbad). Manche Flüſſigkeiten entwickeln trotz gleichmäßiger Erhitzung ihre Dämpfe nur ruckweiſe, explofionsartig (Siedeverzug), wodurch nicht nur Retorten oder Kolben aus Glas leicht ſpringen, ſondern auch das Deſtillat leicht durch hinübergeſchleuderte, noch nicht deſtillierte Flüſſigkeit verunreinigt wird. Man begegnet dieſen Uebelſtänden dadurch, daß man harte, in der zu deſtillierenden Flüſſigkeit unlösliche Körper (Glasſplitter, Metalldraht u. ſ. w.) vor Beginn der Deſtillation in die Retorte bringt. Das läſtige Schäumen mancher, insbeſondere ſchleimiger Subſtanzen verhindert man dadurch, daß man ein wenig Paraffin in das Gefäß einträgt, das bei der Deſtillation ſchmilzt und eine auf der Oberfläche der Flüſſigkeit ſchwimmende, den Schaum zurückhaltende Decke bildet. — Für gewöhnliche Fälle genügt es, wenn die Vorlage zur Kühlung in einer Schale mit kaltem Waſſer liegt. Bei ſchwerer kondenſierbaren Dämpfen verbindet man die Retorte mittels eines Kautſchukſchlauches oder eines durchbohrten Korkſtopfens mit Liebigſchem Kühler oder andern Kühlern verſchiedener Konſtruktion, alle beſtehen im Prinzip aus Glas- oder Metallröhren verſchiedener Form (Schlangenwindungen oder gerade), die in eine weitere Glasröhre oder in einen Metallmantel eingedichtet ſind. Der äußere Mantel iſt mit Anſätzen für den Ein- und Ausfluß für die Zu- und Ableitung des Kühlwaſſers verſehen. — Manche Subſtanzen laſſen ſich unter gewöhnlichem Luftdruck nicht unzerſetzt deſtillieren. In ſolchen Fällen verdünnt man mittels einer Waſſerſtrahlluftpumpe die Luft in dem mit der Vorlage luftdicht verbundenen Deſtillierapparat ſo weit, bis ſich der Siedepunkt der zu deſtillierenden Flüſſigkeit ſo weit erniedrigt hat, daß die Deſtillation ohne Zerſetzung ſtattfinden kann. Unter vermindertem Luftdruck ſieden bekanntlich die Körper bei niederer Temperatur, ſind alſo dementſprechend weniger leicht zerſetzlich. — Von der eigentlichen Deſtillation iſt die ſogenannte trockene Deſtillation zu unterſcheiden, bei der unter vollkommenem Luftabſchluß und unter dem Einfluß hoher Temperaturen organiſche Stoffe in feſte, flüſſige und gasförmige Produkte zerfetzt werden, die in der Regel alle zugleich auftreten. Ein Beiſpiel im großen hierfür liefert die Leuchtgasfabrikation aus Steinkohlen. — Zur Deſtillation unter vermindertem Druck, d. h. zur ſogenannten Vakuumdeſtillation, ſind eine ganze Anzahl von Vorrichtungen konſtruiert. *Bujard.*

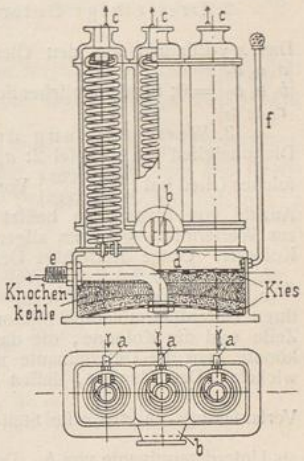
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wichtige Induſtrien, die ſich auf die Deſtillation gründen, ſind folgende: 1. Spiritusfabrikation; 2. Leuchtgasfabrikation, Koksfabrikation, die Holzdeſtillation zur Gewinnung der Eſſigſäure, des Holzgeiſtes und Teers für die Farbeninduſtrie, die Braunkohlendeſtillation zur Gewinnung des Solaröls u. ſ. w., mit ihren zahlreichen und wichtigen Nebenprodukten; 3. die Petroleuminduſtrie. Ueber die Apparate, deren ſich der Großbetrieb bedient, ſ. die Artikel über die verſchiedenen Induſtrien (Spiritusfabrikation, Leuchtgasfabrikation u. ſ. w.). Eine knappe, überſichtliche Zuſammenſtellung ſolcher Apparate, nebſt Angaben über ihre Bezugsquellen, Leiſtungsfähigkeit u. ſ. w. findet ſich in A. Parnicke, Die maſchinellen Hilfsmittel der chemiſchen Technik, Frankfurt a. M. 1894, S. 238 ff.

Deſtillation, fraktionierte. Eine in der chemiſchen Praxis vielfach angewendete Methode zur Trennung verſchieden flüchtiger Stoffe aus ihrer Miſchung iſt die ſogenannte fraktionierte Deſtillation, die man in der Induſtrie gewöhnlich als „Rektifikation“ bezeichnet. Da der Dampfdruck einer Flüſſigkeit durch Zuſatz eines andern Körpers verkleinert wird, und zwar proportional ihrem Gehalt an demſelben, ſo wird beim Abdeſtillieren der flüchtigen Flüſſigkeit der Gehalt des Rückſtandes größer, alſo der Dampfdruck kleiner, womit bei konſtantem Druck ein Anſteigen des Siedepunktes Hand in Hand geht. Demnach wird das Deſtillat bei der Deſtillation eines ſolchen Gemiſches beim niedrigſten Siedepunkt am reichſten an der flüchtigeren Komponente des Gemiſches ſein, der ſich bei höheren Siedepunkten immer mehr der andern beimengt.

Durch getrenntes Auffangen der bei verſchiedenen Temperaturen übergehenden Deſtillate und abermalige Fraktionierung derſelben gelingt es meiſt, die flüchtigere Komponente ziemlich vollſtändig von der Beimengung zu befreien. Die Möglichkeit hängt übrigens von dem Verlauf des Dampfdrucks der Miſchung in Hinſicht auf ihre Zuſammenſetzung ab. Exiſtiert ein Gemiſch von maximalem Dampfdruck, ſo wird dieſes beim niedrigſten Siedepunkt überdeſtillieren, und es wird dann der höchſte Siedepunkt der Komponente des Gemiſches entſprechen, die dem Gemiſch mit maximaler Dampfſpannung gegenüber im Ueberſchuß vorhanden iſt. Es würde alſo hier die höchſtſiedende Fraktion oder der Rückſtand die eine reine Komponente enthalten. — Näheres ſ. Nernſt, Theoretiſche Chemie, Stuttgart 1893, S. 99 ff. *Abegg.*

Deſtillierapparat an Bord der Schiffe dient dazu, aus Meerwaſſer Friſchwaſſer für den Bedarf zum Kochen, Trinken und Waſchen herzuſtellen.



Da für jeden Kopf der Beſatzung im allgemeinen ein Friſchwaſſerverbrauch von 10 l für den Tag erforderlich iſt, ſo ergibt ſich für größere Kriegsſchiffe mit Beſatzungen von 500 bis 700 Mann ein täglicher Friſchwaſſerverbrauch von 5—7 t. Hiervon deckt die Trinkwaſſerlaſt, die auf 70 l pro Kopf der Beſatzung bemeſſen wird, den Verbrauch für ſieben Tage, während die Ergänzung von den Deſtillierapparaten oder Deſtillierkondenſatoren mit Filter zu liefern iſt [1]. Das Prinzip derſelben beſteht darin, daß Seewaſſer in einem beſonderen Dampfkeſſel oder Evaporator verdampft und der erzeugte Dampf dann kondenſiert und gereinigt wird. Um dem Waſſer Kohlenſäure zuzuführen und es auf dieſe Weiſe ſchmackhafter zu machen, wird das deſtillierte Waſſer, ehe es den Filter paſſiert, mit Luft gemiſcht. Die früher verwendeten Deſtillierapparate von Normandy, Perroy u. a. haben einfacheren Apparaten Platz gemacht. Der Deſtillierapparat von Kirkaldy (ſ. die Figur) beſteht aus einem Evaporator, aus dem der Dampf in den Deſtillierkondenſator bei *a* eintritt; er durchſtrömt dann die Rohre, die durch bei *b* eintretendes und bei *c* austretendes Kühlwaſſer von außen gekühlt werden, und wird ſo kondenſiert. Das Kondenswaſſer wird durch das Luftrohr *f* mit Luft gemiſcht, gelangt in den Filter *d* und durch das Rohr *e* zum Sammeltank [2]. Auf größeren Schiffen, die beſondere Speiſewaſſererzeuger (ſ. d.) beſitzen, finden die Deſtillierkondenſatoren mit Filtern von Pape und Henneberg vielfach Verwendung. Die größten Apparate liefern in 24 Stunden etwa 5 t Trinkwaſſer [3].

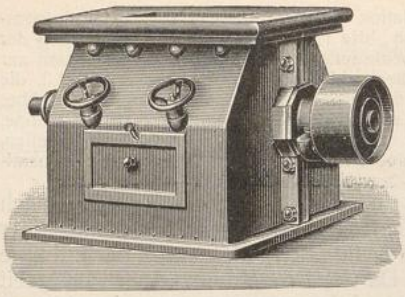
Literatur: [1] Dick, C., und Kretſchmar, O., Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1902. — [2] Hartig, J., Aus der Praxis für die Praxis, Bremerhaven 1903. — [3] Klamroth, G., Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. *T. Schwarz*

Deszenſionstheorie, ſ. Gang.

Detacheur (Lockerer, Zerbröckeler). Eine Vorrichtung in der Müllerei, die dazu dient, das durch den Druck der Walzen plättchenförmig zuſammengedrückte Mahlgut wieder zu lockern (zu detachieren), damit es den Sicht- und Putzprozeſſen erfolgreich unterworfen werden kann.

Der Zweck iſt auf zwei Wegen zu erreichen: durch Peitſchung des Gutes (z. B. mittels einer ſchnell umlaufenden Stiftenſcheibe oder Trommel oder eines Flügelwerkes) oder durch Bürſten. Bei letzteren arbeitet eine mit Borſten beſetzte Walze gegen eine durchbrochene oder

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN



rauhe Fläche (Raſpelblech, Drahtgewebe oder dergl.). In nebenſtehender Figur iſt ein derartiger Apparat dargeſtellt. Die Riemenſcheibe ſitzt auf der Achſe der Bürſtentrommel, und die beiden Handräder dienen zur Veränderung der Entfernung zwiſchen Bürſtenumfang und Reibfläche. In neueſter Zeit iſt ein Detacheur aufgetaucht (D.R.P. 118 532, ausgeführt von Simon, Bühler & Baumann, Frankfurt a. M.), bei dem eine umlaufende Preßſchnecke, ähnlich wie bei Fleiſchſchneidemaſchinen, das Mahlgut aus einer ſchmalen Spalte der Stirnfläche des Schneckengehäuſes herausdrückt und dadurch die Plättchen zerdrückt. Nachdem die Zentrifugalfichtmaſchinen durch die ſchlagende Wirkung ihrer Flügelarme den Detacheur ziemlich entbehrlich gemacht hatten, iſt er in neuerer Zeit infolge der Anwendung der von Haggenmacher eingeführten Planſichter, die weniger detachierend wirken als die Zentrifugalfichtmaſchinen, wieder ſehr in Aufnahme gekommen. *Arndt.*

Detailprojekt, ſ. v. w. Bauentwurf; ſ. Vorarbeiten.

Detailzeichnungen, im Bauweſen faſt immer in natürlicher Größe ausgeführte Arbeitszeichnungen für die ausführenden Handwerker. *Weinbrenner.*

Detektivapparat, ſ. Photographie.

Determinanten ſind ſymboliſche Ausdrücke für häufig vorkommende Eliminationsreſultate, um die an ſich ſchwerfälligen Ausdrücke in einfacher, überſichtlicher und für die Rechnung brauchbarer Geſtalt ſchreiben zu können.

Dieſe ſpielen in neuerer Zeit faſt in allen Teilen der Mathematik eine bedeutende Rolle, am meiſten in der Invariantentheorie und analytiſchen Geometrie.

1. Zweireihige Determinante. Das Eliminationsreſultat von x (x-Eliminat) aus den Gleichungen: $\left.\begin{matrix}a_1 x + a_2 = 0\\ b_1 x + b_2 = 0\end{matrix}\right\}$ iſt $a_1 b_2 - a_2 b_1 = 0$ und wird als Determinante $\begin{vmatrix}a_1 & a_2\\ b_1 & b_2\end{vmatrix} = 0$ geſchrieben; a_1, a_2, b_1, b_2 heißen Elemente, $a_1 b_2$ und $a_2 b_1$ Glieder der Determinante. Die Reihen $a_1 a_2$ und $b_1 b_2$ ſind Horizontalreihen (Zeilen), die Reihen $a_1 b_1$ und $a_2 b_2$ Vertikalreihen (Kolonnen). Ebenſo bei mehrreihiger Determinanten.

2. Dreireihige Determinante.

Das $x\,y$-Eliminat aus den Gleichungen: $\left.\begin{matrix}a_1 x + a_2 y + a_3 = 0\\ b_1 x + b_2 y + b_3 = 0\\ c_1 x + c_2 y + c_3 = 0\end{matrix}\right\}$ lautet in Determinantenform $\begin{vmatrix}a_1 & a_2 & a_3\\ b_1 & b_2 & b_3\\ c_1 & c_2 & c_3\end{vmatrix} = 0$; in gewöhnlicher Form: $a_1 b_2 c_3 - a_1 b_3 c_2 + a_2 b_3 c_1 - a_2 b_1 c_3 + a_3 b_1 c_2 - a_3 b_2 c_1 = 0$.

3. Wertermittlung der Determinante. Man erhält ſämtliche Glieder aus dem Diagonalglied (im Beiſpiel 2: $a_1 b_2 c_3$), indem man alle Permutationen der Indices bildet; ein ſolches Glied hat $\left\{\begin{matrix}\text{poſitives}\\ \text{negatives}\end{matrix}\right\}$ Vorzeichen, je nachdem die betreffende Permutation eine $\left\{\begin{matrix}\text{gerade}\\ \text{ungerade}\end{matrix}\right\}$ Anzahl von Inverſionen beſitzt (z. B. hat $a_2 b_1 c_3$ eine, $a_2 b_3 c_1$ zwei Inverſionen). Bequemer zur Wertermittlung iſt im allgemeinen die Entwicklung nach den Elementen einer Zeile oder Kolonne. Obige dreireihige Determinante kann nämlich auch geſchrieben werden: $a_1 \begin{vmatrix}b_2 & b_3\\ c_2 & c_3\end{vmatrix} + a_2 \begin{vmatrix}b_3 & b_1\\ c_3 & c_1\end{vmatrix} + a_3 \begin{vmatrix}b_1 & b_2\\ c_1 & c_2\end{vmatrix}$. Hier ſind die Elemente der erſten Zeile multipliziert mit ihren Unterdeterminanten (Minoren), die aus der Determinante dadurch entſtehen, daß je die Zeile und die Kolonne, die das betreffende Element enthalten, weggelaſſen werden. Ebenſo könnte man die Determinante nach den Elementen einer beliebigen Zeile oder Kolonne entwickeln. Das Element, deſſen Unterdeterminante geſucht wird, hat man ſich durch cykliſche Vertauſchung an die erſte Stelle gebracht zu denken; z. B. aus $\begin{vmatrix}b_2 & b_3 & b_1\\ c_2 & c_3 & c_1\\ a_2 & a_3 & a_1\end{vmatrix}$ ergibt ſich $\begin{vmatrix}c_3 & c_1\\ a_3 & a_1\end{vmatrix}$ als Unterdeterminante von b_2. Doch muß dieſes Verfahren der Wertermittlung bei Determinanten von gerader Reihenzahl inſofern modifiziert werden, als die abwechſelnden Unterdeterminanten abwechſelnde Vorzeichen erhalten, es iſt z. B.:

$$\begin{vmatrix}a_1 & a_2 & a_3 & a_4\\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4\\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4\\ d_1 & d_2 & d_3 & d_4\end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix}b_2 & b_3 & b_4\\ c_2 & c_3 & c_4\\ d_2 & d_3 & d_4\end{vmatrix} - a_2 \begin{vmatrix}b_3 & b_4 & b_1\\ c_3 & c_4 & c_1\\ d_3 & d_4 & d_1\end{vmatrix} + a_3 \begin{vmatrix}b_4 & b_1 & b_2\\ c_4 & c_1 & c_2\\ d_4 & d_1 & d_2\end{vmatrix} - a_4 \begin{vmatrix}b_1 & b_2 & b_3\\ c_1 & c_2 & c_3\\ d_1 & d_2 & d_3\end{vmatrix}.$$

4. Hauptſätze der Determinantenlehre.

α. Eine Determinante bleibt ungeändert, wenn man ihre Zeilen zu Kolonnen macht und umgekehrt: $\begin{vmatrix}a_1 & a_2\\ b_1 & b_2\end{vmatrix} = \begin{vmatrix}a_1 & b_1\\ a_2 & b_2\end{vmatrix}$.

β. Bei Vertauſchung zweier parallelen Reihen wechſelt die Determinante ihr Zeichen:

$$\begin{vmatrix}a_1 & a_2 & a_3\\ b_1 & b_2 & b_3\\ c_1 & c_2 & c_3\end{vmatrix} = -\begin{vmatrix}a_1 & a_3 & a_2\\ b_1 & b_3 & b_2\\ c_1 & c_3 & c_2\end{vmatrix}.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

γ. Eine Determinante mit zwei gleichen Parallelreihen verſchwindet identiſch:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_2 \\ b_1 & b_2 & b_2 \\ c_1 & c_2 & c_2 \end{vmatrix} = 0.$$

δ. Eine Determinante wird mit einem Faktor multipliziert, indem man jedes Element einer Reihe mit dem Faktor multipliziert: $\lambda \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & \lambda a_3 \\ b_1 & b_2 & \lambda b_3 \\ c_1 & c_2 & \lambda c_3 \end{vmatrix}$.

ε. Beſtehen die Elemente einer Reihe aus Summen, ſo iſt die Determinante ſelbſt in eine Summe von Determinanten zerlegbar:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 + \alpha_2 \\ b_1 & b_2 + \beta_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_1 & \alpha_2 \\ b_1 & \beta_2 \end{vmatrix}.$$

ζ. Eine Determinante bleibt ungeändert, wenn man zu den Elementen einer Reihe die gleichvielfachen Elemente einer Parallelreihe addiert:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & \lambda a_2 + a_3 \\ b_1 & b_2 & \lambda b_2 + b_3 \\ c_1 & c_2 & \lambda c_2 + c_3 \end{vmatrix}.$$

5. Laplaceſcher Determinantenſatz. Die unter 3. erwähnten Unterdeterminanten können wieder nach Elementen einer Reihe entwickelt werden. Die hierbei auftretenden Unterdeterminanten heißen Unterdeterminanten 2. Ordnung u. ſ. w. — Der Laplaceſche Determinantenſatz lautet diesbezüglich: Jede n-reihige Determinante kann als Summe von Produkten von Unterdeterminanten p. Ordnung mit ſolchen $(n-p)$. Ordnung dargeſtellt werden, z. B.:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 \\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4 \\ d_1 & d_2 & d_3 & d_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_3 & c_4 \\ d_3 & d_4 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ b_1 & b_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_2 & c_4 \\ d_2 & d_4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_1 & a_4 \\ b_1 & b_4 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_2 & c_3 \\ d_2 & d_3 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_4 \\ d_1 & d_4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_2 & a_4 \\ b_2 & b_4 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_3 \\ d_1 & d_3 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_3 & a_4 \\ b_3 & b_4 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_2 \\ d_1 & d_2 \end{vmatrix}.$$

6. Multiplikation der Determinanten. Zwei n-reihige Determinanten werden multipliziert, indem man die einzelnen Elemente einer Reihe mit den entſprechenden einer andern multipliziert, addiert und aus den für alle Reihenkombinationen gebildeten Summen eine neue Determinante bildet:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1\alpha_1 + a_2\alpha_2 + a_3\alpha_3 & a_1\beta_1 + a_2\beta_2 + a_3\beta_3 & a_1\gamma_1 + a_2\gamma_2 + a_3\gamma_3 \\ b_1\alpha_1 + b_2\alpha_2 + b_3\alpha_3 & b_1\beta_1 + b_2\beta_2 + b_3\beta_3 & b_1\gamma_1 + b_2\gamma_2 + b_3\gamma_3 \\ c_1\alpha_1 + c_2\alpha_2 + c_3\alpha_3 & c_1\beta_1 + c_2\beta_2 + c_3\beta_3 & c_1\gamma_1 + c_2\gamma_2 + c_3\gamma_3 \end{vmatrix}.$$

7. Matricen. Matrix heißt eine Determinante mit weniger Zeilen als Kolonnen, z. B.:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}.$$

Die Determinanten, die man durch Weglaſſen von Kolonnen aus ihr bildet, in unſerm Beiſpiel: $\begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix}$, $\begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}$, $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}$, heißen die Determinanten der Matrix. Als Quadrat obiger Matrix wird die Größe $\begin{vmatrix} a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 & a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 \\ a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 & b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}^2$ bezeichnet. Als Summe dreier Quadrate verſchwindet das Matrixquadrat nur dann, wenn alle drei Determinanten der Matrix Null ſind. Der Ausdruck $x : y : z = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}$ bedeutet, daß ſich $x : y : z$ wie die Determinanten obiger Matrix verhalten.

8. Anwendungen der Determinanten.

α. Auflöſung eines Syſtems linearer Gleichungen, z. B.: $\left.\begin{matrix} a_1 x + a_2 y + a_3 = 0 \\ b_1 x + b_2 y + b_3 = 0 \end{matrix}\right\}$. Es iſt

$$x : y : 1 = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} \text{ alſo } x = \frac{\begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}}; \; y = \frac{\begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}}.$$

β. Elimination von x aus $\left.\begin{matrix} a_1 x^2 + a_2 x + a_3 = 0 \\ b_1 x^2 + b_2 x + b_3 = 0 \end{matrix}\right\}$ gibt $\begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}^2$.

γ. Differenzenproduktsdeterminante. Dieſelbe iſt:

$$\begin{vmatrix} 1 & \alpha_1 & \alpha_1^2 & \dots & \alpha_1^{n-1} \\ 1 & \alpha_2 & \alpha_2^2 & \dots & \alpha_2^{n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \alpha_n & \alpha_n^2 & \dots & \alpha_n^{n-1} \end{vmatrix} = (\alpha_2 - \alpha_1)(\alpha_3 - \alpha_1)\dots(\alpha_n - \alpha_1)(\alpha_3 - \alpha_2)\dots(\alpha_n - \alpha_2) \dots\dots\dots (\alpha_n - \alpha_{n-1}).$$

Dieſelbe ſpielt bei den ſymmetriſchen Funktionen (ſ. Symmetriſch) eine Rolle.

δ. Reſultante zweier Gleichungen von höherem Grad, ſ. Reſultante.

ε. Funktionaldeterminante, ſ. d.

ζ. Heſſeſche Determinante heißt die Determinante der zweiten Differentialquotienten einer homogenen Funktion (Form). Bei zwei homogenen Veränderlichen x und y iſt dieſelbe, wenn $f(x, y)$ die gegebene Form iſt: $\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{x \partial y} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{vmatrix}$, eine in der Invariantentheorie ſehr wichtige Bildung. Die Heſſeſche Determinante für drei homogene Veränderliche ſ. Heſſeſche Kurve.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

η. Beispiel einer Anwendung auf analytische Geometrie. Sind in der Ebene drei Punkte in rechtwinkligen Koordinaten $x_1 y_1$, $x_2 y_2$, $x_3 y_3$ gegeben, so ist der Flächeninhalt des von ihnen gebildeten Dreiecks: $\frac{1}{2}\begin{vmatrix} x_1 y_1 1 \\ x_2 y_2 1 \\ x_3 y_3 1 \end{vmatrix}$. Die Determinante gleich Null gesetzt ist die Bedingung, daß die drei Punkte auf einer Geraden liegen; daher ist $\begin{vmatrix} x\ y\ 1 \\ x_1 y_1 1 \\ x_2 y_2 1 \end{vmatrix} = 0$ die Gleichung der Verbindungslinie der zwei Punkte $(x_1 y_1)$ und $(x_2 y_2)$.

ϑ. Beispiel einer Anwendung auf Goniometrie:

$$\begin{vmatrix} \cos\alpha \sin\alpha 1 \\ \cos\beta \sin\beta 1 \\ \cos\gamma \sin\gamma 1 \end{vmatrix} = 4 \sin\frac{\beta-\gamma}{2} \sin\frac{\gamma-\alpha}{2} \sin\frac{\alpha-\beta}{2}.$$

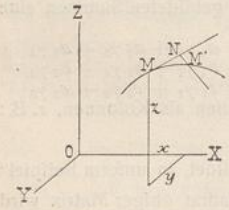
Literatur: Unter den nachstehend aufgeführten Werken ist [1] das reichhaltigste, aber etwas abstrakt; [4], [5] und [6] dienen zur ersten Einführung; [5] und [6] enthalten viele Uebungsbeispiele. [1] Baltzer, R., Theorie und Anwendung der Determinanten, 5. Aufl., Leipzig 1881. — [2] Salmon, G., Vorlesungen über die Algebra der linearen Transformationen, deutsch von W. Fiedler, 2. Aufl., Leipzig 1877. — [3] Gordan, P., Vorlesungen über Invariantentheorie, herausgegeben von Kerschensteiner, Bd. 1, Leipzig 1885. — [4] Diekmann, J., Anwendung der Determinanten und Elemente der neueren Algebra, Leipzig 1889. — [5] Manfion, P., Elemente der Theorie der Determinanten, 3. Aufl., Leipzig 1902. — [6] Dölp, H., Die Determinanten, 6. Aufl., Darmstadt 1903. — [7] Kronecker, L., Vorlesungen über die Theorie der Determinanten, I, Leipzig 1903. — [8] Pascal, E., Die Determinanten, deutsch von Leitemann, Leipzig 1900. *Wölffing.*

Detonationssignale (Knallsignale), s. Bahnzustandssignale und Knallkapseln.

Detonator, s. Initialzündungen.

Deupe, s. v. w. Düse.

Deviation. Ein Punkt beschreibe eine Kurve (s. die Figur) und stehe zur Zeit t in M; v sei eine Geschwindigkeit zu dieser Zeit. Nach Ablauf einer weiteren Zeit ϑ sei M' seine Lage. Ein zweiter Punkt gehe zur Zeit t gleichzeitig mit ihm von M ab und laufe auf der Tangente von M mit der Geschwindigkeit v gleichförmig, so daß er nach Verlauf der Zeit ϑ in N steht. Der Abstand NM' beider Punkte gibt die Abweichung der Bewegung des ersteren von der geradlinigen Bewegung des letzteren auf der Tangente an. Für den Fall, daß ϑ unendlich klein wird, heißt $NM' = \delta$ die Deviation des Punktes M.



Sie ist unendlich klein von der zweiten Ordnung. Um sie zu bestimmen, seien x, y, z die Koordinaten von M als Funktionen von t. Dann sind die Koordinaten von M' die Werte dieser Funktionen für $t+\vartheta$ und können, da für ϑ nur unendlich kleine Werte beansprucht werden, nach dem Taylorschen Satze entwickelt werden in die Reihen:

$x + x'\vartheta + \frac{1}{2}x''\vartheta^2 + \frac{1}{6}x'''\vartheta^3 + \ldots, y + y'\vartheta + \frac{1}{2}y''\vartheta^2 + \frac{1}{6}y'''\vartheta^3 + \ldots, z + z'\vartheta + \frac{1}{2}z''\vartheta^2 + \frac{1}{6}z'''\vartheta^3 + \ldots$

Die Koordinaten von N aber sind die um die Projektionen von $MN = v\vartheta$ auf die Achsen vergrößerten Koordinaten x, y, z, mithin da x', y', z' die Projektionen von v sind: $x + x'\vartheta$, $y + y'\vartheta$, $z + z'\vartheta$. Hiermit werden die Differenzen der Koordinaten von M' und N, d. h. die Projektionen von δ auf die Achsen

$$\tfrac{1}{2}\vartheta^2(x'' + \tfrac{1}{3}x'''\vartheta + \ldots), \quad \tfrac{1}{2}\vartheta^2(y'' + \tfrac{1}{3}y'''\vartheta + \ldots), \quad \tfrac{1}{2}\vartheta^2(z'' + \tfrac{1}{3}z'''\vartheta + \ldots).$$

Damit ergibt sich, wenn man die Quadratsumme dieser Größen, d. h. das Quadrat von NM' bildet, und zur Grenze für abnehmende ϑ übergeht:

$$\lim.\left(\frac{NM'}{\frac{1}{2}\vartheta^2}\right) = (x''^2 + y''^2 + z''^2)\tfrac{1}{2} = \varphi,$$

nämlich gleich der Beschleunigung des Punktes M (s. d. Art. Beschleunigung). Man hat daher, indem man dt für ϑ und δ für NM' schreibt, mit Weglassung des Zeichens lim. als Wert der Deviation δ:

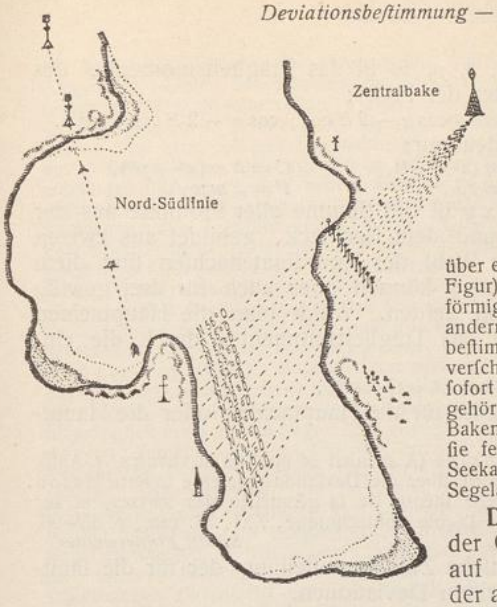
$$\delta = \tfrac{1}{2}\varphi\, dt^2.$$

Die Richtungscosinus der Deviation sind die Projektionen von NM', dividiert durch NM'. Sie werden in der Grenze $x'':\varphi$, $y'':\varphi$, $z'':\varphi$, d. h. die Deviation hat die Richtung der Beschleunigung, und ihre Größe ist der Beschleunigung proportional (vgl. Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Bd. 2, S. 322—324). Der Ausdruck „Deviation" wird auch für die Abweichung der Bahn der Geschosse gebraucht (s. d. Art. Ballistik). — Vgl. auch Kompaß. *(Schell) Finsterwalder.*

Deviation des Kompasses, s. Kompaß.

Deviationsbaken, Baken, die zum Zwecke der terrestrischen Deviationsbestimmung in größeren Häfen am Ufer weit sichtbar und so aufgestellt sind, daß die Verbindungslinie der weiter innenlands errichteten mit der oder den näher am Wasser befindlichen Baken entweder die magnetische Nordsüdlinie oder eine bezw. mehrere andre, verschiedene Winkel mit dieser bildende Linien darstellt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN



Bei Feſtlegung einer einzigen beſtimmten magnetiſchen Linie bedient man ſich nur eines mit gleichen Abzeichen verſehenen Bakenpaares. In Kriegshäfen findet man aber häufig, um mehreren Schiffen gleichzeitig eine Deviationsbeſtimmung zu geſtatten, wo dieſes wegen des beſchränkten Raumes ſonſt unmöglich wäre, eine ganze Anzahl, je einen Grad auseinander liegender magnetiſcher Linien feſtgelegt, die ſich dann ſtrahlenförmig über einen größeren Hafenabſchnitt erſtrecken (ſ. die Figur). In ſolchen Fällen ſteht eine pyramidenförmige Zentralbake weiter innenlands, während die andern, näher nach dem Hafen zu liegenden und in beſtimmten Abſtänden nebeneinander errichteten, die verſchiedenartigſten Toppzeichen tragen, damit ſie ſofort als zu der und der magnetiſchen Richtung gehörig erkannt werden können. Die Form der Baken, ihre Unterſcheidungsmerkmale und die durch ſie feſtgelegten magnetiſchen Linien ſind auf den Seekarten der betreffenden Häfen bezw. in den Segelanweiſungen genau verzeichnet. *von Nießen.*

Deviationsbeſtimmung, die Feſtſtellung der Größe der Deviation eines Kompaſſes auf verſchiedenen Kurſen. Die Deviation der andern Kompaſſe wird feſtgeſtellt, indem man durch Anwendung der Deviation auf den Regelkompaßkurs den mißweiſenden Kurs erhält und dieſen mit dem abgeleſenen Kurs der andern Kompaſſe vergleicht.

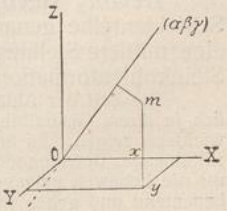
Man unterſcheidet terreſtriſche und aſtronomiſche Deviationsbeſtimmung. Erſtere beſteht darin, daß man das Schiff entweder durch einen Dampfer um eine Boje herumſchleppen oder ſelbſt innerhalb der durch Deviationsbaken feſtgelegten Linien Kreiſe laufen bezw. bei nur einer ſolchen Linie auf verſchiedenen Kurſen durch dieſe hindurchdampfen läßt. Bei jedesmaligem Anliegen eines Striches der Kompaßroſe wird am Regelkompaß die Richtung der Roſe nach zwei korreſpondierenden Deviationsbaken (ſ. d.) mittels Peilung (ſ. d.) feſtgeſtellt und gleichzeitig die durch die betreffenden ſich deckenden Baken angezeigte magnetiſche Linie notiert. Der Winkelunterſchied beider Richtungen gibt dann die Deviation für den anliegenden Strich. In Häfen, in denen keine Deviationsbaken zu finden ſind, hilft man ſich in der Weiſe, daß man von einem am Land aufgeſtellten, alſo nur vom Erdmagnetismus beeinflußten Kompaß aus, den Schiffskompaß und gleichzeitig von dieſem aus jenen peilt. Erſtere Peilung gibt dann die genaue magnetiſche Linie. Genannte Methode erfordert aber viel Uebung und Aufmerkſamkeit und iſt daher weniger zu empfehlen [1]. — Bei aſtronomiſcher Deviationsbeſtimmung vertritt die Richtung der Sonne bezw. eines Geſtirns zu beſtimmten Zeiten morgens und abends die durch Deviationsbaken feſtgelegten magnetiſchen Linien (Azimutberechnung) [1]. Neben dieſer Art der Deviationsbeſtimmung gibt diejenige des Durchdampfens durch eine feſtgelegte magnetiſche Linie auf einem jedesmal geänderten Kurſe die beſten Reſultate, erfordert aber viel Zeit. Die Deviationsbeſtimmung iſt eine der wichtigſten Maßnahmen der Schiffahrt. Je häufiger und genauer man ſie vornimmt, deſto präziſer kann man navigieren. Vgl. [1], [2], [3].

Literatur: [1] Lehrbuch der Navigation, herausgegeben vom Reichsmarineamt, Berlin 1901. — [2] Kapitänleutnant v. Rottok, Die Deviationstheorie und ihre Anwendung in der Praxis, Berlin 1881. — [3] Traité théorique et pratique de la régulation et de la compensation des compas avec ou sans relèvements, par A. Collet, lieutenant de vaisseau, Paris 1882. *von Nießen.*

Deviationsbojen, auf einer durch Deviationsbaken feſtgelegten, magnetiſchen Linie verankerte Bojen, lediglich zur Deviationsbeſtimmung (ſ. d.) dienend.

Um eine größere ſtumpfe Tonne von roter Farbe, an der das betreffende Schiff feſtmacht, ſind vier kleinere, ſpitze, ebenfalls rotgeſtrichene Tonnen meiſt in den vier Kardinalſtrichen verankert. Das Schiff bringt vom Heck aus nacheinander Leinen auf dieſe kleinen Bojen aus und verholt ſich an ihnen um die Mittelboje, wodurch der erforderliche Kreis beſchrieben wird. Man bedient ſich der kleinen Deviationsbojen nur dann, wenn kein Dampfer zum Herumſchleppen zur Verfügung ſteht. *von Nießen.*

Deviationsmomente. Das Trägheitsmoment J (ſ. d.) eines Maſſenpunktſyſtems iſt für alle Achſen des Maſſenmittelpunktes S bekannt, ſobald ſeine Werte A, B, C für irgend drei zueinander ſenkrechte Achſen desſelben bekannt ſind, nebſt drei andern Größen D, E, F, die man die Deviationsmomente des Syſtems für die Achſen nennt. Nimmt man drei ſolche Achſen als Koordinatenachſen der x, y, z (ſ. die Figur) an und bildet mit ihnen irgendeine



durch S gehende Achſe die Winkel α, β, γ, ſo iſt das Trägheitsmoment J des Syſtems für dieſe Achſe darſtellbar unter der Form:

$$J = A\cos^2\alpha + B\cos^2\beta + C\cos^2\gamma - 2D\cos\beta\cos\gamma - 2E\cos\gamma\cos\alpha - 2F\cos\alpha\cos\beta.$$

Darin haben die Koeffizienten die Bedeutung:

$$A = \Sigma m(y^2+z^2), \quad B = \Sigma m(z^2+x^2), \quad C = \Sigma m(x^2+y^2),$$
$$D = \Sigma m y z, \quad E = \Sigma m z x, \quad F = \Sigma m x y.$$

Ein Deviationsmoment, z. B. $F = \Sigma m x y$ iſt die Summe aller Produkte aus der Maſſe m eines Punktes des Syſtems und dem Rechteck, gebildet aus zweien ſeiner Koordinaten x, y. Je nach der Wahl der Koordinatenachſen ſind dieſe Deviationsmomente poſitiv oder negativ, können aber auch für drei gewiſſe Achſen, die Hauptträgheitsachſen, Null werden. Wählt man die Hauptachſen zu Koordinatenachſen, ſo wird mithin das Trägheitsmoment J durch die einfachere Form dargeſtellt:

$$J = A\cos^2\alpha + B\cos^2\beta + C\cos^2\gamma,$$

worin alſo A, B, C die Trägheitsmomente für die Hauptachſen oder die Hauptträgheitsmomente bedeuten.

Den Namen Deviationsmomente hat Rankine (A manual of applied mechanics, 4. Aufl., London 1878) gewählt. Eine ausführliche Theorie über die Deviationsmomente lieferte Hâton de la Goupillière (Mémoire sur une nouvelle théorie de la géométrie des masses, et sur celle des axes principaux d'inertie), Journal de l'école politechnique, XXI, 37. cah., p. 35—96, Paris 1858. *(Schell) Finſterwalder.*

Deviationstabelle, eine tabellariſche Zuſammenſtellung der für die ſämtlichen Kompaſſe eines Schiffes feſtgeſtellten Deviationen.

Die Formulare hierfür ſind bei allen Nationen im weſentlichen die gleichen und zeigen die Uhrzeit, die wahre Ortszeit, den anliegenden Regelkompaßkurs, die Peilung des Objekts, der Sonne, die Deviation und den magnetiſchen Kurs; bei den andern Kompaſſen nur den anliegenden Kurs und die Deviation. Außerdem wird die Deviation in die ſogenannten Deviationskurven eingetragen, graduierte Formulare, in denen die für jeden Kompaßſtrich eingetragenen Deviationsgrößen, durch eine Linie verbunden, eine um die gerade Mittellinie (mißweiſende Nordſüdlinie) verlaufende Kurvenlinie darſtellen. *von Nießen.*

Devilles kaltwarme Röhre. Chemiſche Reaktionen in gasförmigen Syſtemen verlaufen im allgemeinen nur bei hohen Temperaturen mit großer Geſchwindigkeit, bei niederen dagegen ſo langſam, daß die Gleichgewichte ſich in endlicher Zeit nicht einſtellen. Dieſe Tatſache benutzte Deville 1863 bei der Konſtruktion der nach ihm benannten kaltwarmen Röhre zur Unterſuchung der Diſſoziation der Gaſe bei hoher Temperatur. Die von ihm benutzte Röhre beſtand aus einem auf Weißglut erhitzten Porzellanrohr, in deſſen Achſe ſich ein von kaltem Waſſer durchſtrömtes Silberrohr befindet. Die bei der hohen Temperatur entſtandenen Diſſoziationsprodukte der eingeleiteten Gaſe werden an dem Silberrohr ſchnell abgekühlt und ſo ihre Wiedervereinigung zu der bei dieſer niederen Temperatur ſtabilen Verbindung verhindert. Es läßt ſich ſo z. B. der Zerfall von CO_2, SO_2 und HCl bei hoher Temperatur nachweiſen.

Neuerdings wird die Methode von Deville zur quantitativen Unterſuchung der auch für die Technik hohes Intereſſe beſitzenden Gasgleichgewichte bei hohen Temperaturen (z. B. $2SO_3 = 2SO_2 + O_2$ [1], $2NO = N_2 + O_2$ [2], $2H_2O = 2H_2 + O_2$ [3], $CO_2 + H_2 = CO + H_2O$ [4]) verwendet, wobei ſie in der Weiſe abgeändert iſt, daß die Gaſe in einem auf die Unterſuchungstemperatur erhitzten Ballon geleitet werden, in dem das Gleichgewicht, eventuell noch beſchleunigt durch Einführen von Katalyſatoren wie Platinaſbeſt, ſich einſtellt. Um ein möglichſt ſchnelles Abkühlen und damit eine möglichſt geringe Verſchiebung des Gleichgewichtes zu erreichen, läßt man die Gaſe aus einer ſehr engen, gekühlten Kapillare ausſtrömen. Die mathematiſche Theorie des Gleichgewichts in Röhren mit Temperaturgefälle gab Nernſt [5].

Literatur: [1] Knietſch, Bericht der deutſchen chem. Geſ. **34**, 4069, 1901. — [2] Nernſt, W., Nachr. der Geſ. der Wiſſ. zu Göttingen 1904, 4. Heft. — [3] Nernſt, W., und Wartenberg, H. v., ebend., Februar 1905. — [4] Hahn, O., Zeitſchr. phyſ. Chemie **44**, 513, 1903. — [5] Nernſt, W,, Boltzmann-Feſtſchrift, Leipzig 1904, S. 904. *F. Krüger.*

Devon, Devonformation, Devonperiode wird in der Geologie eine Schichtenreihe genannt, die unter den älteſten der paläozoiſchen Formationen eine mittlere Stellung einnimmt und von der Silurformation unter- und von der Steinkohlenformation überlagert wird.

Die Zeit der Ablagerung wird durch beſonders charakteriſtiſche Tierreſte bezeichnet, die ſich in ihrem Geſamtbild an diejenigen der Silurformation anſchließen, aber eine höhere Entwicklung zeigen. Es ſind in der marinen Ausbildung der Formation beſonders Korallen, auch riffbildende, Brachiopoden, Muſcheln und Schnecken, die zu außerordentlich hoher Bedeutung für die Lebewelt gelangen. Die eigenartigen Kruſtaceen, Trilobiten, vermindern ſich im Devon bedeutend und gehen ihrem Ende entgegen. Ammonitenähnliche Kephalopoden treten an Stelle

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der nautilusähnlichen. Am eigenartigsten unter der Tierwelt sind die gepanzerten Fische (Ganoiden). Unter den Pflanzen der Devonzeit zeigen sich die Anfänge der in der darüber folgenden Steinkohlenformation so außerordentlich entwickelten Landpflanzen aus der Reihe der Gefäßkryptogamen. In bezug auf die Art der Entstehung der Schichten unterscheidet man eine marine und eine Süßwasserentwicklung, je nachdem die Gesteine und die von ihnen eingeschlossenen Reste von Organismen im Meer (Salzwasser) oder im Süßwasser bezw. am Land entstanden sind oder gelebt haben. Die marine Entwicklung ist wesentlich auf dem europäischen Festland (auch wohl in England) verbreitet und zeigt ähnliche Gesteine wie die Silurformation, vorwiegend also Tonschiefer, Grauwacken, Quarzite, Kalksteine. In der im süßen Wasser (Seen) gebildeten Schichtenreihe, die vorwiegend in England auftritt, bilden rote Sandsteine mit Uebergängen in Grauwacken und Konglomerate die Hauptgesteine. Als Zeugen eruptiver Tätigkeit treten Porphyre und Diabase, Pikrite u. s. w. nebst ihren Tuffen sowohl als Ergüsse wie auch als gangartige Ausfüllungen in den Schichten des Devon auf. Die Lagerung derselben ist in Zentraleuropa durchgängig eine gestörte; überall sind die Schichten durch Seitendruck gefaltet, zerquetscht, aufgerichtet und steil gestellt, verworfen, kurz, in außerordentlich reichem Maße in ihrer Lagerung gestört. Solchen Störungsvorgängen wurden die Devonschichten in mehreren Perioden unterworfen, zuerst und in größtem Maße vor der Ablagerung der Steinkohlenformation. Im nördlichen und mittleren Rußland dagegen finden sich die Schichten noch vielfach in ihrer ursprünglich horizontalen Lage. Man gliedert die Devonformation in drei Abteilungen: 1. Unterdevon, zumeist Quarzite, Grauwacken und Tonschiefer, seltener Konglomerate, von großer Verbreitung zu beiden Seiten des Rheintales, unterhalb Bingen, im Harz, Böhmen, Fichtelgebirge. Hier herrschen die Tonschiefer (Hunsrückschiefer) an Mächtigkeit vor; sie schließen stellenweise Dachschieferlagen ein. Quarzite und Quarzitsandsteine (Taunusquarzit) bilden die tiefsten Schichten und langgestreckte Höhenzüge. 2. Mitteldevon, vorwiegend Tonschiefer und Grauwacken, in den höheren Schichten Kalksteine und Schalsteine; in der Eifel, in Belgien, im südlichen Westfalen. Die in großer Verbreitung auftretenden Tonschiefer schließen Dachschieferlagen (Westfalen) ein. Die Kalksteine gehen in polierfähige Marmore (Nassau) über. 3. Oberdevon, meist Tonschiefer, dann Kalksteine, Quarzite und Grauwacken, vornehmlich in Belgien, bei Aachen, in Westfalen, im Harz, Fichtelgebirge u. s. w. Die Verbreitung ist ziemlich groß, die horizontale Ausdehnung jedoch klein im Verhältnis zu den beiden vorhergehenden Abteilungen. Die an Schalsteinschichten reichen Abteilungen führen oft Erze, besonders Eisenerze (Nassau, Westfalen, Harz) und Phosphorit. Außerdem ist das Devon reich an Gängen von Zinnerz, Kupferkies, Bleiglanz u. s. w. Steinkohlen fehlen in der Formation nahezu gänzlich.

Literatur: v. Gümbel, Grundzüge der Geologie, Kassel 1888; Credner, Elemente der Geologie, 9. Aufl., Leipzig 1901; Neumayr, M., Erdgeschichte, 2. Aufl., Leipzig 1895. *Leppla.*

Dewrances Metall, s. Lagermetall und Zinnlegierungen.

Dexel, s. v. w. Texel (s. d.).

Dextrin (Stärke-, Dampf- oder Röstgummi, Gommelin, Leiokom oder Leiogomme, französ. Amidon grillé), ein in der Technik vielfach Verwendung findender Klebstoff von gummiartigen Eigenschaften, der aus Stärke hergestellt wird.

In reinem Zustand stellt das Dextrin ein weißes, ungefärbtes Pulver vor, während das gewöhnliche, in den Handel kommende Präparat aus gelblich gefärbten Stücken besteht. Wasser löst das Dextrin zu einer gelblichen, klebrigen Flüssigkeit, die das polarisierte Licht stark nach rechts dreht. In schwachem Alkohol ist Dextrin wenig, in starkem und in Aether gar nicht löslich. Es findet in der Technik als Verdickungsmittel, in der Zeugdruckerei, in der Appretur, beim Tapetendruck, zur Papierglasur und überhaupt als billiges Ersatzmittel für den teuern arabischen Gummi ausgedehnte Verwendung (s. a. Dextrinfabrikation, Diastase, Fermente, Gärung). Nach neueren Untersuchungen stellt das Dextrin ein Gemenge von Substanzen vor von der empirischen Zusammensetzung $C_6H_{10}O_5$; die Molekulargröße ist nicht bekannt. Seine Komponenten zählen sämtliche zu den Polysacchariden. Es sind Zwischenprodukte, die bei der Umwandlung der Stärke entstehen. Verdünnte Schwefelsäure führt nämlich beim Kochen Stärke (die sich mit Jod blau färbt) zunächst in Amidulin, dann in Erythrodextrin (das sich mit Jod rot färbt), bei längerem Erhitzen in Achroodextrin (das mit Jod keine Färbung mehr gibt), dann in Isomaltose, Maltose und zuletzt in Traubenzucker über. Mit Phenylhydrazin bildet das Dextrin eine weiße unlösliche Verbindung; beim Erhitzen mit Kalilauge färbt es sich gelb, ferner reduziert es beim Kochen Fehlingsche Lösung. Diese Reaktionen sind für alle Monosen charakteristisch. Dextrin ist nicht direkt gärungsfähig. Verdünnte Säuren führen es in Traubenzucker über, Diastase in Maltose. Bei längerem Liegen an der Luft nimmt das Dextrin zwei Moleküle Wasser auf, seine Zusammensetzung entspricht dann der Formel $C_6H_{10}O_5 + 2H_2O$. Durch naszierenden Wasserstoff wird es reduziert, durch Bromwasser oxydiert, und zwar zunächst zu Dextronsäure $C_6H_{12}O_7$ (identisch mit Glukonsäure), bei weiterer Einwirkung entstehen Bromoform, Bromessigsäure und Oxalsäure. Essigsäureanhydrid wandelt Dextrin bei einer Temperatur von 150° in das in Wasser unlösliche Triacetyldextrin $C_6H_7(C_2H_3O)^3O^5$ um. Salpeterschwefelsäure führt Dextrin in Dinitrodextrin $C_6H_8(NO_2)_2O_5$ über. Bleiessig und Bleizucker fällen Dextrinlösungen nur auf Zusatz von Ammoniak (Unterschied von Pflanzengummi). Durch wässerige Lösung von Barythydrat sowie durch Kalkwasser wird Dextrinlösung gefällt. Zinnchlorür verursacht ebenfalls eine Fällung, nicht dagegen Eisenchlorid, Gerbsäure und Borax. Zum Zwecke der Darstellung des Dextrins ist es nötig, Stärke einer Temperatur von 170—210°, höchstens 220°, auszusetzen. Bei dieser Behandlung färbt sie sich gelblich bis braun und geht in Röstgummi (Dextrin) über. Befeuchtet man die Stärke zuvor mit verdünnten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Säuren, wie Salz-, Schwefel-, Salpeter-, Oxal- oder Milchfäure, fo geht diefe Umwandlung in Dextrin fchon bei wefentlich niederer Temperatur (80—110°) vor fich. So gewonnenes Dextrin unterfcheidet fich im Ausfehen durch nichts von dem Ausgangsmaterial, der Stärke. Es zeigt unter dem Mikrofkop fogar noch die Struktur der Stärkekörner, in Waffer gebracht, löft es fich aber im Gegenfatz zu jener. Auch die Einwirkung des Magenfaftes fowie die des Speichels und die der Diaftafe bewirkt eine Umwandlung der Stärke in Dextrin bezw. Traubenzucker. Um bei der Fabrikation von Röftgummi feftzuftellen, ob der Umwandlungsprozeß vollftändig vor fich gegangen ift, wird eine Meffefpitze voll von der in Arbeit befindlichen Maffe in heißem Waffer gelöft und diefer Löfung nach vollftändigem Erkalten einige Tropfen einer 1prozentigen alkoholifchen Jodlöfung zugefetzt. Ift noch Stärke, wenn auch in ganz geringen Mengen, vorhanden, fo färbt fich die kalte Löfung fchön blau; ift aber die Stärke vollkommen in Dextrin übergeführt, fo nimmt die Löfung nur eine gelbliche Farbe an.

Literatur: [1] Tollens, Handbuch der Kohlenhydrate, Breslau 1888, S. 173—178, 187—189. — [2] Beilftein, Handbuch der organifchen Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, S. 1088 bis 1092. — [3] Fifcher, F., Handbuch der chemifchen Technologie, Leipzig 1893, S. 845. — [4] Schmidt, Pharmaz. Chemie, 4. Aufl., Braunfchweig 1901, S. 874 ff. — [5] Rehwald, Die Stärkefabrikation, Wien 1895. *Mezger.*

Dextrinfabrikation. Das Dextrin wird durch chemifche Umwandlung der Stärke (f. Dextrin) erhalten. Neben der billigen und fehr geeigneten Kartoffelftärke wird gegenwärtig in fehr großer Ausdehnung die Maisftärke und außer diefer auch Weizenftärke verwendet. Im großen werden befonders zwei Vorgänge für die Herftellung von Dextrin angewendet: 1. die Erhitzung der trockenen Stärke auf 180—260° C. und 2. die Erhitzung der Stärke mit fehr geringen Mengen einer Säure in trockenem oder naffem Zuftande.

Das nach dem erften Verfahren erhaltene Dextrin ift gelb bis braun und führt die Namen Röftgummi, künftliches Gummi, Leiokom, Leiogomme, Gommelin oder gebrannte Stärke. Nach dem zweiten Verfahren erhält man dagegen meift ein ganz weißes Dextrin, das im Ausfehen bei Betrachtung mit dem unbewaffneten Auge von Stärke kaum zu unterfcheiden ift und als Säuredextrin, Dextrin fchlechtweg, Gommeline blanche oder im Falle gelber Färbung als Gomme factise bezeichnet wird. Alle diefe Namen find vorwiegend für Dextrin aus Kartoffelftärke üblich; aus Weizenftärke erzeugtes wird Amidon grillé, aus Maisftärke hergeftelltes British gum genannt.

Außer diefen zwei Erzeugungsarten war früher noch eine dritte im Gebrauch, die aber gegenwärtig kaum noch von Bedeutung ift, nämlich die Einwirkung von Malz auf Stärke. Bei diefem Vorgange entfteht neben Dextrin auch Maltofe, von der das fertige Erzeugnis 30—50 % des Trockengewichts enthält. Das Malzverfahren liefert eine Löfung, die beim Eindampfen einen dicken Seim, den fogenannten Dextrinfirup, gibt.

Um das mehlartige Dextrin, wenn es als Erfatz des arabifchen Gummis dienen foll, diefem ähnlich zu machen, wird es manchmal entweder mit möglichft wenig Waffer zu einem fteifen Teige angerührt, in dünner Schicht bei 100—150° C. getrocknet und in Stücke gebrochen, oder man fetzt es einem Dampfftrahle aus, wodurch es zu durchfichtigen Stücken zufammenklebt, die gleichfalls getrocknet und zerbrochen werden (Dampfgummi). In den letzten Jahren hat fich infolge des großen Mangels an arabifchem Gummi das Beftreben geltend gemacht, ein fehr reines Dextrin darzuftellen, das auch die reinften Sorten des arabifchen Gummis zu erfetzen vermag. Es wurde hierzu hauptfächlich das Kochen von Stärke mit fehr verdünnten Mineralfäuren unter Druck, Entfärben und Eindampfen der Löfung vorgefchlagen. Ein derartiges Dextrin, das in Form von glänzenden, weißen, hell- oder dunkelgelben, fcharfkantigen Brocken in den Handel kommt, wird auch als Kriftallgummi bezeichnet.

1. **Darftellung von Dextrin durch Erhitzen von Stärke.** Diefes Verfahren tritt gegenwärtig gegen das zweite immer mehr in den Hintergrund. Die gut zu trocknende Stärke liefert um fo helleres Dextrin, je niedriger die Wärme beim Röften in den verfchiedenen Oefen ift; für ganz helle Sorten darf fie 160—200° C. nicht überfteigen. In England und Amerika benutzt man immer noch vielfach fich langfam drehende Zylinder aus Eifenblech von etwa 3 m Länge und 3 dm Durchmeffer, die ähnlich wie Gasretorten in fchwach geneigter Lage in einer gemeinfamen Feuerung liegen und ununterbrochen betrieben werden, indem die Stärke oben einfällt und ein- oder zweimal durch einen Zylinder durchgeht. Sie erlauben ebenfowenig wie der von Blumenthal angegebene Herdofen (D.R.P. Nr. 10593) eine genaue Einhaltung des richtigen Wärmegrades. Letzteres erreicht man in Deutfchland gegenwärtig durch Oelbäder oder gefpannten Waffердampf. Es werden hierzu diefelben Apparate verwendet, die auch zur Erhitzung von angefäuerter Stärke dienen (f. unter 2.). Die zu röftende Stärke wird immer als gleichmäßiges Pulver eingebracht; Röften von Stengelftärke, die früher aus Kartoffelftärke mit Hilfe von Kleifter eigens geformt wurde (f. [2]), ift nicht mehr üblich. Ueber die älteften Röftöfen f. [1].

2. **Darftellung von Dextrin unter Mithilfe von Säuren.** Diefes Verfahren wird in der älteften Form, in der es 1841 von den Dextrinfabrikanten Gebr. Heuzé in Petite Villette bei Paris erfunden wurde, in der Weife ausgeführt, daß Stärke mit etwa 0,002—0,01 Gewichtsteilen der ftark verdünnten Säure zu einem feuchten Pulver angerührt, getrocknet und auf 100—125° C. erhitzt wird. Die Gebr. Heuzé [3] benutzen Salpeterfäure, Pinel [4] ein Gemenge diefer mit Salzfäure, St. Etienne [5] und Thomas [5], [6] bloß Salzfäure. Schwefelfäure eignet fich für diefe Form des Verfahrens nicht, da das mit ihrer Hilfe erhaltene Erzeugnis an der Luft Feuchtigkeit anzieht. Von fonftigen Säuren wurde noch 1858 von Pochin und Wooley [8]

in Manchester Milchsäure in Form von Buttermilch oder saurer Milch vorgeschlagen und angewendet. Ueber den Vorgang der Dextrinbildung durch Salpetersäure hat Petit [7] Untersuchungen angestellt. Danach bleiben von 1000 Teilen Stärke bei Anwendung von 0,2%, 0,3% und 0,5% Salpetersäure 3 Teile, 2 Teile und 1 Teil unverändert, während bei Anwendung von 0,8% und darüber nur Spuren von Stärke unverändert bleiben. Das Reduktionsvermögen des erhaltenen Dextrins nimmt bei gleichbleibender Säuremenge mit der Dauer der Erhitzung ab, bei gleichbleibender Erhitzungsdauer mit der Säuremenge zu. Eine zweite Form des Säureverfahrens ist die Einwirkung von gasförmigen Säuren auf trockene Stärke bei gewöhnlichem oder erhöhtem Druck. Ch. O. Neille [9] hat 1859 hierzu Salzsäure, F. M. Bachet und F. M. Savalle [10] in Paris (D.R.P. Nr. 1837) Kohlensäure und A. H. J. Bergé [11] (D.R.P. Nr. 55868) schwefelige Säure vorgeschlagen. Endlich kann man die Säuren auch in wässeriger Lösung auf Stärkemilch einwirken lassen; doch muß man in diesem Falle dafür sorgen, daß keine Zuckerbildung eintritt. Es kann entweder Oxalsäure (Verfahren von Ficinus [12] oder Schwefelsäure (Verfahren von T. A. Hoffmann) [13] verwendet werden. Auf jeden Fall hat

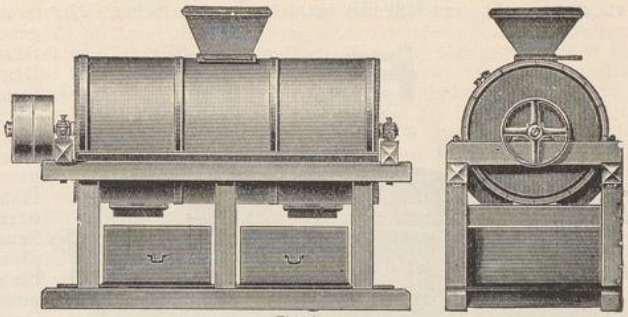


Fig. 1.

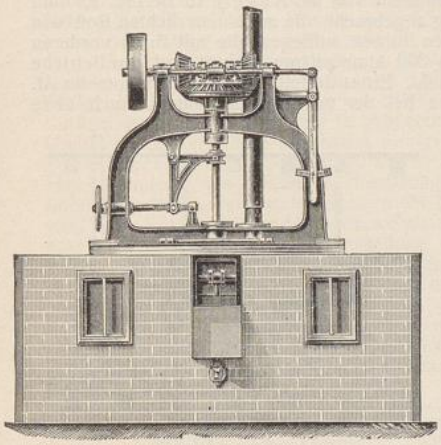


Fig. 2.

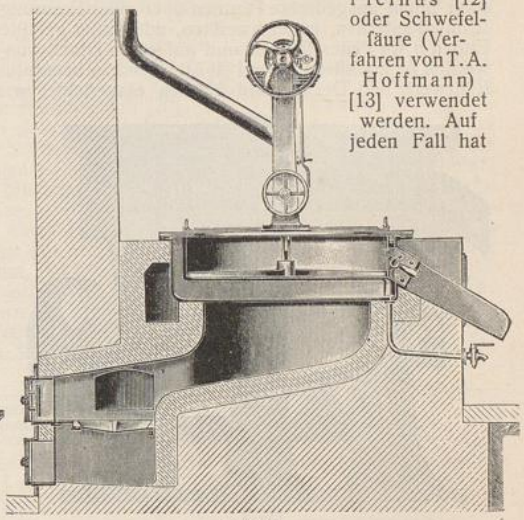


Fig. 2a.

man den Nachteil der Eindampfungskosten und der Notwendigkeit einer nachträglichen Abstumpfung der Säure, um der Zuckerbildung beim Eindampfen vorzubeugen. Da jedoch das erhaltene Dextrin sehr rein ist, so ist dieses Verfahren neuerer Zeit wieder in entsprechender Ausbildung von Schumann [14] (D.R.P. Nr. 41931, 43146 und 43772) zur Darstellung eines dem arabischen Gummi sehr ähnlichen Dextrins verwendet worden.

Von allen diesen Verfahren wird am häufigsten das zuerst genannte, und zwar meist unter Anwendung von Salpetersäure ausgeführt. Das Anfäuern (Präparation) wird meist mit der trockenen Stärke vorgenommen, mit der feuchten nur dann, wenn Stärke- und Dextrinfabrik vereinigt sind. Meist erfolgt es durch Handarbeit. In größeren Betrieben sind weit vollkommener arbeitende Mischmaschinen eingeführt. Blumenthal verwendet als solche eine Vorrichtung (D.R.P. Nr. 11920), die aus einem zylindrischen Mantel besteht, in dem die eintretende Stärke durch ein Rührwerk zerstäubt und in den gleichzeitig durch ein Strahlgebläse ein Säurenebel zugeführt wird. Die Mischung ist innig, die erhaltene Stärke ohne vorheriges Trocknen zur Röstung verwendbar. Eine ähnliche Vorrichtung, ausgeführt von W. H. Uhland in Leipzig-Gohlis, zeigt Fig. 1. Zur Anfäuerung feuchter Stärke hat Uhland [15] ein Mischwerk hergestellt, durch das die Stärke in feine Flocken zerteilt wird, die in einen Schacht herabfallen, in den ein Säurenebel eingeblasen wird. Die herabgefallene Stärke wird noch einmal durch eine kräftige Mischmaschine getrieben und dann in die Trockenkammer gebracht. Das Rösten geschieht in England und Amerika vielfach noch in den obenbeschriebenen schrägliegenden Rösttrommeln für ununterbrochenen Betrieb, in Deutschland dagegen ausschließlich in Röstpfannen, die entweder im Oelbad oder mit gespannten und überhitzten Wasserdämpfen [16]

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

geheizt werden und mit Rührwerk verſehen ſind. Fig. 2 und 2a ſtellt die erſte Art der Heizung an einer Röſtpfanne von derſelben Firma [15] dar. Die gußeiſerne, innen ausgedrehte Röſtpfanne iſt in eine zweite eingeſetzt und der Zwiſchenraum beider mit Oel gefüllt, das durch einen Hahn abgelaſſen werden kann. Das Rührwerk miſcht oder entleert, je nachdem es vor- oder rückwärts geht, und läßt ſich ausrücken und ausheben. Der zweiteilige Deckel kann ebenfalls gehoben werden. Die Dunſtrohre führen die ſich entwickelnden Dämpfe ins Freie oder in eine Staubkammer. Die Einwirkung des Feuers auf den Heizkeſſel kann durch einen Schieber oder eine Klappe geregelt oder auch ganz aufgehoben werden. Die Pfannen werden entweder einzeln oder meiſt zu zweien über einer Feuerung angebracht. Dieſe Röſtpfannen ermöglichen eine gute Einhaltung der gewünſchten Temperatur und erfordern keine Dampfanlage. Eine ältere, minder vollkommene Röſtpfanne mit Oelbadheizung hat F. Schmidt in Halle a. S. ausgeführt [17]. — Fig. 3 zeigt die zweite Art der Heizung in einer älteren Ausführung bei der Röſtpfanne von R. Lehmann [16], hergeſtellt von W. Angele in Berlin. Es ſind zwei innen ausgedrehte Pfannen über einer Feuerung angebracht, die auf einem dichten Roſt von ſchmiedeeiſernen, zugeſchweißten, mit Waſſer gefüllten Rohren aufliegen, die mit ihren vorderen Enden *a* im Feuer ſtecken und auf einen Druck von 300 Atmoſphären geprüft ſind. Im Betriebe werden ſie höchſtens bis auf 80 Atmoſphären beanſprucht. Eines derſelben trägt ein Manometer *M*. Rührwerk und Deckel ſind ähnlich eingerichtet wie bei der vorigen Röſtpfanne. Auch dieſe

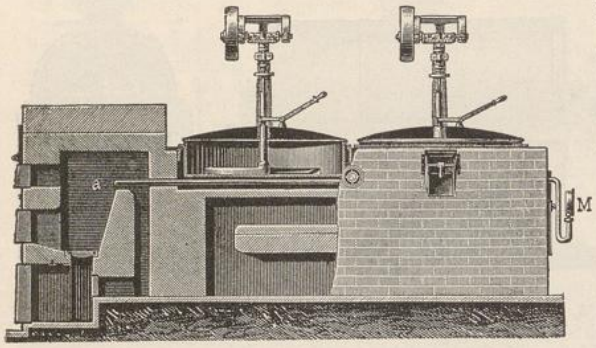


Fig. 3.

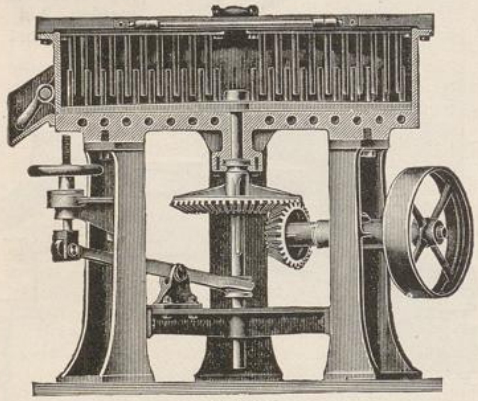


Fig. 4.

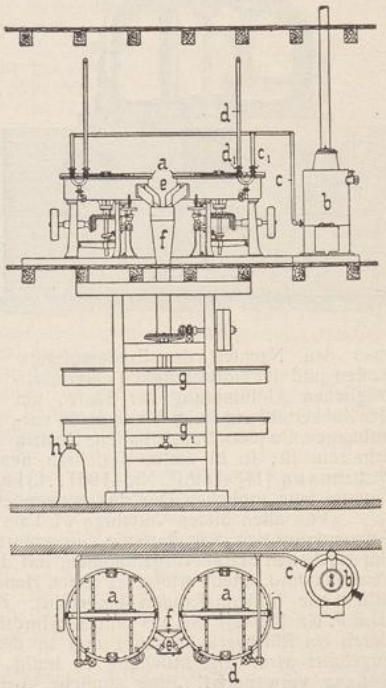


Fig. 5.

Art der Heizung iſt unabhängig von einer Dampfanlage. Weit zweckmäßiger und vollkommener iſt eine von W. H. Uhland in neuerer Zeit eingeführte Röſtpfanne mit Dampfheizung [26], [27], die in Fig. 4 dargeſtellt iſt. Ihre Heizung erfolgt durch ein in den Boden eingegoſſenes Schlangenrohr, durch das überhitzter Dampf ſtrömt, der bis auf 400° C. erwärmt werden kann. Dadurch iſt es möglich, das Anheizen ſehr raſch durchzuführen, die Wärmezufuhr läßt ſich genau regeln und beliebig unterbrechen. Nach Beendigung einer Röſtung kann man mittels eines Wechſelhahns kaltes Waſſer durch die Heizſchlange ſtrömen laſſen, wodurch die Pfanne ſo raſch abgekühlt wird, daß ſie ſogleich wieder mit neuer Stärke beſchickt werden kann, ohne Gefahr zu laufen, daß dieſe einſeitig überhitzt werden könnte. Dies geſtattet auch die Verwendung verhältnismäßig feuchter Stärke ohne Gefahr von Klumpen- und Griesbildung. Sehr vorteilhaft iſt es, daß Antrieb und Aushebung des Rührwerks von unten erfolgt, ſo daß die Pfanne von oben völlig frei iſt und daß ſie wegen des Entfallens der Einmauerung überall aufgeſtellt werden kann. Der zugehörige Dampfüberhitzer beſteht aus einem gußeiſernen, mit Iſoliermaſſe bekleideten Hohlzylinder, in deſſen Wandung die Dampfrohre

eingegoſſen ſind und deſſen innerer Hohlraum durch eine obere Oeffnung mit Koks gefüllt wird, der unten auf einem Roſt aufruht. Da dieſe Röſtpfanne auch mit heißem Waſſer geheizt werden kann, ſo iſt ſie nicht an das Vorhandenſein einer Dampfanlage gebunden und iſt wegen all ihrer Vorzüge wohl gegenwärtig die vollkommenſte Röſteinrichtung zur Dextrinerzeugung.

Die noch heiße Stärke wird gewöhnlich auf Platten zum Auskühlen ausgebreitet, wobei ſie jedoch leicht nachdunkelt. Beſſer iſt daher die Anwendung einer beſonderen Kühlvorrichtung. Fig. 5 zeigt einen ſolchen Kühler von Uhland in Verbindung mit zwei Dampfröſtpfannen *a*, einem Dampfüberhitzer *b* und der Waſſerleitung *d*. Der Kühler beſteht aus zwei (oder mehr) großen, flachen Pfannen *g*, g_1, die mit einem langſam umlaufenden Rührwerk verſehen ſind, welches das Dextrin auf der oberen Pfanne von außen nach innen, auf der unteren umgekehrt bewegt, ſo daß es ſchließlich bei *h* abgekühlt herausfällt. Die beiden Röſtpfannen *a* ſtehen ſo nebeneinander, daß ihre Ausläufe *e* durch den gemeinſamen Schlot *f* zum Kühler führen; c_1 iſt der Hahn für Dampf, d_1 jener für kaltes Waſſer.

Die Dextrinfabrik kann entweder ebenerdig oder beſſer einſtöckig ausgeführt werden und iſt am beſten ſo anzulegen, daß ſie durch Anbaue leicht vergrößert werden kann. Da das Präparieren, Vortrocknen der präparierten Stärke, das Röſten und Kühlen ſowie das Fortbewegen der Stärke und des Dextrins durch Maſchinenarbeit verrichtet werden kann, ſo ſind zur Bedienung der ganzen Anlage nur wenige Arbeitskräfte erforderlich.

Die Verſuche und Vorſchläge, das Dextrin unmittelbar aus Getreidekörnern, Mehl oder Kartoffeln oder aus der Pülpe der Stärkefabriken herzuſtellen, haben niemals zu einer nennenswerten Anwendung im großen geführt, da das erhaltene Dextrin viel zu unrein iſt, um den gegenwärtigen Anforderungen entſprechen zu können. Solche Vorſchläge ſind z. B. gemacht worden von T. A. Hoffmann [13], Fließbach [19], Boffert-Renge [28] und Fr. Anthon [18], welch letzterer zum Erhitzen eine eigne, jedoch ſehr unzweckmäßige Vorrichtung, den ſogenannten Dextrinzellenapparat, angegeben hat. Auch der Verſuch K. D. Eckmanns in England, einen dextrinartigen Körper aus den Ablaugen der Sulfitzellſtoffabriken zu gewinnen und unter dem Namen Dextron in den Handel zu bringen [29], dürfte kaum größere Bedeutung erlangen, da auch dieſer Körper ungenügend rein iſt.

3. Das aus Malz gewonnene Dextrin führt den Namen unwägbarer Sirup oder Dextrinſirup (sirop impondérable). Beſonders in der Bierbrauerei verwendet, ſehr zuckerhaltig, wurde er durch Erhitzen von Stärke mit Malzſchrot auf 75° C., Aufkochen, Filtrieren und Eindampfen erhalten. Näheres in größeren Handbüchern [20], [21]. Die Ueberwachung der Umwandlung der Stärke in Dextrin erfolgt bei jedem Verfahren durch Verſetzen einer in Waſſer gelöſten Probe mit einer Jodlöſung, welche Stärke blau, Dextrin weinrot färbt. Jenes Dextrin, das zum Gummieren von Zetteln, Briefumſchlägen u. dergl. beſtimmt iſt, ſoll beim Eintrocknen feiner Löſung einen glänzenden, weichen, nicht brüchigen Ueberzug zurücklaſſen. Zu dieſem Zwecke wird feine Löſung mit verſchiedenen Zuſätzen verſehen und dann gewöhnlich als Dextrinleim bezeichnet. Vorſchriften zur Herſtellung eines ſolchen ſind z. B. 400 g Dextrin, 600 g kaltes Waſſer, 10 g Traubenzucker, 20 g Glyzerin auf 90° C. erhitzt; oder 400 g Dextrin mit 400 g Waſſer angerührt, mit 200 g Waſſer verdünnt, mit 20 g Traubenzucker und 10 g Aluminiumſulfat verſetzt und auf 90° C. erhitzt [22]. Andre Vorſchriften ſ. [23], [24], [30], [31]. Das von O. Kutzner in Potsdam in den Handel gebrachte Gummi germanicum iſt ein in wäſſeriger Löſung gebleichtes und wieder eingedampftes Dextrin [32]. — Die Reinheit und Zuſammenſetzung des Handelsdextrins iſt ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen, wie aus den folgenden Zahlen hervorgeht [25]:

Bezeichnung des Dextrins	Waſſer %	Löslich bei 15° C. %	Zucker %	Säure; verbrauchte C.C.-Normallauge auf 100 g	Aſche %	Bemerkungen; Art der vorhandenen Säure
Ia	9,44	70,20	3,64	1,29	0,35	gelblichweiß; Salpeterſäure
Ia	9,65	70,15	4,75	1,27		weiß; Salpeterſäure
	9,82	59,05		2,20	0,28	famtartig, gelb; Salpeterſäure
	15,13	35,55		4,00	2,36	körnig; Salpeterſäure, Schwefelſäure, Chlor, viel Magneſia
Apparat			2,29	3,00		gelb; Salpeterſäure
Kammer			3,54	2,00		„ „

Aeltere Analyſen ſ. [20], [21], neuere [33]. Ueber die Methoden zur chemiſchen Unterſuchung des Dextrins, die zu genauerer Ueberwachung des Betriebes erforderlich iſt, ſ. [33] und [34].

Literatur: [1] Payen, Chimie industrielle und Dingl. Journ., 115, 219. — [2] Rey, Dingl. Journ., 67, 49. — [3] Ebend., 115, 220. — [4] Ebend., 99, 295. — [5] Pharm. Zentralbl. 1847, 649. — [6] Dingl. Journ., 102, 229. — [7] Compt. rend., 114, 46. — [8] Dingl. Journ., 149, 145. — [9] Wagners Jahrb., 1859, 330. — [10] Jacobſens Repertorium, 1878, I, 300. — [11] Wagners Jahrb., 1891. — [12] Pharm. Zentralbl. 1871, 220. — [13] Dingl. Journ., 149, 320. — [14] Wagners Jahrb., 1888. — [15] Uhland, W. H., Mitteilungen für die geſamte Stärkeinduſtrie, Leipzig 1890, Bd. 1, S. 56. — [16] Dingl. Journ., 243, 220. — [17] Wágner, L. v., Stärkefabrikation, 2. Ausg., Leipzig 1886, 673. — [18] Wagners Jahrb., 1875, 770. — [19] Chemiſche Induſtrie, 7, 395. — [20] Stohmann und Kerl, Encyklopäd. Handb. der techn. Chemie, Bd. 2. — [21] Wágner, L. v., Die Stärke-, Dextrin- und Traubenzuckerfabrikation, Braunſchweig. — [22] Dietrich, Pharm. Zentralhalle 1887, 271; Induſtrieblätter 1887, 173; Jacobſens Repertorium, 1887. — [23] Helfenberger Pharm. Ztg., Berlin 1887, Bd. 49, S. 5; Jacobſens Repertorium, 1886. — [24] Bayer. Induſtrie- und Gewerbeblatt, 49 (1887) 30. — [25] Reinke, Zeitſchr. für Spiritusinduſtrie 1892, 144. — [26] Uhlands

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Techn. Rundschau 1901, Gruppe 4, S. 87. — [27] Zeitschr. für Spiritusindustrie, Bd. 24, S. 340. — [28] Chem. Industrie, Bd. 25 (1902), S. 455. — [29] Dingl. Journ., 301 (1896), 119; Chem. Industrie, Bd. 18, S. 370. — [30] Chem. Industrie, Bd. 23, S. 562. — [31] Zeitschr. für die gesamte Kohlensäureindustrie, Bd. 7, S. 344; Alkohol, Bd. 11, S. 258; Amerik. Apotheker-Ztg., Bd. 22, S. 79. — [32] Chem. Industrie, Bd. 19 (1896), S. 445. — [33] Pharm. Zentralhalle, Bd. 39, S. 733. — [34] Zeitschr. für Spiritusindustrie, Bd. 25, S. 237. *F. Reinitzer.*

Dextrinleim, -firup, Dextron, s. Dextrinfabrikation und Stärkezuckerfabrikation.

Dextrose, ältere Bezeichnung für den Traubenzucker, durch die derselbe als die Ebene des polarisierten Lichtstrahles nach rechts drehend von dem linksdrehenden Fruchtzucker, der Lävulose, unterschieden wurde. Heute ist dieser Name nur noch wenig üblich, indem man den Zucker entweder als Traubenzucker oder nach dem Vorschlage von E. Fischer [1] systematisch mit d-Glukose bezeichnet (s. d-Glukose unter Kohlehydrate.)

Literatur: [1] Fischer, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, Bd. 23, S. 371. *Bujard.*

Deziliter, Hohlmaß = 0,1 l.

Dezimalbruch, s. Bruch.

Dezimale, bayrisches Flächenmaß, 34,07 qm = $^1/_{100}$ Tagwerk.

Dezimalsystem, Zahlensystem mit der Grundzahl 10.

In der Technik bezeichnet man mit Dezimalsystem diejenige Einteilungsart der Münzen, Maße und Gewichte, bei welcher jede höhere Einheit das Zehnfache der niedrigeren Einheit ist. Ursprünglich wurde der Regel nach, von der Grundeinheit ausgehend, das Zehnfache durch die Vorsilbe Deka-, das Hundertfache durch die Vorsilbe Hekto-, das Tausendfache durch die Vorsilbe Kilo-, das Zehntausendfache durch die Vorsilbe Myria- bezeichnet. Ein Zehntel der Grundeinheit wurde angedeutet durch die Vorsilbe Dezi-, ein Hundertstel durch die Vorsilbe Zenti-, ein Tausendstel durch die Vorsilbe Milli-. In der Praxis ist diese Anordnung niemals systematisch durchgeführt worden, sondern man hat je nach Bedarf bald eine, bald auch mehrere Einheiten übersprungen, z. B. nur Kilogramm, Gramm, Milligramm u. s. w. beibehalten. Als Grund für diese Abweichung mag das Bestreben gelten, möglichst wenige Einheiten und Bezeichnungen zu haben, da die große Menge sich doch nur wenige zu eigen macht. Die Nachteile des Dezimalsystems liegen in der geringen Teilbarkeit seiner Einheit, die sich nur in 2 · 5 zerlegen läßt. Sein Hauptvorzug ist die Uebereinstimmung mit dem dekadischen Zahlensystem Mit Leichtigkeit hat sich daher das Dezimalsystem fast auf allen Gebieten des Meßwesens eingebürgert, und nur in der Zeit- und Winkelmessung ist es beim alten Duodezimalsystem verblieben. Aber auch für die Einteilung des Kreises in 400 Grade, also des Quadranten in 100 Teile, ist namentlich in den Kreisen der Astronomen und Geodäten eine starke Agitation bemerkbar. *Plato.*

Dezimalwage, s. Wage.

Dezimeter, ein Längenmaß von 0,1 m Länge.

Längenmaße, die in der Angabe der Gesamtlänge mit der Bezeichnung Dezimeter versehen sind, wurden nur noch bis zum 31. Dezember 1896 zur Wiederholung der Eichung und Stempelung zugelassen, gemäß den Uebergangsbestimmungen betreffend die Zulassungsfristen für ältere Maße, Meßwerkzeuge, Gewichte und Wagen vom 30. Dezember 1884 (Reichsgesetzblatt 1885, Beilage zu Nr. 5, Art. 1, I.). Die neue Maß- und Gewichtsordnung kennt die Bezeichnung Dezimeter nicht mehr. S. a. Metrisches System und Längenmaße. *Plato.*

Dhoties, Schirtings mit farbigen Streifen, s. Weberei.

Dhra (Dhraa, auch Codo, Kála genannt), Längenmaß in Marokko = 0,571 m.

Di, in der Chemie Zeichen für Didym (s. d.).

Diabas wird in der Gesteinkunde ein kieselsäurearmes Eruptivgestein genannt, das hauptsächlich aus triklinem Feldspat (Plagioklas) und Augit besteht und ein rein körniges Gefüge besitzt.

Des meist hohen, vortertiären Alters dieser Gesteine wegen sind ihre Gemengteile selten frisch. Der Feldspat, gewöhnlich ein Oligoklas, ist meist getrübt und in beginnender Zersetzung (Kaolinisierung) begriffen, der Augit häufig in grüne, filzige, chloritähnliche Aggregate (Viridit) umgewandelt. Neben diesen Hauptgemengteilen treten stellenweise noch Diallag, Biotit, Hornblende, Olivin, Quarz, Titaneisen, Schwefelkies, Kalkspat, Brauneisenerz, fast ausnahmslos aber Magneteisen und Apatit auf. Nicht alle diese Mineralien gehören dem Gestein seit seiner Bildung an; Hornblende, Quarz können, Schwefelkies, Kalkspat, Brauneisenerz müssen als spätere, durch die Verwitterung entstandene Neubildungen angesehen werden. Diabas mit ursprünglich reichlich beigemengter Hornblende wird als Hornblende-Diabas oder Proterobas bezeichnet. Als Leukophyre wurden hellgefärbte, an Titaneisen reiche, feinkörnige bis dichte Diabase von vorgeschrittener Zersetzung und daher nicht genügend bekannter Zusammensetzung bezeichnet. Die Umwandlung des Diabases geht in vorgeschrittenerem Zustand stets mit einer Lockerung des Zusammenhaltes der einzelnen Gemengteile Hand in Hand und ihr Endprodukt ist ein eisenschüssiger Lehm. Hierbei geht die ursprüngliche dunkle oder durch die chloritisierten Augite mehr dunkelgrüne Farbe gänzlich verloren, und es tritt das durch die Bildung von Brauneisenerz erzeugte Ockergelb an ihre Stelle.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Gefüge des Diabases ist ein rein körniges; die Hauptgemengteile zeigen keinerlei äußere Kristallbegrenzung, sondern ihre Form wird, der annähernd gleichzeitigen Entstehung halber, durch das Korn des benachbarten Mineralindivids bedingt (s. Ophit). Als Variolite (Kugeldiabas) bezeichnet man Diabase, die in einer feinkörnigen bis dichten Grundmasse kleine, erbsengroße Kügelchen (Variolen) führen, deren Gefüge eine radialstrahlige Anordnung der Gemengteile aufweist. Die Korngröße schwankt zwischen 1 cm Länge und mikroskopischer Kleinheit. Die feinkörnigen und dichten (aphanitischen, daher Diabasaphanit) Gesteine sind mit unbewaffnetem Auge schwer zu untersuchen; hierzu bedarf es fast stets des Mikroskopes. In dem Gefüge kommen Uebergänge zu den Augitporphyriten (s. Porphyrit) und Melaphyren dadurch zustande, daß die Hauptgemengteile nicht gleichzeitig, sondern in zwei Altersfolgen, nämlich als Einsprenglinge und als Grundmasse entstehen (Diabasporphyrite), und selbst bei den rein körnigen Diabasen macht sich eine verschiedenzeitliche Entstehung der Hauptgemengteile und eine dadurch bedingte Abart des Gefüges geltend, wenn der Feldspat zuerst auskristallisiert (in Leisten und Tafeln) und der Augit die von jenem übriggelassenen Zwischenräume regellos ausfüllt (s. Ophit). Ihrer chemischen Beschaffenheit nach gehören die Diabase zu den an Kieselsäure armen, aber an alkalischen Erden (Kalk, Magnesia) und Natron reichen Eruptivgesteinen der älteren geologischen Zeiträume. Die durchschnittliche Zusammensetzung weist auf: 41—53 % SiO_2, 11—20 % Al_2O_3, 12 % $FeO + Fe_2O_3$, 6—12 % CaO, 4—8 % MgO, 2—4 % Na_2O, 0,5 bis 2 % K_2O. Das spezifische Gewicht der Diabase ist ein ziemlich hohes und liegt in der Regel zwischen 2,8 und 3,0. Die Lagerungsform der Diabase unterliegt meist großem Wechsel. Er tritt vielfach in Gängen, also als in offene Spalten eingepreßtes Magma auf und zeigt hier gegen die Spaltenwände infolge rascherer Abkühlung zumeist ein mehr porphyrisches Gefüge. Fast ebenso häufig nahm das Diabasmagma die Form eines lavaartigen Ergusses an und zeigt sich alsdann gewöhnlich auch blasig und mandelsteinartig (Diabasmandelstein). Selten bildet der Diabas ganze Gebirgsstöcke wie der Granit. Die Absonderung entspricht der Lagerungsform und ist bei den Gangdiabasen eine plump säulenförmige oder prismatische und bei dem Ergußgesteine eine unregelmäßig bankige. Die meisten Diabaseruptionen zeigen sich in den älteren paläolithischen Schichten, also im Silur und im Devon (Fichtelgebirge, Harz, Thüringer Wald, rheinisches Schiefergebirge u. s. w.); ihre Verbreitung ist hier eine sehr große und die Verknüpfung mit tuffartigen Gesteinen setzt eine ähnliche Entstehungsweise wie diejenige der heutigen vulkanischen Gesteine voraus. Weniger häufig kommen Diabase in jüngeren Formationen vor, doch sind verwandte Gesteine bis in das jüngste Tertiär beobachtet worden. In vielen Fällen ist das von den Diabasgängen durchsetzte Nebengestein in unmittelbarer Nachbarschaft des Ganges verändert, gefrittet, verglast u. s. w. [1], [2]. Von nachträglichen Veränderungen (Umwandlung, Schieferung u. s. w.) abgesehen, entspricht der Diabas in fast allen Beziehungen dem Basalt und Melaphyr. Die Härte des Diabases ist ungefähr 6. Sie ändert sich jedoch und wird geringer, sobald die Hauptgemengteile in Umwandlung begriffen sind. Das ursprünglich bei grobem Korn spröde Gestein wird zähe, besonders dann, wenn der augitische Gemengteil in chloritische Substanz übergegangen ist und der Feldspat erst in beginnender Trübung sich befindet. Danach ist die technische Benutzbarkeit zu beurteilen. Die mittlere Druckfestigkeit der Hornblendediabase (Proterobase) vom Ochsenkopf im Fichtelgebirge und Neuwerk bei Rübeland (Harz) ist sehr hoch und beträgt im ersteren Fall 2080 kg, im letzteren 2567 kg auf den Quadratzentimeter. Grobkörnige und ganz frische Diabase sind weniger widerstandsfähig gegen Zertrümmerung, feinkörnige und dichte Arten mehr. Gegen Zug und Druck verhalten sich die Diabase mit chloritisiertem Augit weit vorteilhafter. Eine Politur nimmt Diabas in frischem Zustand leichter als im zersetzten an. Im allgemeinen eignet er sich sowohl zu Pflaster- wie zu Beschotterungsmaterial sehr gut, natürlich unter Berücksichtigung seines Umwandlungszustandes [3]. Als Hochbaumaterial sind für rauhes Mauerwerk mit Vorteil nur die festen, mandelsteinartigen Diabase zu verwenden. Die kompakten, körnigen und dichten Gesteine lassen sich nur schwer bearbeiten, doch wurden Diabase auch als Dekorationsmaterial verwendet. Sehr ausgedehnt ist die Benutzung und Verarbeitung der dunkeln und schwärzlichen Diabase (fälschlich Syenite) der Lausitz und des südlichen Schwedens zu Monumenten. Sie werden zersägt, geschliffen und poliert [3]. Die dunkelgrünen, feinkörnigen Proterobase vom Ochsenkopf (Fichtelgebirge) und Neuwerk (bei Rübeland im Harz) sind sehr politurfähig und eignen sich zu Verkleidungsmaterial bei Hochbauten.

Literatur: [1] Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, Leipzig 1894, 2. Aufl., Bd. 2, S. 621. — [2] Kalkowsky, E., Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886, S. 111. — [3] Hermann, Zeitschr. für praktische Geologie 1895, S. 161. — [4] Hermann, Steinbruchindustrie und -Geologie, Berlin 1899, S. 242.

Leppla.

Diabasaphanit, -mandelstein, -porphyrit, s. Diabas.

Diabasschiefer oder schieferiger Diabas, dunkelgrüner (mit chloritisiertem Augit) in einer Richtung gestreckter, daher scheinbar geschichteter Diabas.

Die Gesteine sind meist das Ergebnis von starken Quetschungen und Streckungen durch Gebirgsstörungen, Faltungen und Verwerfungen; hierbei sind die regellos verteilten Gemengteile in ihren Längsausdehnungen parallel gerichtet worden. Natürlich steht damit eine Zertrümmerung der Gemengteile im Zusammenhang. Solche schieferige Diabase sind in gefalteten Gebirgen, im zentraleuropäischen Devon und Silur sehr häufig. Die mechanischen Veränderungen machen die Gesteine für Bauzwecke und Pflastermaterial vielfach unbrauchbar und der neu entstandenen Trennungsflächen wegen sind größere Blöcke selten erhältlich. Die Verwendung erstreckt sich daher nur auf Kleinschlag für Straßenbau.

Leppla.

Diabastuff wird Tuff genannt, dessen Material aus Diabasbruchstücken besteht und wahrscheinlich in vielen Fällen aus Trümmermaterial entstanden ist,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das bei der Eruption des Diabaſes in Form von Aſchen und Rapilli ausgeworfen wurde.

Die Gemengteile des Diabastuffes ſind alſo teilweiſe Bruchſtücke von Diabas ſelbſt, teilweiſe ſolche von Feldſpat und Augit; beſonders aber iſt das chloritiſche Umwandlungsprodukt des letzteren (Viridit) an der Zuſammenſetzung des Tuffes beteiligt. Iſt derſelbe aus eckigem Verwitterungsmaterial des Diabaſes gebildet, ſo geht er in Diabasbreccie über und ſind ſeine Elemente gerollt, ſo nähert er ſich mehr dem Diabaskonglomerat. Die echten Diabastuffe ſind meiſt grünlichgrau, mittel- bis feinkörnig, oft gut geſchichtet oder auch geſchiefert und gewöhnlich reich an kohlenſaurem Kalk, einem Umwandlungsprodukt des Augites. Hierher gehörige Geſteine haben eine verhältnismäßig geringe Verbreitung und daher auch geringe Verwendung. Diabastuffe von Hof in Bayern werden zum Straßenbau benutzt. *Leppla.*

Diagonal, beim Bergbau auf einer plattenförmigen Lagerſtätte eine geneigte Richtung, die zwiſchen der Streich- und Fallrichtung (ſ. Fallen und Streichen) liegt, alſo weniger Neigung hat als letztere. Diagonale Strecken werden jetzt nur noch ſelten angewendet. *Treptow.*

Diagonalbau, ſ. Bootsbau.

Diagonalbeplankung, -ſchienen, -verband, ſ. Schiffbau.

Diagonalbogen, ſ. Gratbogen.

Diagonale, in der Planimetrie Gerade, die zwei nicht aufeinander folgende Ecken eines Vielecks (ſ. Polygon) verbindet; in der Stereometrie Verbindungslinie zweier Ecken eines Körpers, die nicht mit der Diagonale einer Seitenfläche oder mit einer Kante zuſammenfällt. *Wölffing.*

Diagonalen (Schrägen), die geneigten Ausfachungsſtäbe eines Fachwerkträgers.

Sie ſind entweder Zugſtäbe (ſ. d.) oder Druckſtäbe (ſ. d.), je nachdem ſie bloß Zug oder auch Druck aufzunehmen haben. Ihre Neigung wird im Mittel unter 45° angenommen, jedoch kommen, insbeſondere bei Trägern mit nicht parallelen Gurtungen, auch beträchtliche Abweichungen von dieſer Mittellage vor. (S. a. Fachwerksträger.) Die abwechſelnd auf Zug und Druck beanſpruchten Diagonalen werden heute durchwegs knickſteif ausgebildet, während die Anbringung von Gegendiagonalen (ſ. d.) meiſt unterbleibt. Näheres hierüber ſ. Fachwerksträger, Brücken, eiſerne. *E. Horowitz.*

Diagonalräderfräs- und -hobelmaſchinen, ſ. Fräsmaſchinen und Hobelmaſchinen.

Diagonalreihen, ſ. Reihen.

Diagonalſpanten, ſ. Schiffbau.

Diagonalſtuhl, Milanesſtuhl, mechaniſcher Kettenwirkſtuhl, der die Kettenfäden nach und nach ſeitlich über ſämtliche Nadeln der ganzen Reihe legt.

Diagramm, ſ. v. w. Abriß, Entwurf in Linien. In der Phyſik, Meteorologie und Technik iſt der Begriff Diagramm kein einheitlicher: manche Autoren bezeichnen als Diagramm nur diejenigen Figuren, die von ſelbſtregiſtrierenden Inſtrumenten (Flutmeſſern, Barometern, Indikatoren u. ſ. w.) aufgezeichnet werden, andre, insbeſondere in England, alle Linien und Figuren, die das Charakteriſtiſche einer Sache darſtellen, alſo beiſpielsweiſe nicht nur Kurven, die gleichwertige Punkte verbinden (Iſochimenen, Iſothermen u. ſ. w.) oder die geſetzmäßige Entwicklung irgend einer Funktion darſtellen, ſondern ſogar Querſchnitte durch Trägerkonſtruktionen u. ſ. w. Die Darſtellung phyſikaliſcher, meteorologiſcher und techniſcher Data durch Diagramme iſt oft von unſchätzbarem Wert. So iſt z. B. bei Dampfmaſchinen, insbeſondere Schiffsmaſchinen, das Indikatordiagramm die einzig ausreichende Kontrolle für die in den Zylindern wirklich ausgeübte Dampfkraft. Vgl. Dampfmaſchinen (S. 610), Dampfturbinen, Schiffsmaſchine, Baumwollſpinnerei (Bd. 1, S. 618), Arbeitsdiagramm u. ſ. w.

Diagrammapparate, ſ. Feſtigkeitsprobiermaſchinen.

Diagraphie, Verfahren, um Zeichnungen mit der Feder auf gummierten Taffet zu pauſen zum Zweck des Ueberdruckens auf den lithographiſchen Stein.

Nachdem man dem Taffet durch Umnähen mit Zwirnband Feſtigkeit gegeben, mattiert man ſeine Rückſeite mit Kalkmilch, legt ihn auf die Zeichnung und fährt deren Linien mit einer in lithographiſche Tuſche getauchten feinen Feder nach; dann wird, wie üblich, auf den Stein übertragen und dieſer weiter behandelt (ſ. Lithographie). Die Diagraphie benutzt man hier und da beim Kopieren architektoniſcher und andrer, in der Hauptſache in Linien ausgeführter Zeichnungen; in modernen Betrieben iſt ſie jedoch mit erheblichem Vorteil durch den photolithographiſchen Prozeß erſetzt worden. *A. W. Unger.*

Diakauſtik, Brennlinie einer nicht aplanatiſchen Linſe, allgemeiner die Evolute von Lichtſtrahlen, die, von einem Punkte ausgehend, nach der Brechung

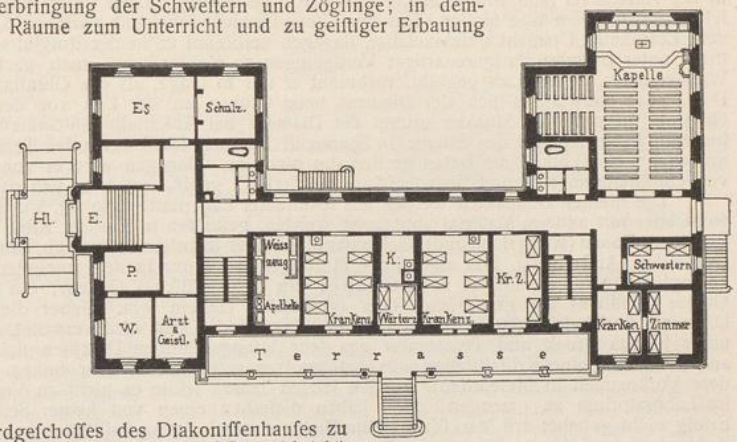
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch ein lichtbrechendes Mittel nicht mehr einen gemeinschaftlichen Schnittpunkt haben. S. a. Katakaustika. *Aug. Schmidt.*

Diaklase, s. Lithoklasen.

Diakonissenhaus, Gebäude zur Aufnahme, Erziehung und Heranbildung von Krankenpflegerinnen protestantischer Konfession.

Die erste Diakonissenanstalt wurde von Pastor Fliedner in Kaiserswerth 1836 gegründet. Seitdem sind nach Muster derselben in Deutschland eine große Anzahl solcher entstanden. Den mehrfachen Zwecken entsprechend besteht das Gebäude in seinen Teilen aus 1. einem Hauptgebäude zur Unterbringung der Schwestern und Zöglinge; in demselben sind auch Räume zum Unterricht und zu geistiger Erbauung (Kapelle oder Betsaal) einzurichten; 2. Räume für Pflege von Kranken verschiedener Art und Geschlechts in verschiedenen Stockwerken oder gesonderten Gebäuden (s. a. Krankenhaus); 3. Räume zur Bewirtschaftung der Anstalt: Küche, Waschküche u. s. w. Ein Beispiel zeigt nebenstehender Grundriß des Erdgeschosses des Diakonissenhauses zu Frankfurt a. M. (erbaut 1874 von Mylius & Bluntschli).



Das Gebäude enthält außerdem im Kellergeschoß die Wirtschafts- und Vorratsräume nebst Heizung, im ersten und zweiten Obergeschoß 18 Krankenzimmer mit dem notwendigen Zubehör für zusammen 44 Betten. *Weinbrenner.*

Diallag, s. Augit.

Dialysator, Vorrichtung zur Scheidung kristallinischer und gelatinöser Substanzen in Lösungen (Kristalloide und Kolloide).

Diese Scheidung (Dialyse, s. d.) beruht auf dem verschiedenen Verhalten dieser beiderlei Substanzen bei der Diffusion ihrer Lösungen durch feinporöse Scheidewände. Der Dialysator, ein flaches Gefäß mit membranösem Boden (Pergamentpapier) läßt auf Wasser schwimmend Zucker- und Salzlösungen ins Wasser diffundieren und hält Substanzen, wie Gummi, Eiweiß, nicht kristallisierbaren Zucker u. s. w., zurück. *Aug. Schmidt.*

Dialyse, die Trennung gelöster kristalloider und kolloidaler Stoffe mit Hilfe einer Membran von Pergament oder andrer tierischen Haut, die die Eigenschaft besitzt, Kolloiden den Durchgang zu verwehren, während Kristalloide so gut wie ungehindert hindurchdiffundieren. Es gelingt auf diese Weise, eine völlige Trennung der beiden verschiedenartigen Stoffe zuwege zu bringen.

Die Erklärung dieser merkwürdigen, von Graham entdeckten Erscheinung scheint darin zu liegen, daß die tierische Membran als eine gesättigte Kolloidlösung betrachtet werden kann, die, wie alle gelatinierten Kolloidlösungen, keine Aufnahmefähigkeit für weitere Kolloide besitzt, wohl weil die wahrscheinlich sehr großen Kolloidmolekeln nicht in die Zwischenräume der anderen eindringen können, während die kleinen Kristalloidmolekeln hinein- und hindurchzudiffundieren vermögen. Die Dialyse dient zur Reinigung kolloider Stoffe aller Art, insbesondere von Gelatine, Leim, Eiweiß, Dextrin u. s. w., von beigemengten Salzen. *Abegg.*

Diamagnetismus, s. Magnetismus.

Diamagnetometer, Apparat von W. Weber, um die diamagnetische Polarität (s. Magnetismus) des Wismuts mit der magnetischen Polarität des Eisens einer vergleichenden Messung zu unterwerfen.

Bringt man nacheinander gleich lange und gleich schwere Stäbe beider Metalle in das gleich starke Feld einer Magnetisierungsspirale, so erhält der Eisenstab ein 1 470 000 mal so großes magnetisches Moment als der entgegengesetzte Polarität zeigende Wismutstab. Ueber die Einrichtung des Apparates vgl. [1], über die besondere Methode der Beobachtung mit demselben vgl. [2], über eine veränderte Einrichtung vgl. [3].

Literatur: [1] Weber, W., Elektrodynamische Maßbestimmungen, Abh. 3: Ueber Diamagnetismus, Math.-phys. Klasse der Sächs. Ges. d. Wiss., Bd. 1, 1852 (im Auszug in Pogg. Annalen, Bd. 87, S. 145, 1852). — [2] Ebend., Abh. 2: Widerstandsmessungen. — [3] Tyndall, Philos. Transactions for 1856, und Christie, Pogg. Annalen, Bd. 103, 1858. *Aug. Schmidt.*

Diamant (Demant), reiner Kohlenstoff *C*, ohne anorganische Beimengungen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kriſtalliſiert regulär, und zwar meiſt als Oktaeder, beſonders mit krummen Flächen; ſelten ſind Aggregate von Kriſtallen und derbe Steine. Die einzelnen Kriſtalle ſind meiſt Zwillinge. Spaltbar nach dem Oktaeder. Farblos und waſſerhell (Steine vom reinſten Waſſer), eigenartig und ſtark glänzend = demantglänzend (kleiner Winkel der Totalreflexion), durchſichtig, ſelten trüb; mitunter gelblich und dann weniger geſchätzt. Selten und ſehr hoch im Preis ſind dunkle, rote, grüne, blaue und ſchwarze Farben. Die Lichtbrechung und Farbenzerſtreuung (Diſperſion) iſt ſehr ſtark, daher im geſchliffenen Zuſtand prächtiges Farbenſpiel. Durch ſtarke Beſtrahlung wird Diamant phoſphoreszierend und durch Reibung poſitiv elektriſch; das Leitungsvermögen für Elektrizität iſt ſehr gering. Seine Härte iſt die größte unter den Mineralien, nämlich zehn in der Härteſkala (auſtraliſche Steine ſind härter als andre); dabei iſt er ſpröde und läßt ſich leicht zertrümmern und ſpalten. Das ſpezifiſche Gewicht ſchwankt zwiſchen 3,50 und 3,53. Vor dem Lötrohr iſt Diamant unſchmelzbar, dagegen verbrennt er in der Rotglut und im Sauerſtoffſtrom unter Bildung ätzfigurenartiger Vertiefungen zu Kohlenſäure, auch nach Entfernung der Wärmequelle; an der Luft geglüht, verbrennt er nur ſo lange, als die Glühflamme wirkt. Nach Despretz verwandelt ſich der Diamant beim Glühen an der Luft vor dem Verbrennen in Graphit. In größeren Stücken erträgt der Diamant bei Abſchluß von Sauerſtoff Temperaturen bis zum Schmelzpunkt des Eiſens. In Säuren iſt Diamant ſelbſt bei hoher Temperatur durchaus unlöslich; auch alkaliſche Baſen greifen ihn nicht an. Dagegen wird er von einem Gemenge von chromſaurem Kali und Schwefelſäure bei 200° C. gelöſt, indem er ſich oxydiert.

Die meiſten Diamanten werden auf ſekundärer Lagerſtätte, alſo da, wo ſie nicht gebildet, wohl aber mit anderm Material abgelagert wurden, gefunden in Sanden, Kies, Breccien (Indien, Braſilien), Tonen (Weſtgriqualand), Gelenkſandſtein oder Itakolumit (Braſilien, Ural), in ſogenannten Goldſeifen (Auſtralien). Das eigentliche Muttergeſtein iſt nur in den wenigſten Fällen bekannt geworden, in Indien ſoll es nach Chaper ein pegmatitiſches Geſtein, ein Gneis, in Minas Geraës (Braſilien) ein granitiſches oder ſyenitiſches Geſtein ſein. Ueber die Entſtehung des Diamants ſind befriedigende Erklärungen nicht vorhanden. Es wird vermutet, daß er im Granit unter hohem Druck und Temperatur aus ſehr löſungskräftigen Dämpfen ſich gebildet habe; andre nehmen eine Kriſtalliſation aus geſchmolzenem Eiſen bei ſehr hohem Druck an (nach dem Vorkommen in Meteoriten). In den letzten Jahren fehlte es nicht an Verſuchen, Diamant im Laboratorium zu erzeugen, doch haben dieſelben einen von keiner Seite angezweifelten Erfolg nicht gehabt; erſt Moiſſan ſtellte Diamant durch Auskryſtalliſation aus einer Löſung von Kohlenſtoff in flüſſigem Eiſen unter Druck dar. Als Nachahmungen von Diamant, nicht bloß des geſchliffenen, ſondern auch des rohen, werden Bergkriſtall und farbloſe Abarten des Korunds gebraucht und künſtlich falſche Diamanten durch ein Bleiglas erzeugt. Die beſonders geſchätzte blaue Farbe mancher Diamanten wird durch Eintauchen von minderwertigen gelben in blaue Löſungen künſtlich nachgeahmt. Die älteſte und hervorragendſte Verwendung des Diamants iſt diejenige als Schmuckſtein, und hier wird beinahe ausſchließlich eine Schleifform gewählt, die des Brillantſchliffes. Man nennt daher Diamanten von dieſer Schlifform kurzweg Brillanten. Die Form beſteht aus zwei an ihrer Grundfläche (Faſſungsrand) vereinigten Pyramiden, deren obere durch eine der Grundfläche parallele Fläche abgeſtumpft iſt und etwa $^1/_3$ der Geſamthöhe des Steines einnehmen ſoll (vgl. Edelſteinſchleiferei). In den Fällen, wo der Rohſtein nicht die Oktaederform bereits beſitzt, wird dieſe durch Spalten desſelben hergeſtellt. Alsdann werden zwei auf Stäbchen aufgekittete Steine aneinander gerieben, bis ſie die ungefähre Form der Brillanten haben (Grauen der Steine). Hierauf werden die Faſſetten geſchliffen, indem die aufgekitteten Steine auf eine ſehr raſch rotierende eiſerne Scheibe gedrückt werden, auf die Diamantſtaub oder -pulver mit Olivenöl als Schleifmittel gebracht wurde. Für jede Faſſette muß der Stein auf dem Griffel natürlich umgekittet werden. Der Wert der rohen Diamanten wechſelt nach der Reinheit und bewegt ſich zwiſchen 20 und 50 ℳ. pro Karat für größere Partien. Beim Brillanten galt früher die Regel, den Wert im Quadrat des Gewichtes an Karat zu bemeſſen, alſo z. B. einem Stein von 4 Karat den 16fachen Wert von 1 Karat beizumeſſen. Durch die Häufigkeit der Diamanten in Südafrika wurden jedoch die Preiſe gedrückt. Man rechnet etwa einen Stein von 1 Karat (= ∼ 0,2 gramme) je nach Qualität auf 120—220 Franks Wert, von 2 Karat auf 400—700 Franks, von 3 Karat auf 660—1250 Franks, von 5 Karat auf 1250—2750 Franks, von 10 Karat auf 3050—10 300 Franks u. ſ. w. In den letzten zwei Jahren erhöhten ſich die Preiſe, 1 Karat geſchliffen ca. 300 ℳ. Für große Steine ſowie für ſolche mit ſehr ſeltenen Färbungen werden ſelbſtverſtändlich nur Liebhaberpreiſe bezahlt.

Zum Glasſchneiden können nur kleine Steine (Salzkörner) oder Bruchſtücke mit natürlichen Kanten benutzt werden; Spaltungsſtücke ſchneiden nicht, ſondern ritzen nur (Preis 30—50 ℳ. pro Karat). Als Schleifmittel (ſ. Schleifen) für den Diamanten ſelbſt und ähnlich harte Edelſteine wird der ſogenannte Diamantbort oder kurzweg Bort (Boort) verwendet, der aus Abfällen größerer Steine und ſolchen trüben oder unregelmäßig verwachſenen beſteht, die ſich zu Brillanten nicht eignen (Preis pro Karat 20—30 ℳ.). Eine große Verwendung finden ſolche Diamanten oder deren Bruchſtücke zum Bohren und Drehen ſehr harter Materialien, zum Abrichten von Schleif- und Schmirgelſteinen, zum Abdrehen von Hartguß-, Stahl- und Hartgummiwalzen u. ſ. w. Ausgedehnt iſt die Benutzung zur Herſtellung von Bohrkronen für harte Geſteine (Preis 30—90 ℳ. je nach Größe). Beim Gravieren von Metall (Siegel- und Kupferſtecherei) und Stein (Lithographie) werden Werkzeuge mit Diamantſpitze verwendet. Untergeordnet iſt die Benutzung ſehr klarer Steine zu optiſchen Linſen. — Als ein derbes, kriſtallines Aggregat von Diamantoktaedern wird der ſchwarze, zuweilen poröſe Karbonat (Carbonado) angeſehen, der oft das Ausſehen von Koks beſitzt und häufig in größeren Klumpen vorkommt (Braſilien). Er enthält bis zu 2 % fremde Beimengungen, hat ein niedriges ſpezifiſches Gewicht (3,15—3,30), iſt aber ebenſo hart als der eigentliche Diamant (nach Ausſage der Steinſchleifer ſogar noch härter). Er dient wie der Bort zum Schleifen von Brillanten, Abdrehen und Abſchleifen harter Materialien, Bohrkronen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: [1] Bauer, Lehrbuch der Mineralogie, 2. Aufl., Berlin 1904. — [2] Groth, Grundriß der Edelſteinkunde, Leipzig 1887, 138. — [3] Dölter, Edelſteinkunde, Leipzig 1893, 54. — [4] Bauer, Edelſteinkunde, Leipzig 1895, 127. *Leppla.*

Diamantbohrung, ſ. Tiefbohren.

Diamantfarbe, ſ. Eiſenanſtriche.

Diamantkarbonat, ſ. Schleifen (Schleifmittel).

Diamantquader, ein Boſſenquader, der die Form von Kriſtallen annimmt (ſ. Boſſenwerk). *Weinbrenner.*

Diamantſchwarz, aus Gambier (Knox County, Ohio) kommender, aus der Erde entſtrömenden Gaſen hergeſtellter Lampenruß, ähnlich dem Carbon Black. S. a. Anilinſchwarz, Bd. 1, S. 206. *Andés.*

Diamantſpat, ſ. Korund.



Diamantverzierung, eine namentlich im romaniſchen Stile häufig angewendete Verzierung der Ornamente, die aus einer Aneinanderreihung von kriſtallähnlichen Formen oder perlartigen Körperchen beſteht. Dieſe Dekoration bildet die Rippen von Blättern oder ſetzt ſich in der Mitte bandartiger Formen feſt (ſ. die Figur). *Weinbrenner.*

Diamantwäſcherei bedeutet im engeren Sinne nur das Behandeln des bereits gegrabenen diamanthaltigen Gebirges mit Waſſer und das Ausſuchen der Diamanten, allgemein auch die Ausbeutung der Diamantlagerſtätten.

An den meiſten Fundorten (ſ. Diamant) kommen die Diamantkriſtalle loſe in ſehr verſchiedener Größe in Alluvionen vor. Nur zu Bellary in Oſtindien ſind die Steine in einem grobkörnigen Granit, bei Tejuco in der braſilianiſchen Provinz Minas Geraës in einem ſandſteinartigen Geſtein, dem Itakolumit, und in Griqualand in vulkaniſchen Tuffen (der berühmteſte Fundort iſt Kimberley) eingewachſen. Die Gruben des Griqualandes, welche die Tuffmaſſen abbauen, heißen dort „dry diggings", im Gegenſatz zu den ebenfalls dort früher ausgebeuteten Seifen, den „river diggings". Beim Ausſuchen der Diamanten wird das diamanthaltige Seifengebirge durch Sieben von den gröberen Geſteinsſtücken befreit, ſodann durch Waſchen im fließenden Waſſer der Schlamm und Ton entfernt und aus dem ſandartigen Rückſtande, den man auf Tiſchen ausbreitet, werden die Diamanten ausgeleſen. Das geübte Auge der Arbeiter überſieht ſelbſt kleine Steine nicht leicht; wegen der Gefahr der Entwendung wird hierbei ſtrenge Aufſicht geführt, und die Diamantwäſcher arbeiten unbekleidet. Die Tuffmaſſen, in denen ſich im Griqualand die Diamanten finden, bilden unmittelbar unter der Oberfläche eine gelbliche (yellow ground) und etwas tiefer eine graublaue (blue ground) zerſetzte Maſſe; beide haben die Eigentümlichkeit, an der Luft zu verwittern. Dieſen Umſtand benutzt man, indem das gewonnene Geſtein auf weiten gepflaſterten Flächen, den ſogenannten „floors", dem Einfluße der Atmoſphäre 3—12 Monate lang ausgeſetzt wird. Darauf erfolgt in maſchinell betriebenen, leiſtungsfähigen Anlagen, zum Teil unter Benutzung von Rührpfannen und Setzmaſchinen (ſ. Setzarbeit) das Waſchen der Maſſen und darauf das Ausleſen der Diamanten. In neuerer Zeit wird hierbei auch die Oelaufbereitung (ſ. Aufbereitung) benutzt. Die Frage, in welcher Weiſe aus den in größerer Tiefe anſtehenden härteren Tuffmaſſen, bei denen der Verwitterungsprozeß zu lange dauert, Diamanten am vorteilhafteſten zu gewinnen ſind, iſt zurzeit noch eine offene.

Literatur: [1] Groth, P., Grundriß der Edelſteinkunde, Leipzig 1887. — [2] Doelter, C., Edelſteinkunde, Leipzig 1893. — [3] Bauer, Max., Edelſteinkunde, Leipzig 1895. *Treptow.*

Diaminfarben, eine Reihe von direkt färbenden, ſubſtantiven Baumwollfarbſtoffen, die von der Firma Leopold Caſſella & Co. in Frankfurt a. M. in den Handel gebracht werden. Vgl. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Dianenbaum, ſ. Silber.

Diaphan, durchſcheinend, heißen Bildertafeln, deren Bilder nicht in dem von der Tafel reflektierten, ſondern in dem von der Tafel durchgelaſſenen Licht ſichtbar werden, z. B. die Lithophaniebilder ſowie die Diaphanien, die, mit Firnis zwiſchen Glasplatten geklebt, Nachahmungen von Glasgemälden liefern. Der Diaphanlack iſt ein ſchwarzer Lack; damit überzogene Glastafeln, mit der Radiernadel bearbeitet, liefern die Diaphanradierungen. *Aug. Schmidt.*

Diaphanien, zumeiſt lithographiſch erzeugte, transparente Farbendruckfenſterbilder, -plakate u. ſ. w.

Die mit Lafurfarben ſatt bedruckten Abzüge werden nach völligem Verharzen der Druckfarbe auf der Vorderſeite mit ſogenanntem Spirituslack und nach dem Trocknen auf der Rückſeite mit Damarlack, dem ein Fünftel ſeines Gewichtes Sikkativ zugeſetzt wurde, beſtrichen. Das Papier ſoll gut ſatiniert, ſchwach geleimt und nicht zu dünn ſein. Die Druckfarben müſſen lichtecht und lackierfähig ſein; ſie dürfen nicht mit alkohollöslichen Pigmenten „geſchönt" werden. Glasdiaphanien erhält man durch einfaches Einkitten ſolcher aus Papier zwiſchen zwei Glastafeln oder durch Uebertragung mittels Abziehbilder (ſ. d.) und nachfolgendem Einbrennen (vgl. Glasmalereitechnik und Hyalochromien). *A. W. Unger.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diaphanlack, ein terpentinhaltiger Lack, um auf dünnes Papier gedruckte farbige Bilder, die auf Glas aufgeklebt werden, durchfcheinend zu machen, fo daß fie wie Glasmalerei ausfehen. *Andés.*

Diaphanometer, f. Durchfichtigkeit.

Diaphragma (wörtlich Zwifchenwand) nennt man 1. die Blendringe, die in Fernrohren und Mikrofkopen angebracht werden, um die durch die Ränder der Linfen gehenden Strahlen aufzufangen und dadurch die fphärifche Aberration unfchädlich zu machen. (Näheres f. Fernrohr, Mikrofkop und Fadenkreuz.) — 2. Die kapfelartigen Einfätze in Brunnenröhren, um bei hohem Drucke in der Zuleitung mittels Anbringens einer kleinen Oeffnung in die den Zufluß-querfchnitt fperrende Wand eine innerhalb beftimmter Grenzen beliebige Waffermenge ftändig entnehmen zu können.

Diaphragmenftröme, elektrifche Ströme, die nach der Entdeckung von G. Quincke beim Durchgang von Flüffigkeiten durch poröfe Körper entftehen.

Wird Waffer durch eine poröfe Tonplatte gepreßt, fo zeigt fich zwifchen dem vor und dem hinter der Platte befindlichen Waffer eine Potentialdifferenz, die beim Eintauchen zweier Elektroden die elektromotorifche Kraft eines Stromes liefert. Die elektromotorifche Kraft zeigt fich proportional dem Druck des Waffers und fomit der Gefchwindigkeit desfelben, befonders abhängig von der Subftanz des Diaphragmas und der Flüffigkeit. Quincke machte Verfuche mit poröfem Ton, mit Leinwand, mit Pulvern aus Elfenbein, Glas, Sand, Holz, Schwefel, Kohle u. f. w. Schwefel gab die ftärkfte elektromotorifche Kraft. Die Stromrichtung war diejenige des Flüffigkeitsftroms [1]. Eine Ausnahme bildet der Alkohol [2], bei dem die Stromrichtung die entgegengefetzte ift. Die Erfcheinung ift die Umkehrung einer andern Erfcheinung, die man elektrifche Osmofe nennt. Bei diefer fetzt ein durch die Flüffigkeit und das Diaphragma geleiteter, ftarker elektrifcher Strom die Flüffigkeit, befonders fchlecht leitende Flüffigkeiten, wie Schwefelkohlenftoff, in Bewegung, fo daß das Flüffigkeitsniveau auf feite der Kathode höher ift als auf feite der Anode.

Literatur: [1] Pogg. Annalen, Bd. 107 (1859). — [2] Ebend., Bd. 110 (1860). *Aug. Schmidt.*

Diapofitiv, f. Photographie.

Diafpor, ein Mineral, faft überall, wo Schmirgel vorkommt, in Begleitung desfelben; findet fich bei Gumuch-Dagh und Manfer in Kleinafien fowie auf den Infeln Naxos und Nicoria im griechifchen Archipel.

Der Ordnung der Hydrooxyde angehörend, kriftallifiert es rhombifch, in breiten Säulen, tritt meift derb in mufcheligen breitftengeligen, auch faferigen blätterigen Aggregaten auf; Farbe grünlichweiß, gelblichweiß, auch violettblaugrau; Härte 6, fpez. Gew. 3,3—3,46, oberflächlich mit Brauneifenocker bedeckt, mit Perlmutterglanz auf den vollkommenen Teilungsflächen, mit Fettglanz auf dem Querbruch; das Mineral befteht aus Tonerdehydrat. *Andés.*

Diaftafe, ein fogenanntes ungeformtes Ferment (Enzym), das fich in der keimenden Gerfte (Malz) bildet und Stärke in Traubenzucker überzuführen imftande ift. Es zählt zu den Proteinftoffen.

Nach neueren Unterfuchungen treten als Zwifchenftufen in diefem Abbauprozeß der Stärke Dextrin und Maltofe auf. Fermente von ähnlicher Wirkung find im Speichel und im Pankreasfaft vorhanden und werden daher als diaftatifche bezeichnet. Diefelbe Umwandlung der Stärke läßt fich durch andre Stoffe, wie z. B. durch Erwärmen mit verdünnten Säuren, herbeiführen. Ueber die Art und Weife, wie die Diaftafe eine derartige Umwandlung vollzieht, ift noch wenig bekannt. Ihre Bildung in den Körnerfrüchten, namentlich in der Gerfte, geht während des Keimprozeffes vor fich. Ihre Gewinnung gefchieht nach Lintner (Zeitfchr. für das gef. Brauwefen 1886, S. 474) wie folgt: Ein Teil Grünmalz wird mit 2—4 Teilen 20prozentigem Alkohol 24 Stunden digeriert und der fo gewonnene Auszug mit der $2\frac{1}{2}$fachen Menge abfoluten Alkohols gefällt. Der hierbei erhaltene Niederfchlag wird durch Abfaugen auf einem Filter gefammelt, mit abfolutem Alkohol und Aether gewafchen und im Vakuum über Schwefelfäure getrocknet. Von der Eigenfchaft der Diaftafe, Stärke in Traubenzucker überzuführen, wird in der Technik, fpeziell in der Bierbrauerei und in der Brennerei (Spiritusfabrikation), ausgiebiger Gebrauch gemacht. Hohe Temperaturen (über 70°) fowie ftarke Säuren und antifeptifch wirkende Stoffe verzögern die Wirkfamkeit der Diaftafe oder heben fie ganz auf. In den Handel kommen „abfolute Diaftafe" fowie „Diaftafetabletten", ferner „Diaftafe Taka" (Koji), ein durch die Tätigkeit des Aspergillus Oryzae Cohn auf gedämpftem Reis entftandenes Ferment, das fpeziell zur Herftellung des japanifchen Nationalgetränkes „Sake" und zur Verzuckerung von Mais in der Whiskyfabrikation dient. „Abfolute Diaftafe" ftellt ein gelblichweißes oder braungelbes in Waffer lösliches Pulver vor, von dem ein Teil 300 Teile Stärke zu löfen imftande ift. Diaftafetabletten finden medizinifche Anwendung bei Amylorrhoe, d. h. wenn die Verdauungskraft des Mundfpeichels zu wünfchen übrig läßt und dann ungelöftes bezw. unverdautes Stärkemehl in den Fäkalien auftritt (f. Stärkemehl, Dextrin, Malz, Fermente, Gärung). *Meyger.*

Diaftimeter, Diaftimometer, Entfernungsmeffer; Diaftimometrifcher (parallaktifcher) = entfernungsmeffender Winkel (vgl. Diftanzmeffer).

Diaftylos (weitfäulig) werden in der antiken Baukunft die Säulenftellungen genannt, wenn die Säulenentfernungen drei untere Säulendurchmeffer betragen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diathermanſie, Fähigkeit, Wärmeſtrahlen durchzulaſſen, ſ. Wärmeſtrahlung.

Diazoma, der anfangs unbedeckte, ſpäter mit Säulenhallen verzierte breite Gang des Zuſchauerraumes des griechiſchen Theaters, der ſich an die Umfangsmauer anlehnt und den ganzen Raum wie ein Gürtel in mehr als einem Halbkreis umzieht. *Weinbrenner.*

Diazoverbindungen, eine Anzahl durch große Reaktionsfähigkeit ausgezeichneter ſtickſtoffhaltiger aromatiſcher Verbindungen, die ſich von der zweiwertigen Gruppe $-N^2-$ derartig ableiten, daß die eine Affinität durch einen einwertigen aromatiſchen Kohlenwaſſerſtoffreſt, die andre durch eine einwertige elektronegative Gruppe geſättigt iſt, z. B. $C_6H_5-N^2-Cl_1$ Diazobenzolchlorid, $C_6H_5-N^2-O\cdot NO^2$ Diazobenzolnitrat.

Diazoverbindungen ſind wiſſenſchaftlich und farbentechniſch von großer Bedeutung. Es ſind deren Salze meiſt kriſtalliniſche farbloſe Körper, die ſich an der Luft leicht bräunen. In Waſſer leicht löslich, löſen ſie ſich wenig in Alkohol und werden aus der alkoholiſchen Löſung durch Aether gefällt. In trockenem Zuſtand ſind ſie ſehr unbeſtändig und explodieren häufig ſelbſt bei ganz geringer Berührung mit beiſpielloſer Heftigkeit. Sie ſind daher mit beſonderer Vorſicht zu behandeln. — In der Technik ſtellt man ſie deshalb meiſtens nicht als ſolche dar, ſondern verwendet gleich ihre wäſſerigen Löſungen. Zur Darſtellung der Azofarben ſpielen die Diazoverbindungen, wie ſchon erwähnt, in der Farbeninduſtrie eine große Rolle (ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche). Auch ſonſt zeigen die Diazoverbindungen eine große Reihe äußerſt glatt verlaufender Reaktionen, bei denen unter Entbindung des Stickſtoffs die Diazogruppe unmittelbar am Benzolkern durch Elemente oder andre Gruppen erſetzt wird. Näheres ſ. [1]. — Ueber die ſogenannten Iſodiazoverbindungen ſ. [2]; über die Diazoverbindungen der aliphatiſchen Reihe [3]; ſ. a. Azoverbindungen und Disazoverbindungen. Die Entdeckung der Diazoverbindungen verdanken wir Peter Grieß (1860), die Aufklärung ihrer Konſtitution Auguſt Kekulé [4]; neuerdings wendet man ſich jedoch mehr der Blomſtrandſchen Anſicht zu, nach der die Salze der Diazoverbindung auf Grund ihres kryoſkopiſchen Verhaltens und ihrer elektriſchen Leitfähigkeit mit den Salzen der Ammoniumbaſen in Beziehung gebracht werden (Disazoniumſalze). Näheres in [5].

Literatur: [1] Beilſtein, Handbuch der organ. Chemie, 2. Aufl., Hamburg und Leipzig 1890, Bd. 3, S. 1214 ff.; Grieß, Peter, Annalen der Chemie, Bd. 137, S. 39. — [2] Schraube, C., Schmidt, C., Bamberger, E., Hantzſch, A., Berichte der deutſchen chem. Geſellſchaft, Jahrg. 27 und 28. — [3] Curtius, ebend., Jahrg. 16, 17, 18, 20, 21 u. ff., und Journal für prakt. Chemie, neue Folge, Bd. 38 und 39; Thiele, Joh., Annalen der Chemie, Bd. 270, S. 46. — [4] Kekulé, Lehrbuch der organ. Chemie, Erlangen 1866, Bd. 2, S. 703 ff. — [5] Schmidt, Lehrbuch der pharm. Chemie, Bd. 2, organ. Teil, Braunſchweig 1901. *Bujard.*

Dibbelmaſchine, ſ. Sämaſchine.

Diceraskalk (Diceratenkalk), Kelheimer Marmorkalk, werden in der Geologie plumpe, undeutlich geſchichtete oder grobbankige, oft oolithiſche, weiße, dichte Kalkſteine der oberen weißen Juraformation (Malm) in der Gegend zwiſchen Neuburg und Regensburg nördlich der Donau nach einer kennzeichnenden Muſchel (Diceras) genannt.

Die in großen Steinbrüchen bei Kelheim a. d. Donau in mächtigen Quadern und großen Werkſtücken gewonnenen Kalkſteine wurden bei zahlreichen Monumentalbauten Münchens (Feldherrnhalle, Siegestor u. ſ. w.) zu Säulen, Stufen und auch zu Denkmälern und Skulpturen verwendet. Sie beſitzen große Feſtigkeit, überziehen ſich aber leicht mit Flechten. Der Kalkſtein von Ihrlesſtein bei Kelheim beſitzt eine mittlere Druckfeſtigkeit von 608—624 kg pro Quadratzentimeter. *Leppla.*

Dichroismus, Zweifarbigkeit, die Eigenſchaft mancher doppelbrechender Kriſtalle, in aufeinander ſenkrechten Richtungen des durchgehenden Lichtes verſchiedene Farben zu zeigen.

Mehr oder weniger zeigen alle gefärbten doppelbrechenden Kriſtalle dieſe Eigenſchaft bezw. diejenige des Trichroismus, am auffallendſten der ſogenannte Dichroit (Cordierit). Die Erſcheinung iſt zu erklären aus der Verſchiedenheit der Abſorption, die farbiges polariſiertes Licht je nach ſeiner Polariſationsrichtung in den betreffenden durchſichtigen Körpern erleidet (ſ. Licht). *Aug. Schmidt.*

Dichroit, ſ. Cordierit.

Dichte (ſpezifiſche Maſſe). Die Dichte eines homogenen Körpers iſt der Quotient aus Maſſe und Volumen. Iſt die Maſſenverteilung nicht homogen, ſo iſt jener Quotient die mittlere Dichte. Unter Dichte eines inhomogenen Körpers in einem beſtimmten Punkt verſteht man den für $dv = 0$ gebildeten Grenzwert: $\varrho = \lim. dm : dv$, wo dv ein den Punkt umſchließendes Volumelement, dm die darin enthaltene Maſſe bedeutet. In ähnlicher Weiſe wird die Dichte einer Fläche oder einer Linie als Quotient aus Maſſe und Flächeninhalt bezw. Länge der Linie definiert. Iſt für einen Körper, eine Fläche oder eine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Linie die Dichte in jedem Punkt gegeben, fo kann man die Maffe als dreifaches, doppeltes oder einfaches Integral der Dichte, über die Volum-, Flächen- oder Linienelemente ausgedehnt, ermitteln. *(Schell) Finfterwalder.*

Dichteifen (Kalfateifen), ein meißelartiges Eifen mit fchmaler Klinge zum Einfchlagen von Werg (Kalfatern) in die Plankennähte eines Schiffes zum Zwecke des Abdichtens. *Dalchow.*

Dichtigkeit, Dichte. Die Ausdrücke „Dichtigkeit" oder „Dichte" und „fpezififches Gewicht" werden in der Literatur verfchieden angewendet. Hier follen folgende Definitionen gelten [4], S. 9, 104, [14], S. 58, 131. Das fpezififche Volumen v eines Körpers ift das Volumen der Gewichtseinheit, das fpezififche Gewicht $\gamma = \frac{1}{v}$ ift das Gewicht der Volumeneinheit und die fpezififche Maffe $\mu = \frac{\gamma}{g}$ die Maffe der Volumeneinheit. Bezeichnen G das Gefamtgewicht und V das Gefamtvolumen eines Körpers, fo hat man allgemein:

$$G = V\gamma = \frac{V}{v} = V\mu g, \qquad 1 = v\gamma = v\mu g. \qquad 1.$$

Die Dichtigkeit eines Körpers K in Hinficht eines andern Körpers K_0 ift das Verhältnis der betreffenden fpezififchen Gewichte:

$$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{v_0}{v}, \qquad 2.$$

bei gleichem Volumen alfo auch das Verhältnis der Gefamtgewichte $G : G_0$.

Die Verfchiedenheit der vorkommenden Bezeichnungen ergibt fich aus folgendem. Es fei γ das Gewicht der Volumeneinheit eines Körpers, $\mu = \frac{\gamma}{g}$ die Maffe der Volumeneinheit, $\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{\mu}{\mu_0}$ das Verhältnis jenes Gewichts γ oder diefer Maffe μ zu dem Gewicht γ_0 bezw. der Maffe μ_0 der Volumeneinheit eines beftimmten Körpers, z. B. reinen Waffers von 4° C. (im luftleeren Raum, f. Gewicht), dann wird γ in den Lehrbüchern meift von vornherein fpezififches Gewicht genannt (Grashof, Lang, Mouffon, Pfaundler, Riecke, Weißbach, Weyrauch, Winkelmann, Wüllner, Zeuner u. f. w.), mitunter jedoch auch abfolutes fpezififches Gewicht (Violle); δ führen manche als Dichtigkeit ein (Grashof, Weißbach, Weyrauch u. f. w.), andre als fpezififches Gewicht (Lommel, Recknagel u. f. w.), einzelne auch als relatives fpezififches Gewicht (Violle) oder als relatives Gewicht (Zeuner); μ wird häufig als Dichtigkeit oder Dichte bezeichnet (Kirchhoff, Lang, Mouffon, Riecke, Thomfon und Tait, Warburg, Winkelmann u. f. w.), manchmal auch als abfolute Dichtigkeit (Börner, Violle u. f. w.) oder als fpezififche Maffe (Grashof, Weyrauch). Chwolfon bezeichnet μ zur Unterfcheidung von der Dichte δ fpeziell als Maffendichte. Faft alle Autoren im Gebiete der Phyfik führen durch die Wahl $\gamma_0 = 1$ in $\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0}$ Uebereinftimmung der Zahlenwerte von γ und δ herbei und bezeichnen diefe Größe dann bald als fpezififches Gewicht, bald als Dichtigkeit oder Dichte. Bei Wüllner find die Begriffe fpezififches Gewicht und Dichtigkeit überhaupt nicht verfchieden, obfchon er, wie üblich, nur für feite und flüffige Körper $\gamma = 1$ wählt, [11], Bd. 1, S. 132, Bd. 2, S. 179, 794. Bei Winkelmann find zunächft γ fpezififches Gewicht, $\mu = \frac{\gamma}{g}$ Dichte genannt, deren Verhältnis an einem beftimmten Orte g ift. „Man pflegt nun meift von diefem Proportionalitätsfaktor abzufehen und die Begriffe fpezififches Gewicht und Dichte zu identifizieren." Für feite und flüffige Körper wird denn auch hiernach verfahren, für Gafe und Dämpfe jedoch wieder eine Unterfcheidung von fpezififchem Gewicht und Dichte (Gasdichte, Dampfdichte) eingeführt, je nachdem γ_0 auf Luft von 0° C. Temperatur und 760 mm Queckfilberfäule Druck oder auf Luft von gleicher Temperatur und gleichem Druck wie die betreffende Gas- oder Dampfart bezogen wird, [8], S. 136, 147. Bei Violle heißt γ das fpezififche Gewicht, fpeziell aber das abfolute fpezififche Gewicht, μ die abfolute Dichte, δ das relative fpezififche Gewicht $\frac{\gamma}{\gamma_0}$ gleich der relativen Dichte $\frac{\mu}{\mu_0}$. „Für diefe relativen Werte, die man praktifch gewöhnlich allein berückfichtigt, wendet man dann einfach die Bezeichnungen fpezififches Gewicht oder Dichte an" [9], S. 549, — Angefichts diefer Verfchiedenheiten muß eine Wahl getroffen werden. Da nun das Beiwort „fpezififch" in andern Fällen den Wert der in Frage kommenden Größe in bezug auf irgend eine Einheit andeutet (fpezififches Volumen, fpezififche Wärme, fpezififche Dampfmenge, fpezififcher Zug, Druck u. f. w.), fo halten wir die oben gewählten konfequent durchführbaren Bezeichnungen für angemeffen.

Wird als Körper K_0 reines Waffer von 1 Atmofphäre Druck 4° C. Temperatur gewählt (f. Dichtigkeitsmaximum), wie dies im folgenden für feite und flüffige Körper gefchehen foll, fo erhält man für die Dichtigkeit diejenigen Zahlen, die in vielen Werken als fpezififche Gewichte angeführt find. Diefelben ftimmen nach 2. mit dem fpezififchen Gewichte γ als Gewicht der Volumeneinheit nur dann überein, wenn $\gamma_0 = 1$ ift, alfo beifpielsweife wenn als Volumeneinheit und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gewichtseinheit das Kubikdezimeter und Kilogramm oder das Kubikzentimeter und Gramm gewählt werden (auch im abfoluten Maßfyftem, f. d.). Sollen dagegen, wie in der Technik gebräuchlicher, Kubikmeter und Kilogramm als Einheiten gelten, fo find wegen $\gamma_0 = 1000\,\text{kg}$ die fpezififchen Gewichte $\gamma = 1000\,\delta$.

Die Dichtigkeiten δ find nach 2. unabhängig vom Orte, da die fpezififchen Maffen μ, μ_0 nicht von der Akzeleration g abhängen und die fpezififchen Gewichte γ, γ_0 fich immer mit g in gleichem Verhältniffe ändern. Dagegen find die erwähnten Dichtigkeiten in bezug auf Waffer etwas von der Temperatur abhängig, weil das Volumen V und damit nach 1. das fpezififche Gewicht γ fich mit der Erwärmung ändert (f. Ausdehnung, Ausdehnungskoeffizient), während $\gamma_0 = 1000\,\text{kg}$ fich auf die Temperatur von 4° C. bezieht. γ ift für diefe Dichtigkeiten, genau genommen, auf den luftleeren Raum zu beziehen, dem auch γ_0 und die Bezeichnungen unfrer Gewichtsftücke entfprechen, weil fonft der mit dem Barometer- und Thermometerftand wechfelnde Auftrieb der Luft kleine Aenderungen bedingen würde; doch werden für technifche Zwecke genügend genaue γ, δ fefter und flüffiger Körper im allgemeinen fchon durch die gewöhnlichen Wägungen in der Luft erhalten. Ueber die verfchiedenen Beftimmungsmethoden der Dichtigkeiten f. u. a. [8], S. 136; [9], Bd. 2, S. 550; [11], Bd. 1, S. 351, 355, und Bd. 2, S. 173, 179, 794.

Die Tabelle der Dichtigkeiten fefter Körper S. 742 enthält in der erften Kolumne Mittelwerte oder zuverläffig beftimmte Einzelwerte von δ, während die zweite Kolumne bekannten Verfchiedenheiten Rechnung trägt, ohne die nur ausnahmsweife auftretenden Werte umfaffen zu wollen. Die Zahlen beziehen fich meift auf Temperaturen zwifchen 0 und 20° C.; genauere Temperaturangaben wären der häufig fehlenden Feftftellung wegen fehr lückenhaft ausgefallen. Entfprechend der fo verbleibenden Unficherheit und den möglichen Verfchiedenheiten find die Dichtigkeiten fefter Körper nur auf zwei Dezimalen angegeben, während in der untenftehenden Tabelle für Flüffigkeiten im allgemeinen die Temperaturen beigefetzt und drei Dezimalen berückfichtigt wurden. Weitere Angaben findet man u. a. in den untengenannten Schriften. Wenn es fich um die Eigenfchaften von Steinen oder andern Konftruktionsmaterialien eines beftimmten Landes handelt, zieht man oft zweckmäßig die Publikationen der betreffenden ftaatlichen Verfuchsanftalt zu Rate.

Dichtigkeiten flüffiger Körper in bezug auf Waffer von 1 Atmofphäre und 4° C.

Flüffigkeit	Temperat. t	Dichtigkeit δ	Flüffigkeit	Temperat. t	Dichtigkeit δ
Aceton (Effiggeift), 0,814—0,819	0	0,816	Butterfäure	20	0,959
Aether (Aethyl-, Schwefeläther)	0	0,736	Butylalkohol	0	0,823
Aldehyd	0	0,801	Chlor (ca. 4 Atmofphären Druck)	0	1,469
Alkohol (waffer frei, Tabellen für waffer haltigen f. [10], S. 223)	0	0,80625	Chloroform	0	1,526
„	5	0,80207	Delphintran	—	0,918
„	10	0,79788	Eifen (Schmelzp. rein ca. 1600°, Gußeifen 1050—1250°)	—	6,880
„	15	0,79367	Eiweiß	15°	1,041
„	20	0,78945	Eifigfäure	0	1,080
„	25	0,78522	„	20	1,052
„	30	0,78096	Fenchelöl	—	0,997
Allylalkohol	20	0,853	Fifchtran	—	0,925
Allylfenföl	10	1,017	Fufelöl	—	0,822
Ameifenfäure	0	1,245	Glyzerin	15	1,260
„	20	1,220	Haififchtran	—	0,872
Ammoniak (ca. 5 Atmofph. Druck)	0	0,636	Harn, menfchlicher, 1,005—1,030	—	1,017
Amylalkohol	0	0,825	Harzöl	15	0,955
Anilin	0	1,035	Holzgeift	0	0,800
„	20	1,022	Honig	—	1,450
Anisöl	16	0,996	Kadmium (Schmelzpunkt 316°)	—	7,989
Apfelwein	—	1,018	Kalium (Schmelzpunkt 60°)	—	0,830
Baldrianöl	16	0,965	Kampferöl	—	0,910
Baumöl (Olivenöl, Provenceröl)	15	0,918	Karbolfäure (Phenol), roh 0,950 bis 0,965	15	0,957
Baumwollenfamenöl	15	0,926	Karbolfäure, rein (Schmelzp. 40°)		1,066
Beinöl	15	0,935	Kienöl	15	0,855
Benzin, 0,68—0,70	15	0,690	Klauenfett	15	0,916
Benzol	0	0,900	Kochfalzlauge, gefättigt	17	1,210
„	20	0,880	Kohlenfäure (26,76 Atm. Druck)	−10	0,9952
Bergteer	15	1,130	„ (30,84 „ „)	− 5	0,9710
Bernfteinöl	15	0,800	„ (35,40 „ „)	0	0,9471
Bier, 1,023—1,035	—	1,025	„ (40,47 „ „)	5	0,9222
Blaufäure	—	0,705	„ (46,05 „ „)	10	0,8948
Blei (Schmelzpunkt 330°), 10,370—10,645	—	10,507	„ (52,17 „ „)	15	0,8635
Blut, menfchliches	—	1,054	„ (58,84 „ „)	20	0,8267
Brom	0	3,187	„ (66,07 „ „)	25	0,7831
Buchöl	15	0,921	Kohlfaatöl, roh oder raffiniert		0,914
Butterfäure	0	0,989	Kokosnußöl	15	0,925

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Flüssigkeit	Temperat. t	Dichtigkeit δ
Kopaivabalsam		0,992
Kreosotöl, 1,040—1,100	15	1,070
Kuhmilch	0	1,032
Kümmel		0,975
Kupfer (Schmelzpunkt 1100°)		8,217
Lavendelöl	16	0,877
Lebertran		0,922
Leinöl, roh		0,930
„ gekocht	15	0,942
Mandelöl		0,919
Meerwasser (Totes Meer 1,212)		1,026
Methylalkohol	0	0,818
Milch, 1,020—1,041		1,032
Mineralschmieröle, 0,890—0,930	20	0,910
Mohnöl	15	0,925
Naphtha (Petroleum-)	19	0,758
Natrium (Schmelzpunkt 95°)		0,929
Nitroglyzerin	15	1,598
Nußöl		0,947
Oelsäure	14	0,899
Olivenöl (Bauмöl, Provenceröl)	15	0,918
Palmöl	15	0,905
Paraffingasöl, 0,840—0,900		0,870
Petroleum (zum Leuchten meist 0,790—0,810, roh 0,760—0,920)	15	0,800
Petroleumäther, 0,665—0,700		0,675
Petroleumbenzin, 0,680—0,700	15	0,690
Petroleumessenz, 0,605—0,670		0,638
Petroleumnaphtha	19	0,758
Phosphor (Schmelzpunkt 44,4°)		1,755
Photogen, 0,780—0,850	15	0,815
Pottfischtran		0,884
Putzöl (Petroleumsprit)	15	0,745
Queckfilber (nach Regnault)	0	13,59593
Queckfilber (nach Regnault und Volkmann, vgl. Wied. Ann. 1881, XIII, S. 209)	0	13,5953
Queckfilber (ausführlichere Tabell. f. [10], S. 40, 41)	5	13,5833
Queckfilber	10	13,5709
„	15	13,5586
„	20	13,5463
„	25	13,5341
„	50	13,4731
„	100	13,3524
„	150	13,2331
„	200	13,1150
„	250	12,9976
„	300	12,8807
„	350	12,7640
Rapsöl, roh	15	0,915
„ raffiniert	15	0,913
Rizinusöl	12	0,969
Rizinusöl	25	0,957
Robbentran		0,915
Rosenöl	32	0,832
Rüböl, roh	15	0,915
„ raffiniert	15	0,912
Salmiakgeist, 9,75% Gehalt		0,960
„ 19,54% „		0,925
Salpeterfäure, rauchend	15	1,480
„ roh (40° Bé)		1,380
Salzfäure, rauchend	15	1,210
„ roh (20° Bé)		1,145
Schwefel (Schmelzpunkt 115°)		1,811
Schwefeläther, f. Aether		
Schwefelkohlenstoff	0	1,292
Schwefelfäure, rauchend	15	1,890
„ englische konzentrierte (66° Bé)		1,840
Schweflige Säure	–20	1,491
Silber (Schmelzpunkt 960°)		9,510
Solaröl, 0,825—0,850		0,838
Specköl (Schmalzöl)	15	0,920
Stahl (Schmelzp. 1300—1400°), nach Petruchewsky größter Wert, vgl. Wied. Ann. 1882, S. 145		8,5
Steinkohlenteer		1,195
Terpentinöl	16	0,873
Tran (f. spezielle Sorten) im Mittel	15	0,915
Wagenschmiere		1,012
Walfischtran, 0,910—0,925	15	0,918
Wasser (nach Rosetti, ausf. Tabelle f. [11], Bd. 1, S. 77, und [10], S. 37)	4	1,00000
Wasser (nach Reichsanstalt [14], S. 73)	0	0,99987
„	20	0,99823
„	40	0,99224
„	60	0,98324
„	80	0,97183
„	100	0,95837
„ (nach Hirn, Druck 10,5 m Queckfilberfäule plus Barometerstand, vgl. [11], II, S. 85)	120	0,94347
Wasser	140	0,92636
„	160	0,90786
„	180	0,88748
„	200	0,86282
Wein (Mosel 0,916 bis Tokayer 1,054) im Mittel		1,010
Wismut (Schmelzpunkt 260°)		10,039
Ziegenmilch		1,034
Zink (Schmelzpunkt 412°)		6,480
Zinkfulfatlöfung, konzentriert		1,440
Zinn (Schmelzpunkt 230°)		7,025
Zitronenöl	0	0,852

Dichtigkeiten fester Körper in bezug auf Waffer von 1 Atmofphäre und 4° C.

Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verfchiedene
Achat	2,60	2,55 — 2,81
Aetzkali, trocken	2,10	
Aetznatron, 22,2% Waffer	2,00	
Ahornholz, trocken	0,65	0,60 — 0,85
„ grün	0,90	0,83 — 1,05
Akazienholz, trocken	0,68	0,58 — 0,80
„ grün	0,88	0,75 — 1,00
Alabafter	2,66	2,25 — 2,87
Alaun	1,71	1,70 — 1,72
Alaunfchiefer	2,46	2,34 — 2,59
Alaunftein	2,64	2,42 — 2,80
Aluminium	2,60	2,56 — 2,80
„ gegoffen	2,56	
„ gewalzt	2,66	2,62 — 2,80
„ gehämmert	2,75	2,70 — 2,80
„ rein	2,58	
Aluminium-bronze	90 *Cu* 10 *Al*	7,69
	95 „ 5 „	8,37
Aluminiummeffing, 97 *Cu* 3 *Al*	8,69	

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Körper	Dichtigkeiten δ		Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verschiedene		mittlere	verschiedene
Aluminiumzinn	2,85		Boracit	2,95	2,90 — 3,00
Amalgam, natürliches	13,80	13,70 —14,10	Borax	1,75	1,70 — 1,80
Amethyst	2,66	2,65 — 2,75	Boraxglas	2,60	
Anamesit	3,00	2,90 — 3,08	Borsäure	1,45	1,43 — 1,48
Anthrazit, Stück	1,50	1,30 — 1,80	Brauneisenstein	3,67	3,40 — 3,95
„ geschüttet	0,95	0,91 — 0,99	Braunkohle, Stück	1,30	1,10 — 1,44
Antimon	6,71	6,70 — 6,72	„ geschüttet	0,78	
Antimonblei, 84 *Pb* 16 *Sb*	10,14		Braunstein	4,30	3,70 — 4,90
Antimonblende	4,60		Brechweinstein	2,45	
Antimonglanz	4,60	4,10 — 4,70	Breccin	2,60	2,50 — 2,76
Antimonoxyd	5,67	5,56 — 5,78	Britanniametall, 90 *Sn* 10 *Sb*	7,21	
Apatit	3,18	3,12 — 3,22	Brom	3,15	
Apfelbaumholz, trocken	0,74	0,66 — 0,84	Bronze, 75—96 *Cu*, 25—4 *Sn*	8,80	8,75 — 8,87
„ grün	1,10	0,95 — 1,26	Buchenholz, trocken	0,73	0,62 — 0,83
Aprikosenbaumholz, trock.	0,79	0,71 — 0,87	„ grün	1,00	0,85 — 1,25
Aragonit	2,94	2,92 — 3,00	Buchsbaumholz, trocken	1,03	0,91 — 1,16
Argentan, s. Neusilber.			„ grün	1,26	1,20 — 1,32
Arsen	5,70	5,63 — 5,76	Butter	0,94	0,87 — 0,95
Arsenige Säure	3,71	3,69 — 3,74	Calcium	1,57	1,56 — 1,58
Asbest	2,30	1,50 — 2,80	Cäsium	1,88	
Asbestpappe	1,20		Cer	6,68	6,63 — 6,73
Asphalt	1,20	1,07 — 1,50	Chilisalpeter (Natronsalp.)	2,10	1,95 — 2,26
Asphaltpflaster	2,30	2,20 — 2,40	„ geschüttet	1,00	
Auripigment, s. Operment.			Chlorbaryum, kristallisiert	3,70	
Backstein, s. Ziegelsteine.			Chrom	6,50	6,20 — 6,80
Baryum	3,80	3,75 — 3,85	Chromgelb	6,00	
Basalt	3,00	2,70 — 3,30	Cölestin	3,90	
„ 35 Proben Pflastermaterial (München)	2,98	2,80 — 3,34	Dachschiefer	2,67	2,65 — 2,70
Basaltlava, rheinische	2,30	2,05 — 2,46	Deltametall	8,60	
Bergkristall	2,66	2,60 — 2,88	Diabas	2,95	
Bernstein	1,08	1,07 — 1,09	Diamant	3,52	3,49 — 3,55
Beryll	2,50	2,25 — 2,75	Didym	6,54	
Beryllium	2,00	1,85 — 2,13	Diorit	2,85	2,70 — 2,95
Beton	2,25	1,80 — 2,40	Dolerit	2,85	2,45 — 3,09
„ 88 Prob., Mischungen verschied. (München)	2,38	1,51 — 2,54	Dolomit	2,75	2,44 — 2,90
„ 16 Proben, 6 Misch. mit Blaubeuren. Portlandzement (Stuttg.)	2,40	2,37 — 2,43	Doppelchromsaures Kali	2,70	
„ 16 Proben, 6 Misch. m. Laufener Portlandzement (Stuttgart)	2,39	2,33 — 2,46	Ebenholz, schwarzes	1,19	
Beton, 11 Prob., 5 Misch. m. Portlandzement (Wien)	2,24	2,10 — 2,33	„ grünes	1,21	
Bimsstein, natürlicher	0,64	0,37 — 0,91	Ebereschenholz, trocken	0,79	0,69 — 0,89
„ Wiener	2,35	2,20 — 2,50	„ grün	1,00	0,87 — 1,13
Birkenholz, trocken	0,72	0,51 — 0,77	Eichenholz, trocken	0,80	0,61 — 1,03
„ grün	0,90	0,80 — 1,09	„ grün	1,05	0,93 — 1,28
Birnbaumholz, trocken	0,68	0,61 — 0,73	„ 20 Proben für Parkettböden	0,78	0,65 — 0,89
„ grün	1,00	0,96 — 1,07	Eis bei 0° C. (Wied. Ann. 1892, XLVII, S. 161)	0,91666	
Bittersalz, kristallisiert	1,75	1,70 — 1,80	Eisen, reines	7,86	7,84 — 7,88
„ wasserfrei	2,60		Eisendraht	7,70	7,60 — 7,80
Blätterkohle	1,35	1,20 — 1,50	Eisenglanz	5,00	4,80 — 5,20
Blei	11,36	11,22 —11,44	Eisenvitriol, kristallisiert	1,88	1,86 — 1,90
„ gegossen	11,34		Elfenbein	1,88	1,82 — 1,92
„ gewalzt	11,38		Englisch-Rot	3,65	3,50 — 3,80
„ gezogen	11,41		Erbsen, in Gefäßen	0,85	
Bleiamalgam	12,40	12,00 —12,80	Erde, lose trocken	1,20	1,12 — 1,28
Bleiglanz	7,50	7,30 — 7,70	„ „ frisch	1,40	
Bleiglätte, natürliche	7,90	7,83 — 7,98	„ festgestampft trocken	1,80	1,60 — 1,92
„ künstliche	9,40	9,30 — 9,50	„ „ frisch	2,10	2,00 — 2,20
Bleiweiß, Stück	6,71	6,70 — 6,73	Erlenholz, trocken	0,55	0,42 — 0,68
„ Pulver	3,15		„ grün	0,82	0,63 — 1,01
Bleizucker	2,40	2,39 — 2,41	Eschenholz, trocken	0,75	0,57 — 0,94
Blutlaugensalz, gelbes	1,83		„ grün	0,92	0,70 — 1,14
Bohnen, in Gefäßen	0,86		Eurit	2,70	2,54 — 2,86
Bolus, Stück	2,38	2,05 — 2,71	Fahlerze	4,86	4,36 — 5,36
Bor	2,60	2,50 — 2,70	Feldspat	2,53	2,43 — 2,63
			Fensterglas	2,55	2,45 — 2,65
			Fett, tierisches	0,93	0,92 — 0,94
			Feuerstein	2,70	2,58 — 2,80
			Fichtenharz	1,07	
			Fichtenholz, trocken	0,48	0,35 — 0,60

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Körper	Dichtigkeiten δ		Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verſchiedene		mittlere	verſchiedene
Fichtenholz, grün	0,74	0,40 — 1,07	Hornblende	2,80	2,60 — 3,40
Flaſchenglas	2,70	2,60 — 2,76	Indigo	0,77	
Flintglas	3,50	3,16 — 3,78	Indium	7,42	
Flußeiſen	7,85	7,70 — 7,90	Iridium	22,42	
Flußſpat	3,15	3,10 — 3,20	Jaſpis	2,66	2,56 — 2,76
Flußſtahl	7,86	7,70 — 8,00	Jod	4,95	
Föhrenholz, ſ. Kiefernholz.			Jodſilber	5,61	
Formſand, loſe geſchüttet	1,20		Kadmium	8,60	8,53 — 8,69
„ eingeſtampft	1,65		„ gegoſſen	8,55	
Fruchtgummi	1,60		„ gehämmert	8,67	
Gabbro	2,95	2,90 — 3,00	Kadmiumwismut, 21,2 *Cd* 78,8 *Bi*	9,55	
Gallium	5,95	5,94 — 5,96	Kadmiumzinn, 32,2 *Cd* 67,8 *Sn*	7,69	
Galmei	4,30	4,10 — 4,50	Kalium	0,87	
Gaskohle	1,88		Kalifalpeter	2,02	1,95 — 2,08
Germanium	5,47		Kalk, gebrannt	2,75	2,30 — 3,20
Gerſte, geſchüttet	0,60	0,51 — 0,69	„ gelöſcht	1,35	1,30 — 1,40
Getreideſchüttung	0,66	0,43 — 0,81	Kalkmörtel	1,70	1,65 — 1,78
Gips, kriſtalliſiert	2,25	2,17 — 2,31	Kalkſpat	2,72	2,60 — 2,78
„ gebrannt	1,80		Kalkſteine	2,65	2,30 — 3,00
„ geſiebt	1,25	1,24 — 1,26	„ 146 Proben Pflaſter- u. Schottermat. (Münch.)	2,73	2,46 — 3,01
„ gegoſſen, trocken	0,97		Kalkſteine, bayr., 6 Prob.,	2,67	2,37 — 2,75
Glanzkohle	1,35	1,20 — 1,50	„ aus 36 Schweizer Brüchen	2,64	2,30 — 2,73
Glas, gewöhnliches	2,55	2,40 — 2,70	„ bayriſche Jura-, 5 Proben	2,25	2,15 — 2,46
Glauberſalz, natürliches	1,45	1,40 — 1,50	Kalktuff, Schweizer	1,64	1,57 — 1,71
„ waſſerfrei, kriſt.	2,54	2,46 — 2,63	Kampfer	0,99	0,98 — 1,00
Glimmer	2,80	2,45 — 3,15	Kanonengut	8,60	8,44 — 8,76
Glockenmetall	8,80	8,76 — 8,84	Karbolſäure (Phenol), rein	1,08	
Gneis	2,60	2,40 — 2,90	Kartoffel, Stück	1,10	1,06 — 1,13
Gold	19,33	19,25 —19,40	„ in Gefäßen	0,64	0,59 — 0,70
„ gegoſſen	19,28		Kautſchuk, ſ. Gummi.		
„ gehämmert	19,33		Kiefernholz, trocken	0,65	0,31 — 0,76
„ gezogen	19,38		„ grün	0,73	0,38 — 1,08
Goldamalgam	15,40		Kies, trocken	1,80	
Goldkupfer, 98 *Au* 2 *Cu*	18,84		„ naß	2,00	
92 „ 8 „	17,52		Kieſelerde	2,70	2,66 — 2,74
86 „ 14 „	16,46		Kieſelſäure, kriſtall.	2,60	
Granat	3,70	3,40 — 4,30	„ amorph	2,20	
Granit	2,65	2,40 — 2,80	Kirſchbaumholz, trocken	0,80	0,76 — 0,84
Granit, bayr., 10 Proben	2,68	2,61 — 2,76	„ grün	1,12	1,05 — 1,18
„ 79 Proben Pflaſtermaterial (München)	2,63	2,46 — 2,78	Klebſchiefer	2,00	
Graphit	2,10	1,90 — 2,32	Kleeſamen, geſchüttet	0,82	
Grauſpießglanz	4,65	4,60 — 4,70	Klingſtein	2,45	2,40 — 2,50
Grünſtein	2,95	2,90 — 3,00	Knochen	1,80	1,60 — 2,00
Gummi arabicum	1,45	1,31 — 1,60	Kobalt	8,55	8,30 — 8,70
„ elasticum (Kautſchuk)	0,94	0,92 — 0,96	Kobaltglanz	6,05	6,00 — 6,10
Gummifabrikate	1,50	1,00 — 2,00	Kochſalz	2,14	2,08 — 2,20
Gummigutt	1,20		Kohlenſäure, feſt	1,20	
Gußeiſen	7,25	7,00 — 7,50	Koks (Gas-), geſchüttet	0,33	0,30 — 0,35
Guttapercha	0,97	0,96 — 0,99	„ (Zechen-) „	0,42	0,35 — 0,53
Hafer, geſchüttet	0,48	0,43 — 0,53	Kolophonium	1,07	
Hainbuchenholz, trocken	0,72	0,62 — 0,82	Korallen	2,69	
„ grün	1,08	0,92 — 1,25	Korkholz	0,24	
Hanfſamen, geſchüttet	0,58	0,50 — 0,67	Korund	3,95	3,90 — 4,00
Hartriegelholz, trocken	0,79	0,77 — 0,81	Kreide	2,40	1,80 — 2,70
„ grün	1,03	0,96 — 1,09	Kriſtallglas	2,95	2,90 — 3,00
Haſelnußholz, trocken	0,60		Kronglas (Spiegelglas)	2,56	2,45 — 2,72
Harz (Fichten-)	1,07		Kupfer	8,85	8,60 — 9,00
Hickoryholz, trocken	0,75	0,60 — 0,90	„ gegoſſen	8,75	8,60 — 8,90
Hirſe, in Gefäßen	0,66	0,62 — 0,70	„ gewalzt, gehämmert	8,95	8,88 — 9,00
Hochofenſchlacke	2,75	2,50 — 3,00	„ elektrolytiſch	8,92	8,88 — 8,96
Holunderholz, trocken	0,70		Kupferdraht	8,90	8,80 — 9,00
Holzfaſer	1,50	1,46 — 1,53	Kupferglanz	5,65	5,50 — 5,80
Holzkohle, Nadelholz, Stck.	0,36	0,28 — 0,44	Kupferkies	4,20	4,10 — 4,30
„ „ Schüttung	0,16	0,12 — 0,20	Kupfervitriol	2,25	2,20 — 2,30
„ Eiche, Buche, Stck.	0,50				
„ „ „ Schüttg.	0,24	0,23 — 0,25			
„ Stück, waſſergefüllt	1,45	1,40 — 1,50			
Horn	1,75				

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verschiedene
Lagermetall (s. auch Antimonblei)	7,10	
Lanthan	6,10	6,05 — 6,16
Lärchenholz, trocken	0,57	0,44 — 0,70
„ grün	0,81	0,52 — 1,00
Lava	2,60	2,00 — 3,00
Leder, trocken	0,86	
„ gefettet	1,02	
Lehm, trocken	1,38	1,25 — 1,52
„ frisch gegraben	2,25	1,65 — 2,85
Lehmsteine, trocken	1,60	
Leim	1,27	
Letten	1,69	
Lindenholz, trocken	0,45	0,32 — 0,59
„ grün	0,74	0,61 — 0,87
Lötzinn	8,90	8,10 — 9,70
Magnesia	3,25	3,20 — 3,30
Magnesit	3,00	
Magnesium	1,74	1,69 — 1,75
Magneteisenstein	5,00	4,80 — 5,20
Magnetkies	4,55	4,40 — 4,70
Mahagoniholz	0,75	0,56 — 1,06
„ von Kuba	0,56	
„ „ Domingo	0,75	
„ „ Afrika	0,94	
Malachit	3,90	3,70 — 4,10
Mangan	7,80	7,10 — 8,03
Manganerz, rot	3,46	
„ schwarz	4,00	
Marmor	2,70	2,52 — 2,84
„ carrarischer	2,72	
Mauerschutt	1,60	
Mauerwerk (Mittelwerte der Berlin. Baubehörden)		
Mauerwerk, volle Ziegelst.	1,60	
„ poröse Steine	1,10	1,00 — 1,20
„ Lochsteine	1,30	
„ poröse Lochst.	0,90	
„ Schwemmst.	0,85	
„ Kalkstein	2,60	
„ Sandstein	2,40	
„ Granit, Marm.	2,70	
Meerschaum	1,12	0,99 — 1,25
Mehl, locker bis festgerütt.	0,60	0,38 — 0,80
„ Weizen, o. Zwischenräume	1,56	
Melaphyr	2,64	2,60 — 2,80
Mennige	8,90	8,60 — 9,20
Mergel	2,40	2,30 — 2,50
Mergelklinker	1,72	
Messing (s. a. Weißmessing, Tombak)	8,50	8,30 — 8,73
Messing, gegossen	8,45	8,30 — 8,60
„ gewalzt, gehämm.	8,56	8,51 — 8,67
Messingdraht	8,60	8,43 — 8,73
Mettlacher Plättchen	2,54	2,24 — 2,70
Molybdän	8,60	8,49 — 8,64
Mörtel	1,85	1,70 — 2,00
Mühlsteinquarz	1,42	1,25 — 1,60
Nagelfluh	2,40	2,10 — 2,70
Natrium	0,98	0,97 — 0,99
Neusilber	8,55	8,40 — 8,70
Nickel	8,80	8,40 — 9,20
Nickelin	8,77	
Niobium	7,20	
Nußbaumholz, trocken	0,66	0,60 — 0,80
„ grün	0,92	
Ocker	3,50	
Opal	2,10	2,00 — 2,20
Operment (Auripigment)	3,45	3,40 — 3,50
Osmium	22,48	
Palladium	11,40	10,90 —12,10
Papier	0,92	0,70 — 1,15
Pappelholz, trocken	0,48	0,38 — 0,60
„ grün	0,84	0,61 — 1,07
Paraffin	0,90	0,87 — 0,93
Pech	1,07	
Pechtanne (Pitchpine), trocken	0,84	0,83 — 0,85
Pflaumenbaumholz, trocken	0,78	0,68 — 0,90
„ grün	1,00	0,87 — 1,17
Phenol, s. Karbolsäure.		
Phosphor, gelb	1,83	1,82 — 1,84
„ rot	2,20	2,15 — 2,34
„ metallisch	2,34	
Phosphorbronze	8,80	
Platin	21,50	21,20 —21,70
Platinschwamm	18,78	16,32 —21,24
Pockholz	1,28	1,17 — 1,39
Polierschiefer (s. a. Klebschiefer)	0,60	0,59 — 0,61
Porphyr	2,60	2,40 — 2,80
Porphyr, 75 Prob. Pflaster- und Schottermaterial (München)	2,57	2,34 — 2,74
Porzellan	2,32	2,14 — 2,49
Porzellanerde	2,20	
Pottasche	2,28	2,26 — 2,30
Preßkohle	0,60	0,50 — 0,70
Quarz	2,65	2,55 — 2,75
Quecksilber, fest bei —39°	14,19	
Quittenbaum, trocken	0,70	
Raseneisenstein	2,60	
Rhodium	11,60	11,00 —12,10
Roggen	0,74	0,68 — 0,79
Roheisen, weißes	7,65	7,58 — 7,68
„ graues	7,00	6,60 — 7,30
Rohr, spanisches	0,40	
Roßkastanienholz, trocken	0,58	0,52 — 0,63
„ grün	0,90	0,76 — 1,04
Rotbuchenholz, trocken	0,74	0,66 — 0,83
„ grün	0,98	0,85 — 1,12
Roteisenstein	4,70	4,50 — 4,90
Rotgültigerz	5,68	5,50 — 5,85
Rubidium	1,52	
Rubin	3,90	3,50 — 4,30
Runkelrüben, gehäuft	0,52	
Ruthenium	12,26	
Salizylsäure	1,49	
Salmiak	1,50	1,45 — 1,60
Salpeter (s. Chilisalpeter, Kalisalpeter)	2,10	1,95 — 2,26
Sand, trocken	1,50	1,40 — 1,65
„ feucht	1,80	1,70 — 1,90
„ naß	2,00	1,95 — 2,05
Sandsteine	2,30	1,90 — 2,70
„ bayr., 43 Proben aus 55 Schweizer Brüchen	2,14	1,78 — 2,72
„ aus Purkersdorf bei Wien	2,37	2,02 — 2,75
„ 58 Prob. Pflaster- u. Schottermaterial (München)	2,59	2,58 — 2,62
Saphir	2,54	1,96 — 2,78
Schamotteblättchen	4,35	3,90 — 4,80
Schamottesteine	2,60	
Schiefer	1,85	
	2,65	2,60 — 2,70

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verschiedene
Schießpulver, lose	0,90	
„ gestampft	1,75	
Schlamm	1,65	
Schmiedeeisen, s. Schweißeisen, Flußeisen.		
Schmirgel	4,00	
Schnee, auf Dächern u. s. w.	0,125	
Schwefel (rein 2,07)	2,00	1,92 — 2,07
„ rhombisch	2,07	
„ monoklin	1,96	
„ amorph, frisch	1,92	
„ „ alt, hart	2,06	
Schwefelkies (Pyrit)	5,10	4,90 — 5,20
Schweißeisen	7,80	7,60 — 7,90
Schweißeisendraht	7,68	7,60 — 7,75
Schweißstahl	7,86	7,60 — 8,10
Schwerspat	4,55	4,42 — 4,68
Selen	4,50	4,20 — 4,80
„ kristall.	4,65	4,50 — 4,80
„ amorph	4,20	
Serpentin	2,60	2,50 — 2,70
Silber	10,50	10,42 —10,57
„ gegossen	10,48	
„ gewalzt, gehämmert	10,56	
Silber, elektrolytisch	10,53	
Silberdraht	10,48	
Silicium, kristall.	2,39	
„ amorph	2,00	
Smaragd	2,78	2,68 — 2,77
Soda, geglüht	2,50	
„ kristall.	1,45	
Spateisenstein	3,80	3,70 — 3,90
Speck	0,95	
Speckstein	2,70	2,60 — 2,80
Speißkobalt	6,84	6,37 — 7,30
Stärke	1,53	
Stearin	0,97	
Steineichenholz, trocken	0,89	0,71 — 1,07
Steinkohle (s. auch Anthracit), Stück	1,35	1,20 — 1,50
„ geschüttet	0,80	0,74 — 0,86
Steinsalz, Stück	2,28	2,14 — 2,41
„ gemahlen	1,02	
Strontianit	3,70	
Strontium	2,54	2,50 — 2,58
Sublimat	7,82	7,79 — 7,85
Syenit	2,75	2,50 — 2,90
„ 20 Proben Pflaster- u. Schottermaterial (München)	2,77	2,46 — 2,91
Talg	0,92	0,91 — 0,93
Talkstein	2,70	2,60 — 2,80
Tannenholz, trocken	0,60	0,37 — 0,75
„ grün	1,00	0,77 — 1,23
Tantal	10,40	10,08 —10,78
Tellur	6,16	5,93 — 6,42
„ kristall.	6,40	
„ amorph	5,93	
Thallium	11,85	11,78 —11,90
Thorium	11,00	
Titan	5,33	
Tombak	8,85	
Ton	2,20	1,80 — 2,60
Tonschiefer	2,70	2,60 — 2,80
Topas	3,54	3,51 — 3,57
Torf, trocken		0,10 — 1,00
„ Rasentorf	0,20	
„ Wurzeltorf	0,40	
Torf, Erdtorf	0,60	
„ Pechtorf	0,80	
Trachyt	2,60	
Traß, gemahlen	0,95	
Tripel	2,00	1,80 — 2,20
Tropfstein	2,50	2,32 — 2,68
Tuffstein (s. a. Kalktuff)	1,90	1,70 — 2,20
„ 23 Prob. (München)	1,88	1,63 — 2,39
Tungstein	6,05	5,90 — 6,20
Turmalin	3,12	2,94 — 3,30
Ulmenholz, trocken	0,69	0,56 — 0,82
„ grün	0,95	0,73 — 1,18
Umbra	2,21	
Uran	18,68	
Vanadium	5,50	
Wachs	0,97	0,95 — 0,99
Walrat	0,91	0,88 — 0,94
Wasserkalk, gepulvert	0,55	
Weidenholz, trocken	0,53	0,43 — 0,63
„ grün	0,85	0,73 — 0,97
Weinreben	1,33	
Weinsäure (Weinsteinsäure)	1,75	
Weißbuchenholz, trocken	0,72	0,62 — 0,82
„ grün	1,02	0,92 — 1,25
Weißmessing	8,00	7,60 — 8,20
Weißmetall (Lagermetall)	7,10	
Weizen, geschüttet	0,76	0,71 — 0,81
Weizenkorn	1,35	
Wetzschiefer	2,72	
Wicken, in Gefäßen	0,84	0,80 — 0,88
Wismut (rein 9,78)	9,85	9,76 — 9,93
„ gegossen	9,82	
Wismutamalgam	10,70	10,20 —11,20
Wolfram	17,90	16,54 —19,26
Woodsches Metall	9,70	
Zedernholz	0,58	0,56 — 0,61
Zeichenschiefer	2,15	2,11 — 2,19
Zement, erhärtet	2,75	2,50 — 3,00
Zementpulver, lose	1,20	0,89 — 1,35
„ eingedrückt	1,85	1,36 — 1,92
„ 10 Sort. Portlandzement (München) in einzelnen Litern	1,28	1,21 — 1,33
„ in 50-Literkiste geschaufelt	1,47	1,38 — 1,54
„ ohne Zwischenräume, 17°	3,28	3,23 — 3,34
Ziegelsteine, gewöhnliche	1,80	1,40 — 2,20
„ Klinker	1,90	1,50 — 2,30
Zink	7,05	6,86 — 7,24
„ gegossen	7,00	6,86 — 7,16
„ gewalzt, gehämmert	7,16	7,12 — 7,24
Zinkblende	4,05	3,90 — 4,20
Zinkchlorid	2,75	
Zinkspat (Galmei)	4,30	4,10 — 4,50
Zinkvitriol, kristall.	2,04	
Zinn	7,25	7,12 — 7,37
„ gegossen	7,23	7,18 — 7,29
„ gewalzt, gehämmert	7,30	
Zinnamalgam, $Hg\,Sn$	10,30	
„ „ $Hg\,Sn_2$	9,30	
„ „ $Hg\,Sn_3$	8,80	
Zinnkies	4,35	
Zinnober	8,12	
Zinnstein	6,70	6,40 — 7,00
Zirkonium	4,15	
Zucker, weißer	1,61	
Zypressenholz	0,62	0,60 — 0,64

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gafe und Dämpfe. Für Gafe, die dem Boyle-Gay-Luffacfchen Gefetze (f. d.) folgen, hat man bei gleichen Drücken p und gleichen Temperaturen t ftets $R\gamma = R_0\gamma_0$, unter R, R_0 die dem Ausdrucke $pv = RT = R(273 + t)$ jenes Gefetzes entfprechenden Konftanten der Körper K, K_0 (f. S. 740) verftanden. Wird nun, wie üblich, die Dichtigkeit auf gleiche p, t der letzteren bezogen, fo ift für alle p, t von gleichem Wert [14], S. 131:

$$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{R_0}{R} \qquad 3.$$

und für zwei beliebige Gafe K, K':

$$R\delta = R'\delta'. \qquad 4.$$

Beifpielsweife erhalten wir mit den folgenden von Regnault durch Verfuche erhaltenen Werten von γ:

für	γ für 1 cbm bei $p = 1$ Atm., $t = 0°$	δ wenn K_0 atm. Luft	δ wenn K_0 Waffertoff	δ wenn K_0 Waffer von 4°
Atm. Luft . . .	1,293187 kg	1,00000	14,4384	0,00129319
Waffertoff . . .	0,089566 „	0,06926	1,0000	0,00008957
Sauerftoff . . .	1,429786 „	1,10563	15,9635	0,00142979
Stickftoff . . .	1,256163 „	0,97137	14,0250	0,00125616
Stickoxyd . . .	1,34284 „	1,03839	14,9927	0,00134284
Kohlenoxyd . .	1,25090 „	0,96730	13,9662	0,00125090
Kohlenfäure . .	1,97741 „	1,52909	22,0777	0,00197741

Wird neben dem Boyle-Gay-Luffacfchen Gefetze das Avogadrofche Gefetz als gültig angenommen (f. Gafe), fo folgt aus 3. [14], S. 213:

$$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{m}{m_0}, \qquad 5.$$

unter m, m_0 die Molekulargewichte (f. d.) der Körper K, K_0 verftanden, und aus 4. für zwei Gafe K, K': $Rm = R'm'$. 6.

Meift wird als K_0 und K' der Waffertoff gewählt und hat man dann mit $m_0 = m' = 2$ und $R' = 422{,}591$:

$$\delta_w = \frac{m}{2}, \qquad Rm = 845{,}182. \qquad 7.$$

In Wirklichkeit weichen freilich auch die fchwerft kondenfierbaren Gafe, zu denen die vorftehenden mit Ausnahme der Kohlenfäure gehören, von dem Boyle-Gay-Luffacfchen Gefetze ab, fo daß obige δ zunächft nur für $t = 0$ gelten und im übrigen mit der dem Boyle-Gay-Luffacfchen Gefetze entfprechenden Genauigkeit, die jedoch für atmofphärifche Luft und die fonftigen fchwerft kondenfierbaren Gafe in der Technik zu genügen pflegt. Für Dämpfe ift dies im allgemeinen nicht der Fall. Sobald jedoch $\gamma = \frac{1}{v}$ durch Verfuche oder nach den unter Gasförmige Körper, Dampf, gefättigter, Dampf, überhitzter, gegebenen Beziehungen bekannt ift (für gefättigten Waffердampf f. Tabelle III unter Dampf, gefättigter), läßt fich durch Divifion mit $\gamma_0 = \frac{1}{v_0}$ die Dichtigkeit in Hinficht jedes beliebigen Körpers K_0 erhalten.

So haben fich die Zahlen der letzten Kolumne vorftehender Zufammenftellung durch Divifion derjenigen der erften mit $\gamma_0 = 1000$ ergeben. Weiteres über Gas- und Dampfdichten f. [11], Bd. 2, S. 179, 794, Werte derfelben [10], S. 11, 17, 115, hinfichtlich der näherungsweifen Uebereinftimmung der Dichten von Gafen und genügend überhitzten Dämpfen in bezug auf Waffertoff von gleichen p, t mit dem halben Molekulargewicht f. [11], Bd. 2, S. 802, [13], S. 121, [14], S. 214.

Gemifche. Befteht ein Körper aus verfchiedenen Teilen, denen einzeln für den in Frage kommenden Zuftand die fpezififchen Gewichte $\gamma_1, \gamma_2 \ldots$ und die Dichtigkeiten $\delta_1, \delta_2 \ldots$ entfprechen, fo hat man für das mittlere fpezififche Gewicht γ und die mittlere Dichtigkeit δ desfelben, neben 1., 2. mit $G = G_1 + G_2 + \ldots$, wenn das Volumen des Ganzen gleich der Summe der Einzelvolumen bleibt ($V = V_1 + V_2 + \ldots$):

$$\gamma = \frac{1}{V}\Sigma V_e \gamma_e = \frac{G}{\Sigma\frac{G_e}{\gamma_e}} = \frac{G}{\Sigma G_e v_e} = \frac{1}{v}, \quad \delta = \frac{1}{V}\Sigma V_e \delta_e = \frac{G}{\Sigma\frac{G_e}{\delta_e}}, \qquad 8.$$

worin die Summen Σ alle Beftandteile umfaffen. Diefe Gleichungen gelten auch für ein Gemifch verfchiedener Gafe von beftimmter Temperatur im gleichen Raume V unter Vorausfetzung des Daltonfchen Gefetzes (f. d.) und des Boyle-Gay-Luffacfchen Gefetzes [14], S. 141. Es laffen fich danach z. B. die fpezififchen Gewichte und Dichtigkeiten der Arbeitsflüffigkeit und Verbrennungsprodukte in Gasmafchinen berechnen [14], S. 142, 256. — Näheres über Gas-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gemiſche [13], S. 104, [14], S. 137, 255. Für Flüſſigkeitsgemiſche und Metalllegierungen haben ſich die Formeln 8. im allgemeinen nicht als zutreffend erwieſen, indem hier mit der Miſchung Volumenänderungen eintreten können.

Literatur: [1] Eytelwein, Handbuch der Statik feſter Körper mit vorzüglicher Rückſicht auf ihre Anwendung in der Architektur, Bd. 1, Berlin 1808, S. 81, 89 (ältere Ermittlungen). — [2] Marbach, Phyſikaliſches Lexikon, Bd. 2, Leipzig 1853, S. 479 (weitere Reſultate). — [3] Hrabak, Gemeinnütziges mathematiſch-techniſches Tabellenwerk, Leipzig 1873 (Metalle, Steine, Hölzer u. ſ. w., Gewichtstabellen). — [4] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, Bd. 1, Hydraulik nebſt mechaniſcher Wärmetheorie und allgemeine Theorie der Heizung, Leipzig 1875, S. 9, 104, 109, 150, 374. — [5] Bauſchinger, Mitteilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der K. Techniſchen Hochſchule in München, Heft 7—11, 16, 18, 19 (bayriſche und andre natürliche und künſtliche Steine, Hölzer, Zemente u. ſ. w.), 1877—1889. — [6] Tetmajer, Mitteilungen der Anſtalt zur Prüfung von Baumaterialien am Eidgen. Polytechnikum in Zürich, Heft 1, 1884 (Schweizer Bauſteine), Heft 2, 1884 (Schweizer Bauhölzer). — [7] Simon und Friederici, Materialienkunde, Lahr 1884, S. 413 u. a. (gewerblich verwendete Stoffe). — [8] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Bd. 1, Allgemeine und ſpezielle Mechanik, Akuſtik, Breslau 1891, S. 136. — [9] Violle, Lehrbuch der Phyſik, Bd. 2, Mechanik der flüſſigen und gasförmigen Körper, Berlin 1893, S. 549, 949. — [10] Landolt und Börnſtein, Phyſikaliſch-chemiſche Tabellen, Berlin 1894 (neuere Ermittlungen betr. Elemente, Verbindungen, Gemiſche, Löſungen, Legierungen u. ſ. w.). — [11] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, Bd. 1, Allgemeine Phyſik und Akuſtik, Leipzig 1895, S. 131, 351, 355; Bd. 2, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 173, 179, 794. — [12] Auerbach, Kanon der Phyſik, die Begriffe, Prinzipien, Sätze, Formeln, Dimenſionsformeln und Konſtanten der Phyſik, Leipzig 1899, S. 54. — [13] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, Bd. 1, Leipzig 1900, S. 99, 107 u. ſ. w. (gasförmige Körper). — [14] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, I, Stuttgart 1905, S. 58, 131, 214, 252 u. ſ. w. *Weyrauch.*

Dichtigkeit oder **Dichte** iſt die in der Volumeneinheit (1 ccm) enthaltene Gewichtsmenge (in Gramm) eines Stoffes, alſo annähernd gleichbedeutend mit ſpezifiſchem Gewicht.

Die Methoden, nach denen die Beſtimmung des ſpezifiſchen Gewichts geſchehen kann, ſind ungemein zahlreich und verſchieden, je nach dem Aggregatzuſtand des Stoffes. Bei Gaſen leidet die Genauigkeit der Gewichtsbeſtimmung an der Kleinheit des abſoluten Gewichts der Gaſe; die relativen Dichten beſtimmt man bequem nach Bunſen aus den Ausſtrömungszeiten, in denen verſchiedene Gaſe aus einer engen Oeffnung unter gleichem Druck austreten; die Dichten verhalten ſich umgekehrt wie die Quadrate der Ausſtrömungszeiten. Flüſſigkeitsdichten ermittelt man gewöhnlich mit Hilfe von Pyknometern, Hohlgefäßen von beſtimmtem Inhalt und bekanntem Gewicht, die, mit der Flüſſigkeit gefüllt, gewogen werden und ſo die nötigen Daten zur Beſtimmung liefern; oder man benutzt das archimediſche Prinzip, nach dem ein Körper von beſtimmtem Volumen in einer Flüſſigkeit um den Betrag geringeres Gewicht anzeigt, als außerhalb derſelben, wie das Volumen der verdrängten Flüſſigkeit wiegt. Die Anwendung zur Vergleichung der Dichten von Flüſſigkeiten leuchtet ein. Dasſelbe Prinzip dient auch zur Ermittelung der Dichten feſter Körper, deren Gewicht und Gewichtsabnahme beim Eintauchen in Waſſer beſtimmt wird, indem der Gewichtsverluſt gleich dem Gewicht des Körpervolumens Waſſer iſt, aus dem das Volumen unmittelbar beſtimmbar iſt. (Näheres ſ. Kohlrauſch, Leitfaden der praktiſchen Phyſik, 7. Aufl., Leipzig 1892, S. 42 ff.)

Von der Temperatur und vom Druck ſind die Dichten, namentlich bei Gaſen, abhängig; das untere Extrem der Dichte bildet der Waſſerſtoff, der bei 0° und 760 mm Druck 0,0000900 g/cbcm, das obere Osmium, das 22,5 g/cbcm enthält. Die Beziehungen der Dichte zur chemiſchen Natur der Körper ſind fehr wenig erkannt. Die Dichten der chemiſchen Elemente ſind eine periodiſche Funktion des Atomgewichts wie die meiſten phyſikaliſchen Eigenſchaften. Gewiſſe Regelmäßigkeiten zeigen die Löſungen; die Dichtedifferenz gegen das reine Löſungsmittel iſt ungefähr proportional der Konzentration des gelöſten Körpers, und der Vergleich verſchiedener Salzlöſungen in Waſſer lehrt außerdem, daß bei gleichem Molekulargehalt Salze mit gleichem Kation für den Wechſel des Anions oder ſolche mit gleichem Anion für den Wechſel des Kations auch gleiche Dichtenunterſchiede aufweiſen, die ihrerſeits wieder der Konzentration proportional ſind (Valſon, Bender), ſo daß man mit Kenntnis der Dichte einer Salzlöſung und der „Moduln“, die für die Zuſammenſetzungsverſchiedenheiten gefunden ſind, durch Addition die Dichte einer andern beſtimmten Salzlöſung annähernd finden kann.

Einige Moduln für 18° ſind:

NH_4	K	Na	Li	$\frac{1}{2}Ba$	$\frac{1}{2}Sr$	$\frac{1}{2}Ca$	Cl	Br	J	NO_3	$\frac{1}{2}SO_4$
0	296	235	72	739	522	282	0	370	733	160	$200 \cdot 10^{-4}$

Die Dichten der NH_4Cl-Löſungen ſind:

1 norm.: 1,0153 2 norm.: 1,0299 3 norm.: 1,0438 4 norm.: 1,0577

Daraus berechnet ſich z. B. für 3 norm. $(CaBr_2)^{1}/_{2}$:

$$1{,}0438 + \underset{(3n\,NH_4Cl)}{3 \cdot 10^{-4}\,(282 + 370)} = 1{,}2394,$$ beobachtet iſt: 1,2395.

$\qquad\qquad\qquad

keiten. Es ſind damit ein Maximum des ſpezifiſchen Gewichts γ und Minima des ſpezifiſchen Volumens v und Geſamtvolumens V verbunden.

Von beſonderem Intereſſe iſt das Dichtigkeitsmaximum des Waſſers, das für 1 Atmoſphäre Druck (760 mm Queckſilberſäule = 10333 kg pro Quadratmeter) bei ca. 4° liegt. Verſchiedene Beſtimmungen desſelben (von 3,74—4,70°) ſ. Landolt und Börnſtein, Phyſikaliſch-chemiſche Tabellen, Berlin 1894, S. 105, über das Dichtigkeitsmaximum wäſſeriger Salzlöſungen ebendaſelbſt S. 106. Auch manche feſte Körper haben Dichtigkeitsmaxima, ſo der Smaragd bei —4,2°, Kupferoxydul bei —4,3°, der Diamant bei —41,9° C., Roſes Metallgemiſch bei 55°. Ueber die Veränderlichkeit des Dichtigkeitsmaximums des Waſſers mit dem Drucke ſ. Ausdehnungskoeffizient, Bd. 1, S. 396.

Ein Dichtigkeitsminimum hätte man, wenn die Dichtigkeit kleiner als die bei höherer und niederer Temperatur zunächſt folgenden Dichtigkeiten wäre.

Jodſilber beſitzt ein ſolches bei etwa —60°, während ein Dichtigkeitsmaximum desſelben bei 142° liegt; vgl. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, Bd. 2, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 44, 60, 77. *Weyrauch.*

Dichtungsſtoffe ſollen die Fugen feſt verbundener Bauteile, Gefäßteile oder beweglicher Maſchinenteile gegen das Durchtreten von Flüſſigkeiten oder Gaſen abdichten.

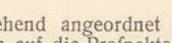
Für den erſten Fall finden im Maſchinenbau die bei Rohrverbindungen (ſ. d.) angegebenen Mittel allgemeine Anwendung, für den zweiten Fall die bei Stopfbüchſen (ſ. d.) genannten Packungen (ſ. a. Liederung und Kalfaterung). *Lindner.*

Im Bauingenieurweſen und im Hochbau handelt es ſich um Abdichtung der Fugen an Mauerwerk, Holz, Metall, um Schutz gegen Feuchtigkeit und Ausſpülen des Mörtels aus Gewölben, um waſſerdichte Verputze, Geruchverſchlüſſe u. dergl. Es iſt zu unterſcheiden zwiſchen Abdichtungen, die abwechſelnd gelöſt und wiederhergeſtellt werden (an Türen, Fenſtern, Einſteigeöffnungen, Wehren u. ſ. w.), und ſolchen, die, einmal hergeſtellt, auf die Dauer zu wirken haben, ohne gelöſt zu werden.

Bei der erſteren Art kann die Dichtung vielfach durch Aufſchleifen (bei Metallen, Glas u. ſ. w.) bezw. genaues Aneinanderpaſſen und Gegeneinanderpreſſen der Bauſtoffe, die ſich an den Dichtungsflächen berühren (bei Stemmtoren an Schleuſen, Türen, Fenſtern u. ſ. w.), ermöglicht werden. Im Waſſerbau z. B. wird in ſolchem Falle in der Regel der Waſſerdruck dazu benutzt, um Holz, Leder, Eiſen, Metallſtreifen, zylindriſche Stäbe u. a. gegen ebene Schlußflächen zu preſſen, beſonders Eiſen und andre Metalle gegen Holz und überhaupt gegen nachgiebigere Bauſtoffe (vgl. Stauanlagen). Bei Schiebern (ſ. d.), Ventilen (ſ. d.) werden vorzügliche Abdichtungen durch Aneinanderpreſſen von bearbeiteten Schlußflächen auf angepaßte Sitzflächen (beide faſt ohne Ausnahme aus Bronze) mittels Schrauben erreicht. In allen dieſen Fällen ſind die Stoffe, aus denen die aneinanderſchließenden Bauteile beſtehen, an und für ſich zur Abdichtung befähigt, wobei unter Umſtänden (z. B. bei Abdichtungen gegen Waſſer die Aufquellung von Holz u. ſ. w.) die abzuhaltende Flüſſigkeit mitwirkt. Die Abdichtung wird aber vielfach dadurch verbeſſert, daß noch beſondere Zwiſchenſchichten an der Dichtungsfläche eingeſchoben werden: Aſbeſtgewebe mit Drahteinlagen (Abdichtung gegen heiße Dämpfe und ſaure Flüſſigkeiten), Blei und andre Metalle wie profilierter Kupferdraht, Rotgußlinſen u. ſ. w. (gegen hohen Druck), Gummi in den verſchiedenſten Verarbeitungen und mit Einlagen aller Art (bei Dammtüren, an Luftſchleuſen bei Preßluftgründungen, bei hohem Drucke kalter Flüſſigkeiten), gefettete Hanfzöpfe, weiches Holz, Leder, Teerpappe u. dergl.

Zu den Abdichtungen, die, einmal hergeſtellt, nicht wieder gelöſt werden, gehören vor allem die Verſchlüſſe der Fugen im Mauerwerk, im Holz und an Metallen, die Schutzmaßregeln gegen Eindringen von Feuchtigkeit (Waſſer), die waſſerdichten Verputze und die Geruchverſchlüſſe. — Mauerwerksfugen dichtet man in der Hauptſache mit hydrauliſchem Mörtel (ſ. d. und Sand, Traß, Zement). Dieſes Material iſt jedoch Veränderungen durch Temperaturwechſel (dem Ausfrieren) ſowie durch Dämpfe und Feuchtigkeit (Mauern bei Stallungen, Waſchküchen, Aborten u. ſ. w.) ausgeſetzt, ſo daß die Fugenabdichtung häufig erneuert werden muß. Einen beſonderen Dichtungsmörtel für Mauerwerk, der froſtbeſtändig ſein ſoll, ſ. D.R.P. Nr. 6023 (W. Meißner, Stargard i. P.). — Miſchungen von Aſphalt und Sand, ſogenannter Metallzement (Kunſtſteinwerke Granitos, Charlottenburg-Berlin), in Fäden gezogenes Blei (Bleiwolle), Aſbeſtzement (Aſbeſtzementwerke Hamburg) und Kitte (ſ. d.) dienen je nach Lage des beſonderen Falles dem gleichen Zweck. Als Dichtungsſtreifen zwiſchen gußeiſernen Fenſtern und Mauerwerk (überhaupt als Zwiſchenlage zwiſchen Stein und Eiſen) kommen Bleiplatten zur Verwendung. — Die Fugen im Holz werden in der Regel durch Deckleiſten, durch Späne oder durch beſonders eingelegte Zungen, Schilf u. ſ. w. geſchloſſen, je nachdem Luft oder Waſſer abgehalten werden ſoll. Im letzteren Falle hilft das Aufquellen zu dichtem Verſchluſſe, der — z. B. im Schiffbau, bei Wehren u. ſ. w. — auch durch Kalfaterung (ſ. d.) erreicht werden kann. — Bei Metallen werden — abgeſehen vom Nieten und Verſtemmen — die Fugen durch Lot (ſ. Löten), durch Kitt (ſ. d. und Eiſenkitt) ſowie in beſonderen Fällen durch die eingangs erwähnten Dichtungsſtoffe geſchloſſen; Verbindungen unter Waſſer mit gutem Erfolge durch Bleiwolle. Mangankitt und Miniumkitt werden zur Kittung und Verfugung von Eiſenplatten, Röhren, Maſchinenteilen u. ſ. w. verwendet; gewöhnliche Leinölkreidekitte und die ſogenannte Glasdichtungsmaſſe (von Meißner-Stargard) für Deckung der Fugen zwiſchen Fenſterſcheiben und Rahmen. Schutzmaßregeln gegen Eindringen von Feuchtigkeit bieten insbeſondere die verſchiedenen Aſphaltpräparate: Aſphaltguß, Aſphaltfilzplatten, Aſphaltſteinpappen und die Patentfalztafeln „Kosmos“ (von Andernach in Beuel a. Rh.). Letztere

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſind wie nebenſtehend angeordnet (mit Luftzwiſchenräumen *l*)  und wir verweiſen wegen des Nähern auf die Proſpekte der genannten Firma. Die Verwendung von Aſphaltpräparaten findet hauptſächlich im Hochbau (bei Dächern u. ſ. w.), im Brückenbau, bei Staumauern u. ſ. w. ſtatt (vgl. a. Aſphalt u. ſ. w.). — Ein beſonderes Dichtungsmittel iſt die Aſphaltbleiplatte von Siebel (Düſſeldorf-Rath) (D.R.P. Nr. 43349 und 45509). Die Platten (in Rollen geliefert) werden mit Erfolg zur waſſerdichten Abdeckung von Gewölben bei Brücken, Reſervoiren, Tunneln u. ſ. w. verwendet und verhindern dort — wenn ſie gut eingebracht ſind — das Auslaugen des Kalkes aus dem Mörtel in den Gewölbefugen; ebenſo dienen ſie, als Zwiſchenlage im Mauerwerk, bei im Grundwaſſer liegenden Unterführungen (Bahnſteigtunnel u. ſ. w.) zum ſicheren Waſſerabſchluß. Im Hochbau werden ſie zur Abdeckung horizontaler und ſchräger Flächen, zur Bekleidung von Wandflächen, zur Umwicklung von Balken- und Pfettenköpfen u. ſ. w. benutzt, wo in den über oder neben den Flächen liegenden Räumen Feuchtigkeit bezw. Durchnäſſung nicht zu vermeiden iſt. Als ſäurebeſtändige Dichtungsſtoffe kommen die Aſbeſtfabrikate in Betracht (vgl. die Proſpekte von Calmon A.-G. und Aſbeſtzementwerke G. m. b. H. in Hamburg). — Im Waſſerbau ſind häufig waſſerdichte Verputze an Kanälen, Abſchlußmauern, Reſervoiren, über Gewölben und Beton- bezw. Betoneiſenkonſtruktionen erforderlich. — Iſt reines Waſſer in oder über den betreffenden Konſtruktionen vorhanden und ſind letztere keinen Erſchütterungen ausgeſetzt, ſo wird in der Regel bei Mauern als Reinverputz (Glattſtrich) eine Miſchung von 1 Teil Portlandzement und 1—2 Teilen feinkörnigen Sandes verwendet (vgl. a. Bofchin). Greift die Flüſſigkeit den Zement an — ſaure Waſſer u. ſ. w. —, ſo treten Aſbeſt- und Aſphaltpräparate (ſ. oben) oder Metallüberzüge (vgl. oben die Bleiplatten) an Stelle des gewöhnlichen Zementverputzes; auch Ueberzüge mit Fluaten (ſ. Steinhärtungsmittel), Sideroſthen u. a. ſtellen die Waſſerdichtigkeit her. Handelt es ſich um die Abdichtung von Dämmen (ſ. d. und Deich), ſo dienen Miſchungen von Sand und Ton, Ton und Teer, bei größeren Staudämmen Betonkerne und Stahlherze (vgl. Stauanlagen) als Dichtungsmittel. — Die Abdichtung gegen Gaſe erfolgt durch ſogenannte Waſſerſchlüſſe (ſ. Siphon) oder durch Oelſchlüſſe (vgl. Bd. 1, S. 650), ſelbſtverſtändlich auch durch gasdichte Türen, Klappen u. ſ. w., in der Regel mit Gummiſtreifen an den Dichtungsflächen. Vgl. a. Fangdamm, Spundwände. *Lueger.*

Dickenhobelmaſchine, ſ. Hobelmaſchinen.

Dickmaiſchverfahren, ſ. Bierbrauerei, Spiritusfabrikation.

Dickmühle (Walkmühle, Filzmühle, Hammerwalke), eine zum Filzen der Loden verwendete Vorrichtung, in der das Gewebe in einem eigentümlich geformten Holztrog durch fallende Holzhämmer bearbeitet wird; ſ. Tuchfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Dicköl, Bezeichnung für 1. zur Sirupkonſiſtenz eingedicktes Leinöl, in der Lackfabrikation und zu Anſtrichzwecken benutzt; 2. Spicköl oder durch Stehenlaſſen an der Luft verharztes Terpentinöl für Porzellanmalerei. *Andés.*

Dickſaft, ſ. Zuckerfabrikation.

Dickſtein, ſ. Edelſteinſchleiferei.

Dickzirkel, ſ. Meßwerkzeuge.

Didym *Di*, Atomgewicht 142, ſpez. Gew. 6,5, iſt ein hellgraues Metall der Gruppe der Ceritmetalle (ſ. d. und Cer); ſehr ſelten und als ſolches techniſch ganz unbedeutend. Seine Verbindungen ſind zur Verwendung für Beleuchtungszwecke (Gasglühlicht) vorgeſchlagen, eignen ſich dazu aber weniger wie die betreffenden Thorium- und andre Verbindungen der ſogenannten ſeltenen Erden. *Bujard.*

Diele, niederdeutſch Deele, der mittlere Raum des ſächſiſch-frieſiſchen Bauernhauſes, um den ſich die Räume für das Vieh anreihen (ſ. Bauernhäuſer). Aus dieſem Raum hat ſich in unſrer Zeit der Hausflur, Vorplatz, die Halle oder das Veſtibül der Wohnhäuſer entwickelt, die gleichfalls mit dem Namen Diele bezeichnet werden (vgl. Wohnhaus). Die Diele war zugleich die Arbeitsſtätte des altdeutſchen Bauernhauſes, daher wird die Bezeichnung auch auf die Tenne, d. h. die Arbeitsſtätte der Scheunen angewendet (ſ. Scheunen). *v. Tiedemann.*

Diele, in manchen Gegenden Deutſchlands auch Bezeichnung für ein ſtärkeres Brett, beſonders für Fußbodenbelag gebräuchlich, daher: Dielung, Dielenboden und Dielen oder Bedielen für: mit Fußbodenbelag verſehen.

Dielektrikum, auch Iſolator, ein Körper, der Nichtleiter bezw. ganz ſchlechter Leiter für die Elektrizität iſt, aber mehr oder weniger die Fähigkeit beſitzt, durch Reiben ſelbſt elektriſch zu werden.

Hierher gehören Glas, Seide, Schwefel, Paraffin, Kautſchuk, Harze u. dergl. Auch durch elektriſche Ladung nehmen derartige Subſtanzen Elektrizität auf; doch dringt dieſelbe nicht durch, und es findet kein Ausgleich von Potentialdifferenzen ſtatt; die Elektrizität bleibt vielmehr nur an derjenigen Stelle haften, an der ſie erzeugt oder auf die ſie übertragen iſt. Bei fortgeſetzter elektriſcher Ladung, z. B. bei einem Kondenſator, dringt die Elektrizität tiefer in das Dielektrikum ein, wird von demſelben abſorbiert und bei Kurzſchluß nicht ſofort auf einmal wieder abgegeben. Es bleibt nach der erſten Entladung ein ſogenanntes Reſiduum zurück, das

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von der Dauer und der Stärke der vorausgegangenen Ladungen abhängig ist. Verwendung finden dielektrische Substanzen besonders bei der Isolierung elektrischer Leitungen, ferner bei Leidener Flaschen (Glas), bei Ozonapparaten (Glas oder Glimmer), bei Kondensatoren (Glimmer, Hartgummi, Papier mit Leinölfirnis und Kolophonium getränkt, paraffiniertes Papier, Glas, Luft).

Literatur: Heinke, Handbuch der Elektrotechnik, Abt. I—III, Leipzig 1902 u. 1904. *Holzt.*

Dielektrizitätskonstante (spezifische induktive Kapazität, dielektrische Leitfähigkeit). Die Anziehung zweier elektrisch geladener Körper hängt, wie Faraday entdeckte, von dem Medium ab, in dem sie sich befinden. Während im Vakuum diese Kraft nach dem Coulombschen Gesetz gleich $\frac{\varepsilon\,\varepsilon'}{r^2}$ ist, wo ε und ε' die Ladungen der Körper und r ihren Abstand bedeuten, beträgt sie in einem andern Medium $\frac{1}{k}\cdot\frac{\varepsilon\,\varepsilon'}{r^2}$. Diese für die betreffende Substanz charakteristische Größe k bezeichnet man als dessen Dielektrizitätskonstante.

Wird auf zwei geladenen Körpern in verschiedenen Medien nicht ihre Ladung, sondern ihr Potential konstant gehalten, so ist, wie die Elektrostatik lehrt, ihre Anziehung in dem betreffenden Isolator dessen Dielektrizitätskonstante direkt proportional. Die Theorie der elektrischen Schwingungen ergibt, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen in Drähten der Quadratwurzel aus der Dielektrizitätskonstante des umgebenden Mediums umgekehrt proportional ist. Maxwell leitet in seiner elektromagnetischen Lichttheorie den fundamentalen Satz ab, daß die Dielektrizitätskonstante gleich dem Quadrat des Brechungsindex für sehr lange elektrische Wellen ist. Dieser Satz zeigt sich in vielen Fällen erfüllt, findet aber in manchen auch eklatante Ausnahmen. Sie sind daraus zu erklären, daß die zur Bestimmung des Brechungsindex benutzten Wellen infolge von Eigenschwingungen der Moleküle anormal absorbiert werden, was, wie Helmholtz in seiner Theorie der anormalen Dispersion zeigt, zu einer Veränderung des Brechungsindex führt. Der Maxwellsche Satz gilt also nur dann, wenn die molekularen Eigenschaften der Materie nicht störend wirken.

Die Clausius-Mosottische Theorie der Dielektrizität nimmt an, daß die Moleküle gute Leiter der Elektrizität seien, in denen in einem elektrischen Felde durch Induktion eine Trennung der Elektrizitäten stattfindet; dies bedingt eine Schwächung der Anziehung geladener Körper in einem aus solchen Molekülen bestehenden Dielektrikum. Bezeichnet u den Bruchteil des Gesamtvolumens, der von den Molekülen wirklich eingenommen ist, so berechnet sich hiernach die Dielektrizitätskonstante zu $k=\frac{1+2u}{1-u}$, woraus folgt $u=\frac{k-1}{k+2}$, oder nach dem obenerwähnten Satz von Maxwell $u=\frac{N^2-1}{N^2+2}$. Den Ausdruck $\frac{u}{d}=\frac{N^2-1}{N^2+2}\cdot\frac{1}{d}=R$ nennt man die spezifische Refraktion (s. Atomrefraktion), eine Größe, die von Temperatur, Druck und Aggregatzustand unabhängig sein muß, da $\frac{u}{d}$ das von den Molekülen einer Substanz tatsächlich ausgefüllte Volumen bedeutet. Die neuere Elektronentheorie führt die dielektrische Wirkung darauf zurück, daß unter dem Einfluß des elektrischen Feldes die negativen Elektronen so weit von den positiv geladenen Molekülen, an denen sie haften, entfernt werden, bis entgegenwirkende Kräfte den trennenden das Gleichgewicht halten.

Die früher nur schwierig und nicht sehr genau meßbaren Dielektrizitätskonstanten sind im letzten Jahrzehnt einer relativ einfachen und exakten Bestimmung zugänglich geworden, einmal durch die von Nernst [1] ausgearbeitete Methode der Kapazitätsmessung eines mit den zu untersuchenden Flüssigkeiten gefüllten Kondensators in der Wheatstoneschen Brücke, wobei eine etwa vorhandene, nicht zu große Leitfähigkeit des Dielektrikums durch einen entsprechenden, im Nebenschluß zu dem Vergleichskondensator gelegten Widerstand kompensiert wird; ferner mittels eines von Drude [2] konstruierten handlichen Apparates zur Messung der Wellenlänge stehender elektrischer Schwingungen, der auch relativ gut leitende Substanzen zu untersuchen gestattet. Die Dielektrizitätskonstanten der Gase und Dämpfe sind nur wenig voneinander verschieden, meistens liegen die Unterschiede erst in der dritten bis vierten Dezimale [3].

Dielektrizitätskonstanten einiger Flüssigkeiten bei etwa 18° [4]:

Benzol	2,29	Chloroform	5,0	Isobutylalkohol	19
m-Xylol	2,35	Aethylenchlorid	11	Amylalkohol	16
Toluol	2,37	Aethylenbromid	4,8	Orthonitrotoluol	28
Thiophen	2,76	Methyljodid	7,1	Nitrobenzol	36
Anilin	7,31	Methylalkohol	32	Wasser	81
Schwefelkohlenstoff	2,58	Aethylalkohol	26,1	Petroleum	2
Tetrachlorkohlenstoff	2,25	Propylalkohol	22	Olivenöl	3
Aether	4,39				

Dielektrizitätskonstanten fester Körper [5]:

Paraffin	ca. 1,9	Flintglas (leicht)	6,5	Zinkblende	7,85
Kautschuk	ca. 2,1	„ (schwer)	9,8	Quarz	4,3
Ebonit	ca. 2,6	Schwefel	3,8	Kalkspat	8,5
Guttapercha	ca. 4,0	Steinsalz	5,6	Rutil (parallel zur Achse)	90
Schellack	ca. 3,2	Sylvin	4,75	„ (senkrecht „)	173
Glimmer	5	Flußspat	6,7	Eis	3,1
Glas	2—10	Alaun	6,3		

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: [1] Nernft, Zeitfchr. phyf. Chemie **14**, 622, 1896. — [2] Drude, ebend. **23**, 267, 1897. — [3] Bädeker, ebend. **36**, 305, 1901. — [4] Turner, ebend. **35**, 385, 1900. — [5] Schmidt, W., Drudes Annalen **9**, 919, 1902; Landolt und Börnftein, Phyfik.-chem. Tabellen, Berlin 1894, 2. Aufl.; vgl. a. die Lehrbücher der Phyfik, z. B. Riecke, Bd. 2, 2. Aufl., Leipzig, ferner Nernft, Theoret. Chemie, Stuttgart 1903, 4. Aufl. *F. Krüger.*

Dielenfäge (Spaltfäge), f. Sägen und Sägemafchinen.

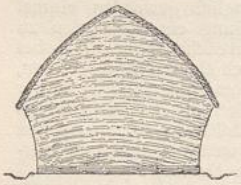
Dielungen, die als Fußboden dienende einfachfte Holzverkleidung einer Deckenkonftruktion.

In Werkftätten und Magazinen wird bei der einfachen Balkendecke (f. Decken) die Dielung direkt auf die Tragbalken gelegt; in allen andern Fällen aber foll dies vermieden und die Dielung auf eine entfprechend (ca. 8 cm) dicke Lage von Deckenfüllung (f. d.) aufgebracht werden, damit die Erfchütterungen des Fußbodens fich nicht unmittelbar auf die Balken übertragen. Da durch das Schwinden der Dielenbretter die Fugen fich im Verhältnis zur Breite der Dielen vergrößern, fo empfiehlt es fich, fchmale Bretter zu verwenden, da fonft fchon nach kurzer Zeit das fogenannte Ausfpänen, d. h. das Einlegen von Spänen in die Fugen notwendig wird. Als die gebräuchlichften Dielungen können nachftehende gelten. Bretter- und Pfoftenfußboden, aus trockenen, aftfreien, 2,5—3 cm dicken Brettern oder 5—10 cm ftarken Dielen von Tannenholz beftehend, die auf den $^5/_{10}$—$^8/_{13}$—$^{13}/_{16}$ cm im Querfchnitt meffenden und 0,8—1 m auseinander liegenden in die Schuttlage eingebetteten Polfterhölzern durch Nagelung befeftigt find. Die Dielen find rauh (ungehobelt) oder glatt (gehobelt) und ftoßen entweder ftumpf aneinander oder find gefalzt, gefedert. Man unterfcheidet in diefer Beziehung: rauhe Fußböden für Magazine, Wagenfchuppen, Ställe, Werkftätten; dann glatte oder gehobelte Fußböden für gewöhnliche Wohnräume; ferner die gefugten, gefalzten und gefederten Fußböden. In Wohnräumen befferer Art wird eine Doppeldielung angewendet in der Weife, daß unten ein aus $1^1/_2$—$2^1/_2$ cm ftarken, rauhen, ungefäumten Brettern beftehender Blindboden direkt auf die Polfterhölzer genagelt wird, auf denen man dann erft den eigentlichen Fußboden befeftigt, wie dies z. B. bei dem Parkettfußboden der Fall ift. Weiter gehören noch hierher: der Patentfußboden, der Schiffboden, der Stabfußboden (Fifchgrätenfußboden), die bei Fußboden befprochen werden. — Literatur f. Decken. *Weinbrenner.*

Dielwand, f. Scheunen.

Diemen (Mieten, Feimen, Staaken, Schober), gleichbedeutende Bezeichnungen für Stapel von Getreidegarben, die fo zufammengefetzt werden, daß ihr Inhalt ohne befondere Schutzgebäude (Scheunen) allein durch eine leichte Strohbedeckung gegen die Nachteile der Witterungseinflüffe gefchützt wird.

Vorteile der Diemen gegenüber feften Scheunen find: Erfparung des Baukapitals und Freiheit in der Wahl des Aufftellungsortes. Man wählt diefen häufig mitten auf dem abzuerntenden Getreidefchlage und erfpart damit in der Erntezeit viel Arbeit. Die Einbringung der Feldfrüchte nach dem Gehöft kann man nach Belieben hinausfchieben. Diefen Vorteilen ftehen als Nachteile gegenüber: die alljährlich wiederkehrenden Eindeckungskoften, der nicht ganz vollkommene Schutz gegen Witterung, namentlich bei unficherem Wetter während des Baues, bevor die Eindeckung fertig ift, und während des Abdrefchens, die hohen Feuerprämien, die Möglichkeit des Diebftahles, Mäufe- und Vogelfraß u. dergl. Nach [1] ift die Aufbewahrung der Halmfrüchte in Diemen unter Berückfichtigung aller diefer Nachteile teurer als in feften Scheunen.



Diemen werden in rundem, quadratifchem oder rechteckigem Grundriß nach nebenftehendem Querfchnitt gebaut. Die Spitze erhält nicht mehr als 9 m Höhe, um die Arbeit des Aufbanfens nicht zu erfchweren. Zum Schutz gegen Erdfeuchtigkeit erhält der Diemen eine Unterlage von Stroh, Reifig, Heidekraut oder dergl. Auch zieht man wohl ringsum kleine Entwäfferungsgräben. Das feitliche Einregnen verhindert man durch Ueberbauen des unteren Rumpfes und Verlegen der Garben mit den Stoppelenden nach außen und Gefälle nach dem Rande. Die Eindeckung wird mit Stroh 20 cm ftark, ähnlich wie bei Strohdächern, ausgeführt, wobei die Dachlattung durch Strohfeile erfetzt wird. Der Bedarf an Deckftroh beträgt für 1000 cbm Rauminhalt ca. $12^1/_2$ Schock, der Deckerlohn im Mittel etwa 20 *M.* Wo Diemen einen feften Standort erhalten, gibt man ihnen wohl einen feften Unterbau, den fogenannten Diemenftuhl, zum befferen Schutz gegen Erdfeuchtigkeit. Der Diemenftuhl befteht aus einer leichten Balkenlage, die auf Steinpfeiler 50 cm über dem Erdboden verlegt wird und den Diemen in der Schwebe erhält, fo daß der Wind darunter wegftreichen kann. Wird auch die alljährlich zu erneuernde Eindeckung durch ein feftes Dach erfetzt, fo entfteht das Diemenhaus (f. d.).

Literatur: [1] Tiedemann, L. v., Das landw. Bauwefen, Halle a. S. 1891. *v. Tiedemann.*

Diemenhäufer, leichte Bauwerke, die den Diemen (f. d.) fo überdecken, daß diefer gegen Witterung gefchützt ift. Sie bezwecken, die alljährliche Eindeckung der Diemen zu vervollkommnen oder ganz zu erfparen.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Koften folcher Bauwerke, wenn diefe, fich der gewöhnlichen Form der Diemen anfchließend, rund oder quadratifch angelegt werden, hinter denen feften Scheunen kaum zurückftehen, ohne die Vorteile diefer zu gewähren. — Die Mansfeldfche Feime (Fig. 1) ift nur ein verbefferter runder Diemen, der um einen mittleren Maftbaum gebaut wird. Diefer trägt oben ein kleines, tellerförmiges Dach, darunter einen eifernen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

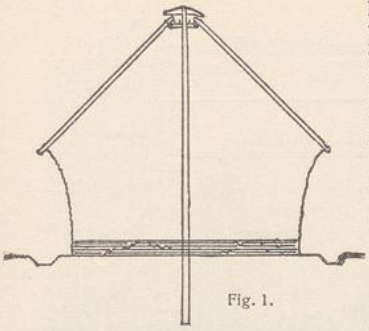


Fig. 1.

Ring mit Stiften, an denen durchlochte Stangen aufgehängt werden (Fig. 2). Die auf dem Rumpf des Diemens lagernden Stangen bilden die radialen Sparren, die eine beſſere Eindeckung mit Stroh ermöglichen. — Die Deſſauiſche Feime [1] zeigt in der Mitte vier miteinander durch Riegel und Streben verbundene, oben ein kleines Dach tragende Pfoſten, die einen Hohlraum im Innern des Diemens begrenzen. Hierin befindet ſich ein Flaſchenzug, durch den ein Zeltdach, mit Stroh gedeckt, auf und nieder bewegt werden kann. Es leuchtet ein, daß dieſes ſchwerfällige, pilzartige Gebäude keinen großen Wert für die Landwirtſchaft beſitzt. — Nicht viel beſſer iſt das Holländiſche Feimgerüſt [1]. Hier ſtehen die Pfoſten an den vier Ecken und bilden eine Führung für das quadratiſche Dach, das durch Hebezeug in der Höhe verſtellt werden kann. — Von praktiſchem Werte für die Landwirtſchaft werden ſolche Diemenhäuſer nur, wenn ſie in größerer Ausdehnung in einfacher rechteckiger Grundform errichtet und mit leichtem Satteldach überdeckt werden. Sie bilden den Uebergang zu den ſogenannten Feldſcheunen (ſ. d.).



Fig. 2.

Literatur: [1] Engel, Friedr., Handbuch des landw. Bauweſens, Berlin. *v. Tiedemann.*

Dienſte, in der gotiſchen Bauweiſe die Dreiviertelſäulchen, die den Kern des Pfeilers umgeben und in den Gewölbrippen ihre Fortſetzung finden.

Dienſtfahrpläne, ſ. Eiſenbahnbetrieb.

Dienſttelegraph, die Einrichtung zur Vermittlung des telegraphiſchen Verkehrs zwiſchen Eiſenbahnſtationen. Vgl. Bahntelegraphen.

Dienſtwohnung, Behauſung verſchiedenſter baulicher Anordnung und Größe für Beamte oder Bedienſtete des Staates, der Gemeinde oder gewerblicher Anlagen.

Eine ſolche Wohnung wird dem leitenden Beamten überall da gewährt, wo es im Intereſſe der Verwaltung liegt, jenem zur beſſeren Ausübung ſeiner Pflichten innerhalb ſeines Wirkungskreiſes einen feſten Wohnſitz anzuweiſen, der ſeiner Lebensſtellung würdig angepaßt iſt. Hieraus ergibt ſich die geeignete Anordnung ſolcher Wohnungen: 1. Als Einzelwohnhaus, wie das Pfarrhaus, Forſthaus oder das einfache Wärterhaus. 2. Als Teil eines größeren öffentlichen Gebäudes, z. B. eines Gerichtsgebäudes, Amthauſes, Schulhauſes, Stationsgebäudes; in dieſem Falle werden ſie ein beſonderes Stockwerk bilden oder in einem Flügelbau Platz finden. Hierbei iſt darauf Bedacht zu nehmen, daß Wohnungs- und Dienſträume ſtrenge voneinander getrennt ſeien und, wenn tunlich, erſteren ein beſonderer Eingang nebſt Treppenhaus und ſonſtigen nötigen Räumen, abgegrenzt von dem öffentlichen Teile des Gebäudes, zugeteilt werde. *Weinbrenner.*

Dieſelmotoren. Der Dieſelmotor, nach ſeinem Erfinder, dem Ingenieur Rudolf Dieſel in München, genannt, iſt eine im Viertakt nach einem beſonderen Verfahren arbeitende Verbrennungskraftmaſchine, die mit flüſſigen Kohlenwaſſerſtoffen betrieben wird [1].

Beſchreibung des Motors: Nach den Ausführungen der Maſchinenfabrik Augsburg, die ſich um die weitere Ausgeſtaltung des im Jahre 1897 auf den Markt gebrachten Dieſelmotors und um ſeine Verbreitung am meiſten verdient gemacht hat, iſt die Einrichtung des Motors in den Fig. 1—9 dargeſtellt. Die Maſchine iſt ſtehend und ohne Kreuzkopf ausgeführt. Der Zylinderdeckel beſitzt fünf durch Ventile verſchloſſene Oeffnungen. Das Einſtrömventil *E* (Fig. 2), das Auspuffventil *A* (Fig. 2) und das Anlaßventil *V* (Fig. 1) finden ſich hier wie bei jedem Viertaktmotor, eigenartig für den Dieſelmotor iſt dagegen das Brennſtoffventil *B* (Fig. 2) und das Ueberſtrömventil (Fig. 5). Alle Ventile werden durch Nocken, die auf einer horizontalen Steuerwelle (Fig. 4) ſitzen, betätigt. Bei geöffnetem Einſtrömventil wird während des erſten Hingangs des Kolbens Luft in den Arbeitszylinder geſogen. Beim erſten Rückgang des Kolbens wird die angeſogene Luft in den Verbrennungsraum (Zwiſchenraum zwiſchen Kolben in ſeiner oberſten Stellung und Zylinderdeckel) hinein auf ungefähr $^1/_{15}$ ihres Anfangsvolumens verdichtet. Der Druck ſteigt dabei auf 34—36 kg/qcm und die Temperatur auf gegen 500° C. In dieſe hoch verdichtete und über die Entzündungstemperatur des Brennſtoffes erhitzte Luft wird am Ende des Verdichtungshubes und bei Beginn des zweiten Hinganges des Kolbens der Brennſtoff durch das Brennſtoffventil *B* allmählich eingeſpritzt und verbrennt in ihr infolge ihrer hohen Temperatur, ohne daß irgend welche äußere Zündvorrichtung erforderlich wäre. Bei Fortſetzung des Hubes erfolgt hierauf die Expanſion der Verbrennungsrückſtände, bis ſich das Auspuffventil öffnet, worauf der zweite Rückgang des Kolbens dem Ausſtoßen der Verbrennungsrückſtände dient.

Die Zuführung des flüſſigen Brennſtoffes zum Brennſtoffventil geſchieht durch eine Brennſtoffpumpe (Fig. 8 und 9) mit Tauchkolben *a*, ſelbſttätigem Druckventil *b* und geſteuertem Saugventil *c*. Die Pumpe wird durch eine am Ende der Steuerwelle angebrachte Stirnkurbel (Fig. 4 und 5) angetrieben. Von der größten Wichtigkeit zur Erzielung einer vollſtändigen Verbrennung iſt die ſorgfältige Zerſtäubung des Brennſtoffes beim Eintritt in den Arbeitszylinder. Hierzu wird Preßluft von ungefähr 60 kg/qcm Druck verwandt, die oberhalb des Brennſtoffventils (vgl. die Zuführungskanäle in Fig. 6 und 7) zum Brennſtoff tritt und bei Oeffnung des Ventils infolge ihres großen Ueberdruckes über die im Arbeitszylinder herrſchende Verdichtungsſpannung den

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

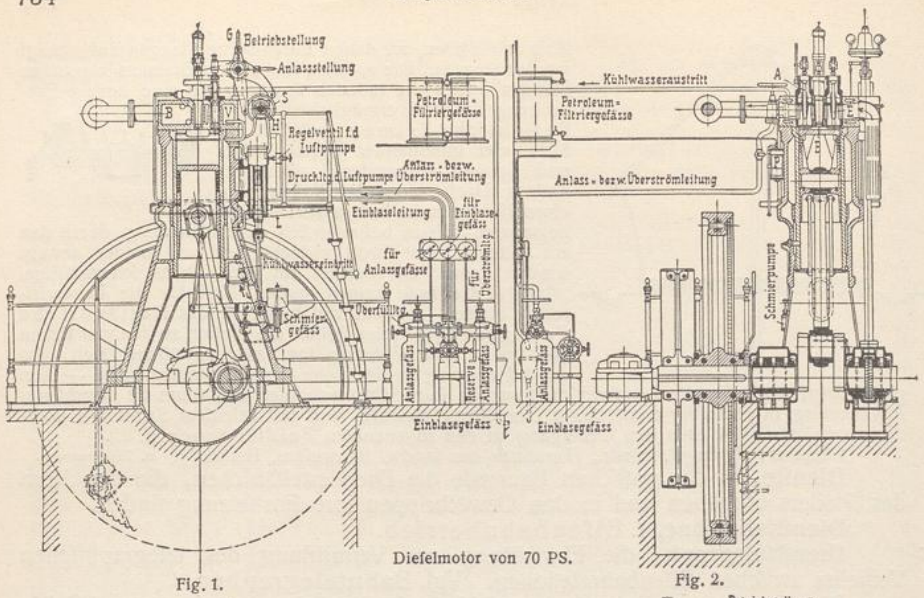


Fig. 1.

Fig. 2.

Dieselmotor von 70 PS.

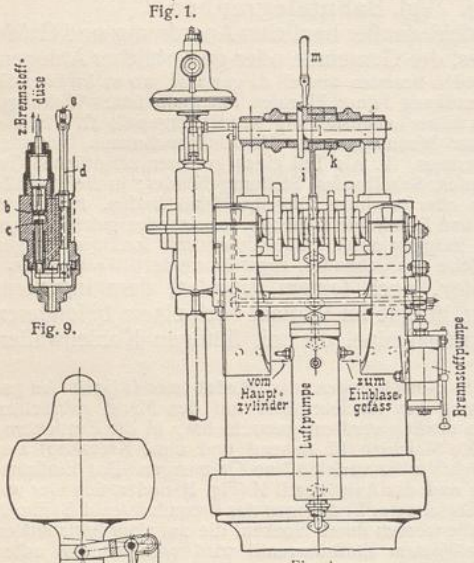


Fig. 4.

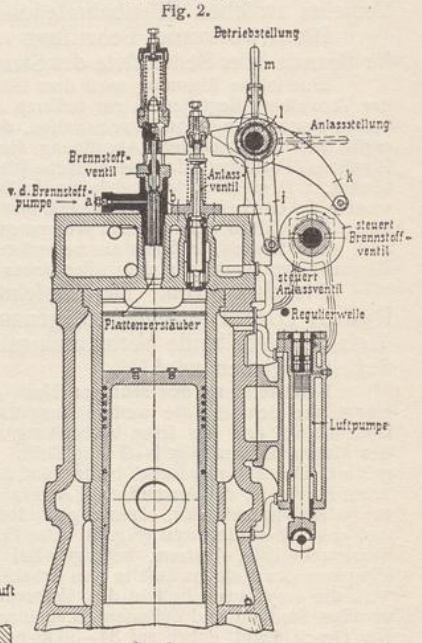


Fig. 3.

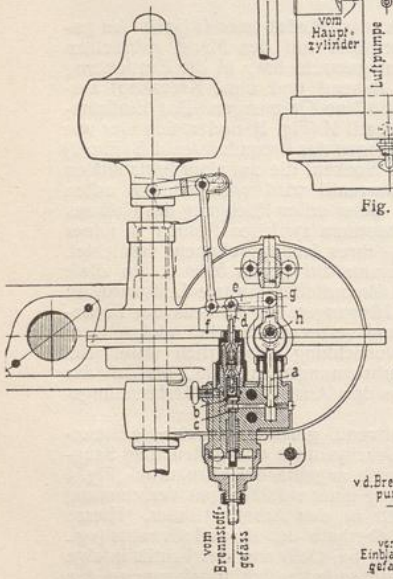


Fig. 8.

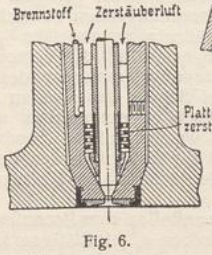


Fig. 6.

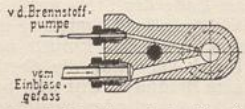


Fig. 7 (Schnitt *a—b* der Fig. 3).

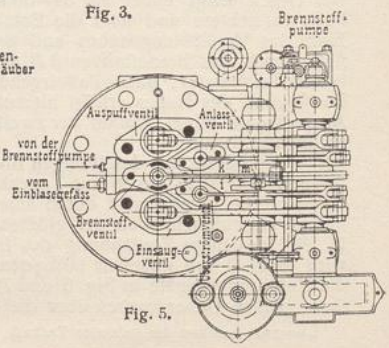


Fig. 5.

Brennſtoff in den Zylinder mitreißt. Der Weg dahin führt an einem Plattenzerſtäuber (Fig. 6) vorbei, der aus vier mit gegeneinander verſetzten Löchern verſehenen Platten beſteht. Die zur Zerſtäubung erforderliche Luftmenge wird dem Arbeitszylinder entnommen, und zwar durch das Ueberſtrömventil (Fig. 5) im Zylinderdeckel, das ſich gegen Ende des Verdichtungshubes öffnet und eine durch das Regelventil für die Luftpumpe (Fig. 1) regulierbare Luftmenge in die Anlaß- oder Ueberſtrömleitung (Fig. 1), wo ſie ungefähr 10 kg/qcm Druck beſitzt, treten läßt. Dieſe Leitung, die beim Ingangſetzen des Motors als Anlaßleitung benutzt wird, dient während des Betriebs als Saugraum für eine im Zweitakt arbeitende Luftpumpe *L* (Fig. 1, 3 und 4), in der die Zerſtäuberluft auf 60 kg/qcm Druck verdichtet wird. Aus der Pumpe gelangt die letztere in einen Druckwindkeſſel, das Einblaſegefäß (Fig. 1), und tritt von hier aus durch die Einblaſeleitung zum Plattenzerſtäuber und durch das Brennſtoffventil in den Arbeitszylinder. Das Hubvolumen der Luftpumpe beträgt nur ungefähr $^1/_2$ % von demjenigen des Arbeitszylinders.

Der Regulator wirkt auf die Menge und Zeitdauer der Brennſtoffzufuhr: Wie die Fig. 8 und 9 zeigen, verlegt er den Drehpunkt *f* für den Hebel *eg*, durch den das Saugventil der Brennſtoffpumpe betätigt wird, bei zunehmender Geſchwindigkeit der Maſchine ſo, daß das Saugventil der Pumpe ſich erſt ſpäter öffnet und früher ſchließt, daß alſo insgeſamt weniger Brennſtoff bei kürzerer Zeitdauer eingeſpritzt wird.

Die Druckluft, die zum Anlaſſen des Dieſelmotors dient, wird ebenfalls durch die oben beſchriebene Luftpumpe geliefert und in den Anlaßgefäßen der Fig. 1 aufgeſpeichert. Bei Verſtellung des Anlaßhebels (Fig. 3) aus der Betriebsſtellung in die Anlaßſtellung wird infolge Verdrehens der exzentriſchen Hülſe *l*, auf welcher der Brennſtoffventilhebel *i* und der Anlaßventilhebel *k* ſitzen, der erſtere außer Einwirkung der Nockenſcheibe und der letztere zur Betätigung durch den Anlaßnocken gebracht. Ein Normalbelaſtungsdiagramm des Dieſelmotors iſt in Fig. 10, ein Regulierdiagramm in Fig. 11 abgebildet. In Fig. 10 bedeuten *ab* die Anſaugelinie, *bc* die Verdichtungslinie, *cd* die Verbrennungslinie, *de* die Expanſionslinie und *ea* die Auspufflinie. Die Geſchwindigkeit und Zeitdauer für die Einſpritzung des Brennſtoffes, für ſeine Verbrennung und damit die Geſtalt der Verbrennungslinie *cd* laſſen ſich durch die Formgebung des Nockens für das Brennſtoffventil, durch die Höhe der Zerſtäuberluftpreſſung und durch die Anzahl und den Durchmeſſer der Löcher im Plattenzerſtäuber beeinfluſſen.

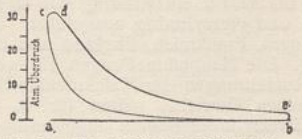


Fig. 10. Normalbelaſtungsdiagramm.



Fig. 11. Regulierdiagramm.

Theorie des Dieſelmotors: Es kann hier auf die Theorie der Verbrennungsmotoren (ſ. d.) überhaupt verwieſen werden, inſofern annäherungsweiſe an die Stelle des offenen nicht umkehrbaren Arbeitsvorganges ein geſchloſſener, von der Luft allein ausgeführter umkehrbarer Kreisprozeß geſetzt wird, dem die bei der Verbrennung entwickelte Wärme von außen zugeführt wird. Eine Zuſammenfaſſung der Ergebniſſe dieſer Theorie läßt das Folgende erkennen: Um eine möglichſt große Wärmeausnutzung zu erzielen, muß man beſtrebt ſein, in den Verbrennungsmotoren die Verbrennung bei möglichſt kleinem Volumen der Ladung vorzunehmen, alſo die Verdichtung vor der Verbrennung möglichſt hoch zu treiben und die Verbrennung ſo zu leiten, daß das Volumen der Ladung während der Verbrennung möglichſt wenig zunimmt. Die letztere Forderung wird bei denjenigen Verbrennungsmotoren, bei denen Luft und Brennſtoff vor der Verdichtung gemiſcht werden, dadurch erfüllt, daß man die Verbrennung ganz im inneren Totpunkt, alſo bei konſtantem Volumen V_1 erfolgen läßt, die erſtere dadurch, daß man den Inhalt V_1 des Verbrennungsraumes im Verhältnis zu dem Geſamtvolumen V_0, das die Ladung am Ende des Anſaugens beſitzt, möglichſt klein macht. Mit Rückſicht auf die Vorzündungen, die in einem Gemenge aus Luft und Brennſtoff entſtehen, wenn durch die Temperaturſteigerung bei der Verdichtung an irgend einer Stelle der Ladung die Entzündungstemperatur des Brennſtoffes überſchritten wird, iſt man aber gezwungen, mit der Verdichtung unterhalb einer gewiſſen Grenze zu bleiben, d. h. es iſt für das kleinſte bei der Verdichtung erreichbare Volumen V_1 im Verhältnis zum Anfangsvolumen V_0 eine Grenze gegeben, die nicht unterſchritten werden kann. Da Benzin und Petroleum ſehr leicht entzündlich ſind, iſt bei gewöhnlichen, mit dieſen Brennſtoffen betriebenen Viertaktmaſchinen dieſe innere Volumgrenze ungefähr durch $V_1 = {}^1/_4 V_0$ gegeben, ſo daß das theoretiſche Diagramm *a b′ c′ d′* der Fig. 12 entſteht. Der weſentliche Fortſchritt des Dieſelmotors gegenüber dieſen Maſchinen beſteht nun darin, daß die eine hohe Wärmeausnutzung hindernde innere Volumgrenze weggeſchafft wird, da die Luft allein verdichtet wird, alſo ſelbſt bei ſehr hoher Verdichtung Vorzündungen nicht entſtehen können. Die Verdichtung kann daher ſoweit getrieben und es kann ein ſo kleines Endvolumen V_1' erreicht werden, als dies mit Rückſicht auf die Feſtigkeit der Maſchine und auf die zuläſſigen Flächenpreſſungen in ihr ſachgemäß erſcheint. Für den Dieſelmotor iſt daher an Stelle der inneren Volumgrenze eine

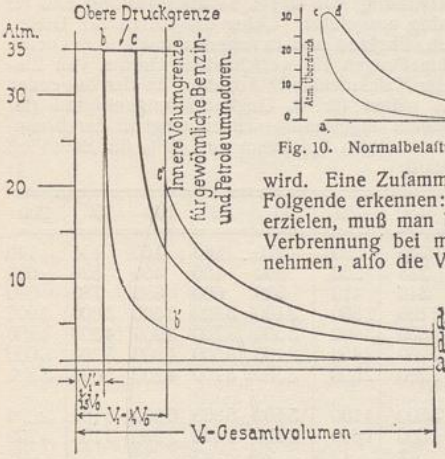


Fig. 12. Theoretiſches Diagramm.

obere Druckgrenze gegeben, die bei ungefähr 35—40 kg/qcm liegt und mit der das Volumenverhältnis $\frac{V_1'}{V_0} = \sim 1/15$ verknüpft ist. Soll diese Druckgrenze auch während der Verbrennung nicht überschritten werden und doch jedes Brennstoffelement bei möglichst kleinem Ladungsvolumen — den Forderungen der Theorie entsprechend — verbrannt werden, so muß die Verbrennung im Dieselmotor bei konstantem Druck und nicht etwa bei Abnahme des Druckes erfolgen. Es entsteht daher für ihn das theoretische Diagramm *a b c d* der Fig. 11. Aus dem Vergleich mit dem Diagramm *a b' c' d'* ersieht man sofort, daß in der Tat die Verbrennung im Dieselmotor bei viel kleinerem Volumen erfolgt als in den gewöhnlichen Benzin- und Petroleummotoren. Während in den letzteren nur etwa 22 % der im Brennstoff enthaltenen Wärme in Nutzarbeit verwandelt werden, beträgt diese Wärmeausnutzung z. B. beim 70pferdigen Dieselmotor nach Versuchen, die in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1903, Nr. 19, wiedergegeben sind, bis zu 33 %. Nach den Angaben der Maschinenfabrik Augsburg wurden auch noch günstigere Werte erzielt.

Nun verbrennt jedes Brennstoffteilchen, das in den Dieselmotor zugeführt wird, bei größerem Volumen der Ladung als das vorhergehende. Da die Wärmeausnutzung um so günstiger ist, je kleiner das Volumen bei der Verbrennung ist, so folgt hieraus, daß die Wärmeausnutzung, bezogen auf die indizierte Leistung, unter sonst gleichen Umständen um so ungünstiger wird, je mehr Brennstoff eingespritzt wird, daß also der Verbrauch pro indizierte Pferdestärkestunde aus diesem Grunde bei größeren Belastungen höher ist als bei niedrigen Belastungen. Dieses Ergebnis der Theorie wird durch die Erfahrung insofern bestätigt, als bei $^3/_4$-Belastung und selbst bei $^1/_2$-Belastung der Verbrauch pro indizierte Pferdestärkestunde etwas kleiner ist als bei Normalleistung, wenn auch der Unterschied nicht erheblich ist, da andre Einflüsse (Wärmeabfuhr an die Wandung u. s. w.) in entgegengesetzter Richtung wirken. Da der mechanische Wirkungsgrad mit Abnahme der Belastung abnimmt, so nimmt der Verbrauch pro Nutzpferdestärkestunde mit Abnahme der Belastung zu, immerhin aber ist er bei $^1/_2$-Belastung nur um ungefähr 20—22 % größer als bei normaler Leistung, was gegenüber andern Verbrennungskraftmaschinen als sehr günstig bezeichnet werden muß. Die Regelungsart des Dieselmotors ist daher bis jetzt derjenigen der übrigen Verbrennungsmotoren überlegen. Ueber eine strenge Theorie des Verbrennungsvorganges im Dieselmotor vgl. [2].

Weitere Angaben: Als Brennstoff kommt für den Dieselmotor Lampenpetroleum in Betracht, es eignen sich für ihn aber auch schwer entzündliche, in Lampen nicht brennbare Mineralölsorten, wie Rohöle, Rohnaphtha, sowie Braunkohlendestillate, wie Solaröl, Gelböl, Rotöl, Paraffinöl, Gasöl u. s. w.

Der Dieselmotor wird von 8 bis 200 PS. einzylindrig, von 30 PS. an zweizylindrig und für große Motoren nach Bedarf drei- und vierzylindrig ausgeführt. Ueber die Bauart des Dieselmotors in Rußland, Schweden, Ungarn, Frankreich, England und in Amerika sowie über Dieselmotoren für Schiffszwecke vgl. [3]. Die Hauptabmessungen für verschiedene Größen von Einzylindermaschinen sind nach den Ausführungen der Maschinenfabrik Augsburg in der folgenden Tabelle angegeben. Die angegebenen Gewichte gelten für $^1/_{30}$ Ungleichförmigkeitsgrad (für größere Gleichförmigkeit werden Zweizylindermotoren angewandt). Hinzugefügt ist der Brennstoffverbrauch, wie er von der genannten Fabrik mit einem Spielraum von 10 % für Brennstoff von 10000 WE./kg unterem Heizwert garantiert wird.

Normalleistung in Nutzpferdestärken		8	15	25	50	70	100	150	200
Umdrehungen in der Minute		270	235	205	170	160	160	155	140
Zylinderdurchmesser	mm	165	215	260	350	400	450	520	600
Kolbenhub	„	270	340	410	530	600	680	780	900
Schwungraddurchmesser	„	1600	2100	2500	3100	3300	3500	3800	3900
Außenmaße der Motoren: quer zur Welle	ungefähr mm	2000	2600	3000	3500	3700	3900	4300	4800
Außenmaße der Motoren: parallel zur Welle	ungefähr mm	1700	2200	2450	3100	3500	4300	5200	6000
Außenmaße der Motoren: Höhe üb. d. Fußboden	ungefähr mm	1875	2200	2600	3300	3700	4200	5000	5500
Erwünschte Lokalhöhe (mit Rücksicht auf das Montieren)	ungefähr mm	2800	3500	4100	5100	5800	6900	8100	9000
Fundamenttiefe	ungefähr mm	1000	1600	1800	2200	2400	2800	3100	3200
Fundamentinhalt	cbm	4	7,5	12,5	24	32	58	85	92
Gewichte: netto	ca. kg	1900	4400	6600	13500	19000	26000	40000	60000
Gewichte: brutto	„ „	2400	5000	7500	15000	21000	29000	44000	65000
Brennstoffverbrauch pro PSe-Stunde in g, von 10000 WE./kg Heizwert, garantiert mit 10 % Spielraum: Normalleistung bis Höchstleistung		235	215	205	195	185	185	185	185
Brennstoffverbrauch pro PSe-Stunde in g, von 10000 WE./kg Heizwert, garantiert mit 10 % Spielraum: $^3/_4$-Belastung		245	225	215	205	195	195	195	195
Brennstoffverbrauch pro PSe-Stunde in g, von 10000 WE./kg Heizwert, garantiert mit 10 % Spielraum: $^1/_2$-Belastung		285	260	250	235	225	225	225	225
Brennstoffverbrauch pro PSe-Stunde in g, von 10000 WE./kg Heizwert, garantiert mit 10 % Spielraum: $^1/_4$-Belastung		390	350	330	310	300	300	300	300

Bei normaler Belastung beträgt die indizierte Mittelspannung der Maschine ungefähr 6,5—6,8 kg/qcm, der mechanische Wirkungsgrad (Verhältnis der Nutzarbeit zur indizierten Arbeit) ungefähr 80 %, die Luftpumpenarbeit ungefähr 3 % der indizierten Arbeit. Die Motoren können bei vorübergehenden Kraftschwankungen um gegen 20 % der Normalleistung überlastet werden. Bei 15° Zuflußtemperatur und 70° Abflußtemperatur beträgt der Kühlwasserverbrauch ungefähr 11 (bei großen) bis 16 l (bei kleinen Maschinen) pro effektive Pferdestärkestunde der Normalleistung. Die Diagrammbildung erfolgt bei gut ausgeführten Dieselmotoren bis zum Leerlauf herab vollkommen regelmäßig. Die Auspuffgase sind, sofern der Motor in gutem Zustand ist, praktisch geruchlos und unsichtbar, außer bei Ueberlastung, wo Rußbildung auftritt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Rechnet man für deutſche Verhältniſſe als Preis für 1 kg Petroleum 22 ₰, für 1 kg Paraffinöl oder Rohöl 8,25—10 ₰ (vgl. [3]), ſo erhält man z. B. als Brennſtoffkoſten des 25pferdigen Motors für eine Nutzpferdekraftſtunde bei Normalleiſtung (unter Einrechnung des Spielraums von 10% für die Augsburger Garantiezahlen) 4,7 ₰ bei Petroleumbetrieb und 1,8—2,3 ₰ bei Betrieb mit Paraffinöl oder Rohöl.

Mit Leuchtgas oder Kraftgas kann der Dieſelmotor nicht betrieben werden, da das Einſpritzen und Zerſtäuben von Leuchtgas oder gar Kraftgas zu viel Kraft verbrauchen würde und da beim Einſpritzen eine augenblickliche vollſtändige Miſchung mit der Verbrennungsluft und damit eine vollkommene Verbrennung nicht erzielt werden könnte.

Literatur: [1] Dieſel, Theorie und Konſtruktion eines rationellen Wärmemotors, Berlin 1893; Derſ., Dieſels rationeller Wärmemotor, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1897, S. 845, 955; Derſ., Mitteilungen über den Dieſelmotor, ebend. 1899, S. 36, 128; Derſ., Mitteilungen über den thermiſchen Motor, Syſtem Dieſel, Zeitſchr. d. öſterr. Arch.- und Ingen.-Ver. 1901, S. 589, 609; Lüders, Der Hochdruckwärmemotor, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1898, S. 783; Meyer, Eugen, Die Beurteilung der Kreisprozeſſe der Wärmekraftmaſchinen mit beſonderer Berückſichtigung des Dieſelmotors, ebend. 1897, S. 1108; Derſ., Die Beurteilung des Dieſelmotors, Journ. f. Gas u. Waſſer 1898, S. 559, 575; Derſ., Verſuche an Spiritusmotoren und am Dieſelmotor, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1903, Nr. 18 und 19; Vogel, Der Wärmemotor, Patent Dieſel, Journ. f. Gas u. Waſſer 1898, S. 637, 655. — [2] Stodola, Die Kreisprozeſſe der Gasmaſchinen, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1899, S. 1045, 1086. — [3] Dieſel, Der heutige Stand der Wärmekraftmaſchinen und die Frage der flüſſigen Brennſtoffe, unter beſonderer Berückſichtigung des Dieſelmotors, ebend. 1903, Nr. 38. — [4] Schröter, Dieſels rationeller Wärmemotor, ebend. 1897, S. 785, 817; Derſ., Neuere Leiſtungen der München-Augsburger Maſchineninduſtrie, ebend. Nr. 28. Vgl. a. die Werke über Verbrennungsmotoren.

Eugen Meyer.

Differential, eine unendlich kleine Aenderung einer ſtetig veränderlichen Größe x.

Das Differential, das mit dx bezeichnet wird, beſitzt dieſelben Merkmale wie x, aber ein abſtufbares Merkmal hat den Wert Null, z. B. Bogendifferential iſt ein Bogen von der Länge Null. Die Differentiale können daher, mit endlichen Größen verglichen, vernachläſſigt werden, d. h. an Stelle von $x + dx$ kann x geſchrieben werden. Differentiale höherer Ordnung und totales Differential ſ. Differentialquotient. Ueber Bildung von Differentialen und Rechnung mit denſelben ſ. Differentialrechnung. Integration von Differentialen ſ. Integralrechnung.

Wölffing.

Differentialbremſe, ſ. Bremſen, S. 259.

Differentialflyer, ſ. Baumwollſpinnerei.

Differentialgalvanometer, ſ. Meßinſtrumente, elektriſche.

Differentialgetriebe iſt ein Räderwerk, durch welches vermittelſt zweier Drehungen eine dritte reſultierende Drehung erzeugt wird, die der Differenz bezw. der Summe jener beiden Drehungen proportional iſt.

Mehrere der Reihe nach ineinander greifende Zahnräder 1, 2..n, deren Achſen 01, 02..0n in einem Gliede 0, wie in Fig. 1, wo $n = 3$ iſt, gelagert ſind, bilden ein Vorgelege (ſ. d.). Bezeichnet r_1 den Radius des Teilkreiſes des Rades 1, ferner r_2, r'_2 die Radien der Teilkreiſe des Doppelrades 2-2′ und $r'n$ den Radius des Teilkreiſes des letzten Rades n, und ſind z_1, z_2, z'_2, $z'n$ die zugehörigen Zähnezahlen, ſo iſt das Ueberſetzungsverhältnis ν vom Rade 1 zum Rade n oder das Verhältnis der Drehgeſchwindigkeiten dieſer beiden Räder, beſtimmt durch $\nu = \frac{r'_2 \cdot r'n}{r_1 \cdot r_2} = \frac{z'_2 \cdot z'n}{z_1 \cdot z_2}$. Dieſes Verhältnis iſt poſitiv oder negativ, je nachdem das erſte Rad 1 und das letzte Rad n ſich in gleichem oder entgegengeſetztem Sinn drehen. Setzen wir dieſes Vorgelege mit der Achſe 01 drehbar auf ein feſtes Geſtell α, dann erhalten wir ein nicht zwangläufiges Räderwerk. Drehen wir das Glied 0 im Geſtell α mit der Drehgeſchwindigkeit $\omega_0\alpha$ und gleichzeitig das Rad 1 mit der Drehgeſchwindigkeit $\omega_1\alpha$ im Geſtell α, dann wird durch dieſe zweifache Drehung das Räderwerk zwangläufig, d. h. es vollzieht eine beſtimmte Bewegung, und in dieſem Zuſtande wird dasſelbe ein doppelwirkiges Umlaufgetriebe genannt [1]. Bezeichnet $\omega n\alpha$ die Drehgeſchwindigkeit des Rades n in bezug auf das Geſtell α, ſo ergibt ſich für die Drehgeſchwindigkeiten ω_{10}, ω_{n_0} der Räder 1, n in bezug auf das Glied 0, $\omega_{10} = \omega_1\alpha - \omega_0\alpha$, $\omega_{n_0} = \omega n\alpha - \omega_0\alpha$; und da das Verhältnis $\frac{\omega_{10}}{\omega_{\alpha_0}} = \nu$ iſt, ſo folgt die fundamentale Beziehung:

$$\frac{\omega_1\alpha - \omega_0\alpha}{\omega n\alpha - \omega_0\alpha} = \nu, \qquad 1.$$

aus der, wenn zwei von den drei Drehgeſchwindigkeiten gegeben ſind, die dritte berechnet werden kann. Wird dieſes doppelwirkige Umlaufgetriebe nun ſo angeordnet, daß die Achſe 0n des Rades n mit der im Geſtell α gelagerten Achſe 01 koinzidiert, dann drehen ſich die Räder 1, n und das Glied 0 um die gemeinſame Achſe 01 im Geſtell α, und in dieſer Geſtaltung erhalten wir ein Differentialgetriebe oder Differentialräderwerk, weil die Drehgeſchwindigkeit $\omega_1 n$ des Rades 1 in bezug auf das koaxiale Rad n der Differenz der Drehgeſchwindigkeiten $\omega_1\alpha$, $\omega_0\alpha$ des Rades 1 und des Gliedes 0 proportional iſt. Denn es iſt: $\omega_1 n = \omega_1\alpha - \omega n\alpha$, und demnach folgt aus der Gleichung 1.:

$$\omega_1 n = \left(1 - \frac{1}{\nu}\right)(\omega_1\alpha - \omega_0\alpha). \qquad 2.$$

In der Praxis wird meiſtens die Anzahl der Räder $n = 3$ genommen, wie bei dem in Fig. 2 gezeichneten Differentialgetriebe, das im weſentlichen aus den beiden Rädern 1, 3 und dem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Doppelrade 2-2′ beſteht. Das Rad 1 iſt auf der im Geſtell α gelagerten Welle W_1 befeſtigt und das Rad 3 iſt mit ſeiner Nabe c loſe auf dieſelbe geſetzt. Die Achſe 02 des umlaufenden Doppelrades 2-2′ iſt in dem ebenfalls auf der Welle W_1 loſe rotierenden Rad 0 gelagert, das jenes Glied 0 der Fig. 1 vertritt und von dem auf einer Welle W_I befeſtigten, im Geſtell α drehbaren Rade I getrieben wird. Wenn nun die Welle W_1 und die Welle W_I des Rades I gleichzeitig in Drehung verſetzt werden, dann iſt das Differentialgetriebe zwangläufig. Iſt beiſpielsweiſe in Fig. 2 das Ueberſetzungsverhältnis $\nu = \frac{r'_2 \cdot r'_3}{r_1 \cdot r_2} = \frac{z'_2 \cdot z'_3}{z_1 \cdot z_2} = 2$, dann ergibt ſich aus 2. für die Drehgeſchwindigkeit ω_{13} des Rades 1 gegen das Rad 3, $\omega_{13} = \frac{1}{2}(\omega_{1\alpha} - \omega_{0\alpha})$. Werden die Räder 1 und 0 bezw. mit den Drehgeſchwindigkeiten $\omega_{1\alpha}$, $\omega_{0\alpha}$ in gleichen Sinne im Geſtell α gedreht, ſo iſt die Drehgeſchwindigkeit ω_{13} in dieſem Falle gleich der halben Differenz der Drehgeſchwindigkeiten der Räder 1 und 0. Drehen ſich aber dieſe beiden Räder entgegengeſetzt, dann iſt die Drehgeſchwindigkeit ω_{13} gleich der der halben Summe ihrer Drehgeſchwindigkeiten. — In Fig. 3 iſt ein Differentialgetriebe mit Kegelrädern gezeichnet [2]. Das Kegelrad 1 iſt auf der im Geſtell α gelagerten Welle W_1 feſt, und auf dieſer Welle iſt das gleich große Kegelrad 3 ſowie das Stirnrad 0 loſe drehbar. In dem Stirnrade 0 iſt die Achſe des umlaufenden Kegelrades 2 radial gelagert, und wegen der Ausgleichung der Maſſen iſt noch ein gleiches zweites Kegelrad 2′ in derſelben Weiſe eingeſetzt. Die beiden umlaufenden Kegelräder 2, 2′ greifen beiderſeits in die Kegelräder 1, 3; und da dieſe gleich ſind, ſo ſind die Drehungen der Kegelräder 1, 3 in bezug auf das Stirnrad 0, das durch die Welle W_I vermittelſt des Rades I getrieben wird, entgegengeſetzt gleich. Es iſt alſo das Ueberſetzungsverhältnis $\nu = -1$, und folglich ergibt ſich aus 2. die Drehgeſchwindigkeit $\omega_{13} = 2(\omega_{1\alpha} - \omega_{0\alpha})$. Aus 1. erhalten wir in dieſem Fall, wenn wir den Rädern 1, 3 entgegengeſetzte Drehungen erteilen, alſo $+\omega_{1\alpha}$ und $-\omega_{3\alpha}$ einſetzen, $\omega_{0\alpha} = \frac{1}{2}(\omega_{1\alpha} - \omega_{3\alpha})$. Die Drehgeſchwindigkeit des Rades 0 gegen das Geſtell α iſt hiernach gleich der halben Differenz der Drehgeſchwindigkeiten der Räder 1, 3. In dieſem Falle wird das Rad 0 ein Differentialrad genannt. Auf die mannigfaltigen Anwendungen der Differentialgetriebe in der Praxis wies Pecqueur [3] hin, und verſchiedene Geſtaltungen der Differentialgetriebe teilte Bock [4] mit.

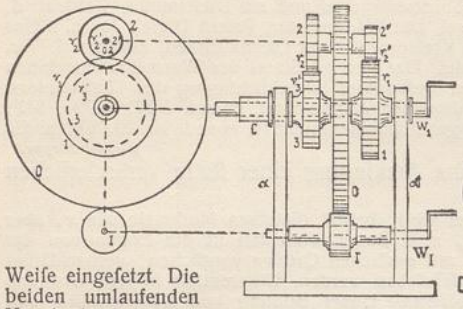


Fig. 2.

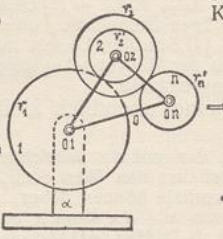


Fig. 1.

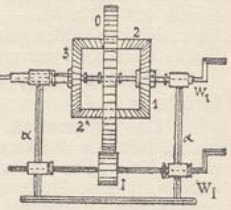


Fig. 3.

Literatur: [1] Burmeſter, Lehrb. d. Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 503. — [2] Houldsworth Specification Nr. 5316 vom 16. Januar 1826; Polytechniſches Journal 1828, Bd. 30, S. 89. — [3] Pecqueur, Brevet 19 août 1824; Descriptions des machines t. 39, p. 66, und überſetzt in Demme, Der praktiſche Maſchinenbauer 1842, 9. Liefg., S. 20. — [4] Bock, Ueber Differentialräderwerke, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1879, Bd. 33, S. 411. *Burmeſter.*

Differentialgleichungen, Gleichungen, in denen außer den unabhängigen und abhängigen Veränderlichen auch Differentialquotienten der letzteren nach den erſteren vorkommen. Man unterſcheidet zunächſt totale Differentialgleichungen, bei denen nur eine unabhängige Veränderliche vorkommt, und partielle Differentialgleichungen, die mehrere unabhängige Veränderliche und demgemäß partielle Differerentialquotienten nach denſelben enthalten.

Die **totalen Differentialgleichungen** entſtehen aus gewöhnlichen Gleichungen mit gewiſſen Konſtanten (Parameter), indem man nach der unabhängigen Veränderlichen differenziert und die Parameter eliminiert, z. B.:

$$x^2 + y^2 - 2ax = 0 \text{ gibt } 2x + 2y\frac{dy}{dx} - 2a = 0, \text{ alſo } x^2 - y^2 + 2xy\frac{dy}{dx} = 0.$$

Auf Differentialgleichungen führen nicht nur viele Probleme der Mathematik, ſondern auch ſolche der Mechanik und Phyſik, die für die Technik von Bedeutung ſind. Iſt eine Differentialgleichung gegeben, ſo gilt es, dieſelbe zu integrieren, d. h. die gewöhnliche Gleichung zu finden, durch deren Differentiation die gegebene Differentialgleichung entſteht. Die ſo gefundene Gleichung, die alſo noch willkürliche Konſtanten (Parameter) enthält, heißt das vollſtändige Integral der Differentialgleichung. Durch Spezialiſierung der Konſtanten entſteht daraus ein partikuläres Integral. Die Differentialgleichung $x^2 - y^2 + 2xy\frac{dy}{dx} = 0$ hat z. B. das vollſtändige Integral: $x^2 + y^2 - 2ax = 0$ (wo a ein Parameter), und ein partikuläres Integral wäre etwa:

$$x^2 + y^2 - 4x = 0 \text{ (mit } a = 2).$$

Je nach der höchſten Ableitung, die vorkommt, werden die Differentialgleichungen in verſchiedene Ordnungen eingeteilt; die betreffende Zahl iſt zugleich diejenige der Konſtanten des vollſtändigen Integrals.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

I. Differentialgleichungen erſter Ordnung mit zwei Veränderlichen.

Dieſelben enthalten nur die erſte Ableitung $\frac{dy}{dx}=y'$; die vollſtändigen Integrale beſitzen daher eine Konſtante und können gedeutet werden als Gleichungen von einfachen Kurvenſcharen (Integralkurven) in der Ebene. Die Differentialgleichung liefert für einen beliebigen Punkt x, y das zugehörige y', alſo die Richtung der durch den Punkt hindurchgehenden Scharkurve. Iſt die Differentialgleichung linear, d. h. vom erſten Grad in y', ſo geht durch jeden Punkt der Ebene nur eine Scharkurve. Die Differentialgleichungen erſter Ordnung drücken Tangentialeigenſchaften der zugehörigen Kurvenſcharen aus.

a) Integration der linearen Differentialgleichungen erſter Ordnung. Eine ſolche kann (durch Multiplikation mit dx) auf die Form $\varphi\,dx+\psi\,dy=0$ gebracht werden. Iſt nun φ nur eine Funktion von x allein, ψ eine ſolche von y allein, ſo ſind „die Veränderlichen getrennt", man kann integrieren: $\int\varphi\,dx+\int\psi\,dy=C$ (vollſtändiges Integral) [1], S. 18, [2], S. 62. Läßt ſich die Trennung der Veränderlichen nicht unmittelbar herbeiführen, ſo muß man ſich durch Einführung neuer Veränderlicher zu helfen ſuchen.

α) Homogene Differentialgleichungen, ſolche, bei denen alle Terme der Funktionen φ und ψ vom gleichen Geſamtgrad in bezug auf x und y ſind. Setzt man alsdann $y=tx$, alſo $dy=t\,dx+x\,dt$, ſo kann man die Veränderlichen trennen. Beiſpiel: $(x^2-y^2)\,dx+2xy\,dy=0$ liefert $x^2+y^2-2ax=0$ [1], S. 23, [2], S. 65.

β) Eulerſche Form der Differentialgleichungen $\frac{dy}{dx}+Py=Q$, wo P und Q Funktionen von x allein ſind. Auflöſung: $y=e^{-\int P dx}\left(\int Q e^{\int P dx}dx+C\right)$ [2], S. 73. Die erweiterte Eulerſche Form: $\frac{dy}{dx}+Py=Qy^n$ kommt durch die Subſtitution $z=\frac{1}{y^{n-1}}$ auf die Eulerſche Form zurück [2], S. 76.

γ) Exakte Differentialgleichungen heißen ſolche Differentialgleichungen, die genau in der Form, in der ſie gegeben ſind: $\varphi\,dx+\psi\,dy=0$ durch Ableitung einer Funktion $F(x,y)=C$ entſtanden ſind. Als Kriterium hierfür hat man: $\frac{\partial\varphi}{\partial y}=\frac{\partial\psi}{\partial x}$. Iſt dieſes erfüllt, ſo iſt $\int\varphi\,\partial x+\int\left(\psi-\frac{\partial\int\varphi\,\partial x}{\partial y}\right)\partial y=C$. Hierbei iſt im Integral $\int\varphi\,\partial x$ die Größe y als Konſtante zu behandeln; dagegen iſt die Funktion unter dem zweiten Integralzeichen nur von y abhängig. Beiſpiel: $(x^2-4xy-2y^2)\,dx+(y^2-4xy-2x^2)\,dy=0$ liefert $\frac{1}{3}x^3-2x^2y-2xy^2+\frac{1}{3}y^3=C$ [2], S. 105.

δ) Integrierender Faktor. Durch Ableiten des vollſtändigen Integrals $F(x,y)=C$ entſteht immer eine exakte Differentialgleichung $\frac{\partial F}{\partial x}dx+\frac{\partial F}{\partial y}dy=0$. Aber $\frac{\partial F}{\partial x}$ und $\frac{\partial F}{\partial y}$ können einen gemeinſamen Faktor haben, der natürlich in der gegebenen Differentialgleichung wegbleibt. Dieſelbe iſt daher nicht mehr exakt, kann aber durch Zufügung dieſes ſogenannten „integrierenden Faktors" wieder exakt gemacht werden, z. B. aus $\frac{x^2+y^2}{2x}=a$ entſteht $\frac{(x^2-y^2)\,dx+2xy\,dy}{x^2}=0$, daher iſt $\frac{1}{x^2}$ der integrierende Faktor von $(x^2-y^2)\,dx+2xy\,dy=0$ [2], S. 106.

ε) Die Riccatiſche Gleichung $\frac{dy}{dx}+ay^2=bx^m$ iſt integrierbar, wenn m eine Zahl von der Form $\frac{-4r}{2r-1}$ iſt (wo r eine ganze poſitive Zahl bedeutet). Setzt man nämlich $y=\frac{1}{2ax}+\frac{z}{x^2}$; $z=\frac{1}{w}$; $x=u^{\frac{1}{m+3}}$, ſo kommt man wieder auf eine Riccatiſche Gleichung, bei der jetzt aber an Stelle von m der Wert $m_1=\frac{-4(r-1)}{2(r-1)-1}$ ſteht. So läßt ſich r ſukzeſſive erniedrigen; für $r=0$ iſt $m=0$, und die Veränderlichen ſind trennbar. Iſt m von der Form $\frac{-4r}{2r+1}$, ſo läßt ſich dieſer Fall mittels der Subſtitution $x=t^{\frac{1}{m+1}}$; $y=\frac{1}{u}$ auf den vorigen zurückführen [1], S. 195, [2], S. 78. Iſt aber m eine beliebige Zahl, ſo kann die Riccatiſche Gleichung nur vermittelſt Beſſelſcher Funktionen (ſ. d.) integriert werden [1], S. 199.

ζ) Ein tieferes Verſtändnis für die verſchiedenen Methoden, die linearen Differentialgleichungen erſter Ordnung zu integrieren, ermöglicht die Lehre von den Transformationsgruppen (ſ. Gruppentheorie) [6]. Dieſe Methoden erſcheinen hier als Ausfluß einer allgemeineren Theorie und es wird insbeſondere auch in die Bedeutung des integrierenden Faktors eine tiefere Einſicht gewonnen [6], S. 95.

b) Differentialgleichungen erſter Ordnung von höherem Grad. Kommt die Ableitung $p=\frac{dy}{dx}$ in höherem Grad in einer Differentialgleichung $F(x,y,p)=0$ vor, ſo gehen durch jeden Punkt der Ebene mehrere (reelle oder imaginäre) Integralkurven. Die Kurvenſchar des vollſtändigen Integrals $f(x,y,C)=0$ beſitzt alsdann eine Umhüllungskurve, die ſinguläre Integralkurve. Ihre Gleichung, das ſinguläre Integral, das im allgemeinen von den partikulären Integralen verſchieden iſt, erhält man entweder durch Elimination von p zwiſchen $F=0$ und $\frac{\partial F}{\partial p}=0$ oder durch Elimination der Konſtanten C zwiſchen $f=0$ und $\frac{\partial f}{\partial C}=0$. Doch muß dieſelbe noch darauf unterſucht werden, ob ſie wirklich ein Integral der Differential-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gleichung ist; die betreffende Kurve ist nämlich unter Umständen nicht eine Umhüllung, sondern der Ort von Rückkehrpunkten oder andern singulären Punkten der Integralkurven.

c) Entscheidung, ob eine gegebene Gleichung $f=0$ ein vollständiges, partikuläres oder singuläres Integral der Differentialgleichung $F(x,y,p)=0$ ist oder nicht.

α) Eine Gleichung $f(x,y,C)=0$ mit willkürlichen Konstanten C (d. h. mit einer Konstanten, die in $F=0$ nicht vorkommt) ist das vollständige Integral von $F=0$, wenn durch Elimination von C aus $f=0$ und $\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}p=0$ eine mit $F=0$ übereinstimmende Differentialgleichung entsteht.

β) Eine Gleichung $f=0$ ohne willkürliche Konstante ist überhaupt ein Integral von $F=0$, wenn bei Elimination von y und p aus $f=0$; $\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}p=0$ und $F=0$ auch x herausfällt.

γ) Das Integral $f=0$ ohne willkürliche Konstante ist ein singuläres, wenn außerdem bei Elimination von y und p aus $f=0$; $\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}p=0$ und $\frac{\partial F}{\partial p}=0$ auch x herausfällt; andernfalls ist $f=0$ ein partikuläres Integral.

d) Integration von Differentialgleichungen erster Ordnung höheren Grads.

α) Ist gegeben $x=f(p)$, so ist $y=\int p\frac{df}{dp}dp+C$, womit x und y in Funktion des Parameters p gegeben sind [2], S. 92.

β) Ist gegeben $y=f(p)$, so ist $x=\int\frac{1}{p}\frac{df}{dp}dp+C$ [2], S. 93.

γ) Clairautsche Form: $y=px+f(p)$; vollständiges Integral $y=Cx+f(C)$, also immer eine Geradenschar. Dieselbe umhüllt die Kurve des singulären Integrals: $\left\{\begin{matrix}x=-f'(p)\\y=-pf'(p)+f(p)\end{matrix}\right\}$ [1], S. 3, [2], S. 94.

δ) Erweiterte Clairautsche Form: $y=x\varphi(p)+f(p)$ gibt durch Differentiation: $\frac{dx}{dp}-\frac{\frac{d\varphi}{dp}}{p-\varphi}x=\frac{\frac{df}{dp}}{p-\varphi}$, also eine Eulersche Form (s. oben α, β).

II. Differentialgleichungen höherer Ordnung.

Eine Differentialgleichung n-Ordnung enthält die n-Ableitung von y nach x; ihr vollständiges Integral besitzt daher n willkürliche Konstanten und ist somit die Gleichung einer n-fachen Kurvenschar. Die Differentialgleichungen zweiter Ordnung stellen Krümmungseigenschaften der zugehörigen Scharkurven dar. Für die linearen Differentialgleichungen n-Ordnung (in denen y und seine Differentialquotienten nur im ersten Grad vorkommen) gilt der Satz: Sind $y_1=0$, $y_2=0\ldots y_n=0$, n unabhängige partikuläre Integrale derselben, so ist: $C_1y_1+C_2y_2+\ldots+C_ny_n=0$ das vollständige Integral.

a) Integration der linearen Differentialgleichungen höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten ohne Absolutglied: $y^{(n)}+A_1y^{(n-1)}+\ldots+A_{n-1}y'+A_ny=0$ [1], Kap. 3, [2], Kap. 4. Es seien $\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_n$ die Wurzeln der Hilfsgleichung: $x^n+A_1x^{n-1}+\ldots.+A_{n-1}x+A_n=0$, so sind e^{α_1x}, $e^{\alpha_2x}\ldots e^{\alpha_nx}$ partikuläre Integrale und $y=C_1e^{\alpha_1x}+C_2e^{\alpha_2x}\ldots+C^ne^{\alpha_nx}$ das vollständige Integral.

α) Ist α_1 eine r-fache Wurzel der Hilfsgleichung, so sind die zugehörigen partikulären Integrale: e^{α_1x}; $xe^{\alpha_1x}\ldots x^{r-1}e^{\alpha_1x}$.

β) Sind $\alpha_1\pm i\beta_1$ zwei komplex konjugierte Wurzeln der Hilfsgleichung, so sind die zugehörigen partikulären Integrale: $e^{\alpha_1x}\cos\beta_1x$ und $e^{\alpha_1x}\sin\beta_1x$.

b) Komplementäre Funktion. Besitzt die unter a) behandelte Differentialgleichung als Absolutglied eine Funktion von x auf der rechten Seite, so ist zunächst die Differentialgleichung mit Weglassung des Absolutglieds zu integrieren. Dem vollständigen Integral (in [1] irrtümlich komplementäre Funktion genannt) ist dann noch ein partikuläres Integral, die sogenannte komplementäre Funktion oder Störungsfunktion Φ beizufügen; dieselbe ist in einzelnen Fällen leicht zu ermitteln:

α) Ist X eine ganze rationale Funktion n. Grads, so ist Φ eine ebensolche Funktion mit unbestimmten Koeffizienten.

β) Ist X eine Exponentialfunktion e^{ax}, so ist $\Phi=ce^{ax}$; wenn aber α eine Wurzel der Hilfsgleichung ist, so ist $\Phi=cxe^{ax}$ u. s. w.

γ) Ist X eine goniometrische Funktion $\sin\beta x$ oder $\cos\beta x$ (oder beide zusammen), so ist $\Phi=c_1\sin\beta x+c_2\cos\beta x$ (sie muß ebenfalls mit x multipliziert werden, wenn $\sin\beta x$ und $\cos\beta x$ schon im vollständigen Integral vorkommen).

δ) In ähnlicher Weise ist zu verfahren, wenn X eine Funktion von x, e^{ax}, $\sin\beta x$ oder $\cos\beta x$ ist, z. B. $e^{ax}\sin\beta x$ u. s. w. Die unbestimmten Koeffizienten von Φ werden durch Einsetzen bestimmt.

c) Variation der Konstanten [1], S. 113. Ist das Absolutglied von andrer Form, als unter b) angegeben wurde, so werden im vollständigen Integral der Differentialgleichung ohne Absolutglied die Konstanten $C_1\,C_2\ldots C_n$ als Funktionen von x betrachtet. Ihre Ableitungen $C_1'\,C_2'\ldots C_n'$ bestimmen sich nun aus den Gleichungen:

$$\left\{\begin{matrix}0=C_1'y_1+C_2'y_2+\ldots+C_n'y_n\\0=C_1'y_1'+C_2'y_2'+\ldots+C_n'y_n'\\\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\0=C_1'y_1^{(n-2)}+C_2'y_2^{(n-2)}+\ldots+C_n'y_n^{(n-2)}\\X=C_1'y_1^{(n-1)}+C_2'y_2^{(n-1)}+\ldots+C_n'y_n^{(n-1)}\end{matrix}\right\}$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Methode ist auch auf lineare Differentialgleichungen mit veränderlichen Koeffizienten anwendbar, wenn man nur n partikuläre Integrale derselben kennt.

d) Integration von linearen Differentialgleichungen höherer Ordnung mit veränderlichen Koeffizienten. Von Wichtigkeit ist folgender Fall: $(a+\alpha x)^n y^{(n)} + A_1 (a+\alpha x)^{n-1} y^{(n-1)} + \ldots + A_{n-1}(a+\alpha x) y' + A_n y = X$, wo $A_1 \ldots A_n$ Konstanten sind. Durch die Substitution $a+\alpha x = \alpha e^t$ kommt man auf den unter a) behandelten Fall zurück [1], S. 28, [2], S. 199.

III. Integration von Differentialgleichungen mittels Reihen [1], Kap. 5, [2], S, 219.

Wenn die seither angegebenen Methoden versagen, so schreibt man y als Reihe nach steigenden (resp. fallenden) Potenzen von x mit unbestimmten Exponenten und Koeffizienten an, setzt dieselbe in die Differentialgleichung ein und bestimmt die Koeffizienten und Exponenten durch Koeffizientenvergleichung. Statt der Reihen können auch bestimmte Integrale gute Dienste leisten [1], Kap. 7, [2], S. 236,

IV. Differentialgleichungen mit mehr als zwei Veränderlichen.

a) Ist eine einzige solche gegeben, so gelingt es in einzelnen Fällen, die Veränderlichen zu trennen [2], z. B. S. 119. Die Differentialgleichung $\frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{dy}{\sqrt{1-y^2}} = \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}$ besitzt das transzendente Integral: arc sin x + arc sin y = arc sin t und das ihm gleichwertige algebraische $x\sqrt{1-y^2} + y\sqrt{1-x^2} = t$.

b) Der Inbegriff von mehreren Differentialgleichungen mit mehreren abhängigen Veränderlichen heißt: simultane (gleichzeitige) Differentialgleichungen. Man bestimmt eine der Veränderlichen, indem man die übrigen samt ihren Ableitungen eliminiert; hierbei hat man eventuell die gegebenen Differentialgleichungen erst noch abzuleiten [1], S. 299.

Literatur: Von den untengenannten Werken sind zum Studium in erster Linie [1] und [2] zu empfehlen. Die Werke [3], [4] und [8] handeln speziell von linearen Differentialgleichungen; [3] und [5] benutzen funktionentheoretische Hilfsmittel und eignen sich mehr zum tieferen Eindringen; [6] steht auf dem Standpunkt der Transformationsgruppentheorie. — [1] Forsyth, A. R., Lehrbuch der Differentialgleichungen, herausgegeben von H. Maser, Braunschweig 1889. — [2] Serret, J. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, deutsch von A. Harnack, Bd. 2, 2. Hälfte, Leipzig 1885. — [3] Schlesinger, L., Handbuch der Theorie der linearen Differentialgleichungen I—II, Leipzig 1895—98. — [4] Heffter, L., Einleitung in die Theorie der linearen Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variabeln, Leipzig 1894. — [5] Königsberger, L., Lehrbuch der Theorie der Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variabeln, Leipzig 1889. — [6] Lie, S., Vorlesungen über Differentialgleichungen mit bekannten infinitesimalen Transformationen, herausgegeben von Scheffers, Leipzig 1891. — [7] Forsyth, A. R., Exakte Gleichungen und das Pfaffsche Problem, deutsch von Maser, Leipzig 1893. — [8] Klein, F., Vorlesungen über lineare Differentialgleichungen zweiter Ordnung, Leipzig 1894. — [9] Liebmann, H., Lehrbuch der Differentialgleichungen, Leipzig 1901. — [10] Schlesinger, L., Einführung in die Theorie der Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variabeln, 2. Aufl., Leipzig 1904.

Die **partiellen Differentialgleichungen** entstehen durch partielle Ableitung einer gewöhnlichen Gleichung nach den unabhängigen Veränderlichen und Elimination von Funktionen; z. B. aus $z = \varphi(x^2+y^2+z^2)$ erhält man

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 2\varphi'(x^2+y^2+z^2)\left(x + z\frac{\partial z}{\partial x}\right); \quad \frac{\partial z}{\partial y} = 2\varphi'(x^2+y^2+z^2)\left(y + z\frac{\partial z}{\partial y}\right).$$

Durch Elimination von φ' entsteht $x\frac{\partial z}{\partial y} - y\frac{\partial z}{\partial x} = 0$. — Geometrisch gedeutet, gehört eine partielle Differentialgleichung nicht einer Schar von Flächen, sondern einer Familie von solchen an, d. h dem Inbegriff aller Flächen, die eine gewisse Eigenschaft besitzen.

Beispiele: $\alpha p + \beta q = \gamma$ Differentialgleichung aller Zylinderflächen, deren Mantellinien der Geraden $\frac{x}{\alpha} = \frac{y}{\beta} = \frac{z}{\gamma}$ parallel sind; $p(x-a) + q(y-b) = z - c$ Differentialgleichung aller Kegelflächen mit Mittelpunkt $\left(\frac{a}{c}, \frac{b}{c}\right)$; $px + qy = 0$ Differentialgleichung aller Konoidflächen mit der xy-Ebene als Richtebene und der z-Achse als Leitgerade; $qx - py = 0$ Differentialgleichung aller Umdrehungsflächen mit der z-Achse als Drehungsachse; $rt - s^2 = 0$ Differentialgleichung aller abwickelbaren Flächen u. s. w.

Eine partielle Differentialgleichung integrieren, heißt die gewöhnliche Gleichung suchen, durch deren partielle Ableitung erstere entstanden ist. Bei linearen partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung genügt es, zwei partikuläre Integrale u und v zu kennen; denn alsdann ist $u = \varphi(v)$ die allgemeine Lösung, wo φ eine willkürliche Funktion ist. Die Flächenscharen $u = c_1$ und $v = c_2$ schneiden sich in Kurven, die als Charakteristiken der betreffenden Flächenfamilie bezeichnet werden und deren je unendlich viele auf einer Fläche der Familie liegen. In obigem Beispiel sind die Charakteristiken $\left\{\begin{matrix} z = c_1 \\ x^2+y^2+z^2 = c_2 \end{matrix}\right\}$ horizontale Kreise, die ihre Mittelpunkte auf der z-Achse haben; je unendlich viele derselben liegen auf einer Umdrehungsfläche.

Die Integration der linearen partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung von der Form $Pp + Qq = R$ (wo P, Q und R Funktionen von xyz sind) erfolgt durch Integration der simultanen totalen Differentialgleichungen: $\frac{dx}{P} = \frac{dy}{Q} = \frac{dz}{R}$. Die vollständigen Integrale derselben $u = c_1$ und $v = c_2$ sind partikuläre Integrale der partiellen Differentialgleichung, daher $u = \varphi(v)$ die allgemeine Lösung. Partielle Differentialgleichungen zweiter Ordnung kommen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

vielfach in der mathematiſchen Phyſik vor (ſ. [5]); z. B. in der Theorie der Saitenſchwingungen die Differentialgleichung $r = a^2 t$ mit der Löſung $z = \varphi(y + \alpha x) + \psi(y - \alpha x)$ und bei der Wärmebewegung die Differentialgleichung: $p = a^2 t$ mit den partikulären Integralen

$$e^{-a^2\alpha^2 x} \cos\alpha(y - \lambda) \text{ und } e^{-a^2\alpha^2 x} \sin\alpha(y - \lambda),$$

wo α und λ Konſtanten ſind. Wegen der Zeichen (p, q, r, t) vgl. Differentialquotient.

Literatur: Von den hier angeführten Werken beſchränken ſich [3] und [4] auf partielle Differentialgleichungen erſter Ordnung; [4] bedient ſich der Berührungstransformationen (ſ. Gruppentheorie). In [5] finden ſich Anwendungen auf mathematiſche Phyſik. — [1] Forſyth, Lehrbuch der Differentialgleichungen, deutſch von Maſer, Braunſchweig 1889, Kap. 9 und 10. — [2] Serret, J. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, Bd. 2, zweite Hälfte, Leipzig 1885, Kap. 6. — [3] Manſion, Theorie der partiellen Differentialgleichungen erſter Ordnung, 2. Aufl., Berlin 1892. — [4] Gourſat, E., Vorleſungen über die Integration der partiellen Differentialgleichungen erſter Ordnung, deutſch von Maſer, Leipzig 1893. — [5] Weber, A., Die partiellen Differentialgleichungen der mathematiſchen Phyſik, Bd. 1 und 2, Braunſchweig 1900—01. — [6] Dienger, J., Integration der partiellen Differentialgleichungen, Stuttgart 1862. — [7] Lagrange, J. L., und Cauchy, A. L., Zwei Abhandlungen zur Theorie der partiellen Differentialgleichungen erſter Ordnung, herausgegeben von G. Kowalewski, Leipzig 1901. — [8] Pfaff, J. F., Allgemeine Methode, partielle Differentialgleichungen zu integrieren, herausgegeben von G. Kowalewski, Leipzig 1902. — [9] v. Weber, E., Vorleſungen über das Pfaffſche Problem und die Theorie der partiellen Differentialgleichungen 1. Ordnung, Leipzig 1900. *Wölffing.*

Differentialgleichungen der Bewegung. Sind x, y, z die rechtwinkligen Koordinaten eines Punktes M als Funktion der Zeit t gegeben, ſo ſtellen deren erſte Differentialquotienten nach t die Komponenten ſeiner Geſchwindigkeit v und die zweiten Differentialquotienten derſelben die Komponenten ſeiner Beſchleunigung φ dar; die Maſſe m des Punktes, multipliziert mit den erſteren, gibt die Komponenten der Momentankraft mv, multipliziert mit den letzteren die Komponenten der beſchleunigenden Kraft $m\varphi$. Sind umgekehrt die Komponenten X, Y, Z der beſchleunigenden Kraft gegeben, ſo nennt man die Gleichungen:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = X,\ m\frac{d^2y}{dt^2} = Y,\ = \frac{d^2z}{dt^2} = Z$$

gewöhnlich die Differentialgleichungen der freien Bewegung des Punktes. Darin können die Größen X, Y, Z aber t, x, y, z, $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dy}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$ enthalten; auch iſt es nicht notwendig, daß dieſe Gleichungen in der hier vorliegenden aufgelöſten Form gegeben ſind, vielmehr nennt man im allgemeinen drei Gleichungen zwiſchen t, x, y, z, $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dy}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$, $\frac{d^2x}{dt^2}$, $\frac{d^2y}{dt^2}$, $\frac{d^2z}{dt^2}$ die Differentialgleichungen (zweiter Ordnung) der Bewegung eines Punktes. Die Integration eines ſolchen Syſtems ſimultaner Differentialgleichungen führt zur Kenntnis der durch ſie definierten Bewegung des Punktes; ihre drei erſten Integrale liefern, da ſie nur erſte Differentialquotienten enthalten, die Komponenten der Geſchwindigkeit, ihre zweiten Integrale, die frei von allen Differentialzeichen ſind, die Koordinaten des Punktes, durch die Zeit ausgedrückt. Ihre Integration führt ſechs Konſtanten ein, die dadurch beſtimmt werden können, daß die Werte der Komponenten der Geſchwindigkeit und die der Koordinaten für irgend eine Zeit, z. B. für $t = o$ bekannt ſind. Iſt der Punkt nicht frei, ſondern gezwungen, auf einer Kurve oder Fläche zu bleiben, ſo müſſen x, y, z außer den Gleichungen der Bewegung den Gleichungen der Kurve oder der Fläche genügen. In dieſem Falle werden die Differentialgleichungen der Bewegung mittels des D'Alembertſchen Prinzips (ſ. Prinzip) aufgeſtellt. Die Bedingungen können durch Beſchleunigungen (Druckbeſchleunigungen, Spannungsbeſchleunigungen u. ſ. w.) oder Kräfte (Drucke, Spannungen, Widerſtände u. ſ. w.) erſetzt werden. — Indem man andre Koordinaten als die Parallelkoordinaten x, y, z verwendet, nehmen die Bewegungsgleichungen von den obigen verſchiedene Formen an.

Mittels des D'Alembertſchen Prinzips laſſen ſich auch die Gleichungen der Bewegung eines Syſtems von n Maſſenpunkten, das k gegebenen Bedingungen genügt, aufſtellen. Sie beſtehen aus $3n$ Differentialgleichungen zweiter Ordnung und ſo vielen meiſt endlichen Gleichungen, als Bedingungen vorhanden ſind. In die Integrale gehen $6n - 2k$ Konſtanten ein, die durch Anfangslage und Anfangsgeſchwindigkeit der Syſtempunkte beſtimmt ſind. Durch Einführung paſſender Koordinaten laſſen ſich etwa vorhandene endliche Bedingungsgleichungen identiſch erfüllen, und die Bewegungsgleichungen reduzieren ſich auf $3n - k$ Differentialgleichungen zweiter Ordnung.

Beſteht ein Maſſenſyſtem aus unendlich vielen Punkten, wie z. B. ein ſtarrer Körper, ſo hängt der Charakter der Bewegungsgleichungen davon ab, wieviel Freiheitsgrade (ſ. d.) das Syſtem hat. Iſt die Anzahl der Freiheitsgrade endlich, ſo kann bei Einführung paſſender Koordinaten auch die Bewegung eines ſolchen Syſtems von ebenſoviel Differentialgleichungen zweiter Ordnung abhängig gemacht werden, als Freiheitsgrade vorhanden ſind. Es ſeien $q_1, q_2 \ldots q_\mu$ die voneinander unabhängigen Variabeln (neue Koordinaten), von denen die rechtwinkligen (urſprünglichen) Koordinaten der Maſſenpunkte abhängig ſind, z. B. $x_1 = f(q_1 \ldots q_\mu)$. Die Aenderungsgeſchwindigkeit $x' = \frac{dx}{dt}$ iſt dann eine homogene lineare Funktion der Aenderungsgeſchwindigkeiten $q_1' = \frac{dq_1}{dt} \ldots q_\mu' = \frac{dq_\mu}{dt}$, nämlich: $x' = \frac{\partial f}{\partial q_1} q_1' + \ldots + \frac{\partial f}{\partial q_\mu} q_\mu'$. Die lebendige Kraft T wird eine homogene quadratiſche Funktion der $q_1' \ldots q_\mu'$, weshalb man $2T = \frac{\partial T}{\partial q_1'} q_1' + \ldots + \frac{\partial T}{\partial q_\mu'} q_\mu'$ ſchreiben kann. Führt man in den

Ausdruck der Elementararbeit L die neuen Koordinaten ein und setzen wir voraus, daß eine Kräftefunktion U existiert, so wird: $dL = \frac{\partial U}{\partial q_1} dq_1 + \ldots + \frac{\partial U}{\partial q_\mu} dq_\mu$.

Die Veränderung der lebendigen Kraft T berechnet sich unter Berücksichtigung des Umstandes, daß T von den $q_1 \ldots q_\mu$ und $q_1' \ldots q_\mu'$ abhängt, folgendermaßen:

$$dT = \frac{\partial T}{\partial q_1} dq_1 + \ldots + \frac{\partial T}{\partial q_\mu} dq_\mu + \frac{\partial T}{\partial q_1'} dq_1' + \ldots + \frac{\partial T}{\partial q_\mu'} dq_\mu'.$$

Nun ist aber wegen $2T = \frac{\partial T}{\partial q_1'} q_1' + \ldots + \frac{\partial T}{\partial q_\mu'} q_\mu'$ auch:

$$2\,dT = d\left(\frac{\partial T}{dq_1'}\right) q_1' + \ldots + d\left(\frac{\partial T}{\partial q_\mu'}\right) q_\mu' + \frac{\partial T}{\partial q_1'} dq_1' + \ldots + \frac{\partial T}{dq_\mu'} dq_\mu'.$$

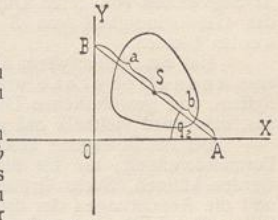
Durch Subtraktion der Gleichungen für $2\,dT$ und dT und Ersetzung der $q_1' \ldots q_\mu'$ durch $\frac{dq_1}{dt} \ldots \frac{dq_\mu}{dt}$ folgt:

$$dT = \left(\frac{d\frac{\partial T}{\partial q_1'}}{dt} - \frac{\partial T}{\partial q_1}\right) dq_1 + \ldots + \left(\frac{d\frac{\partial T}{\partial q_\mu'}}{dt} - \frac{\partial T}{\partial q_\mu}\right) dq_\mu,$$

was nach dem Satz von der Erhaltung der Kraft gleich dL sein muß. Da die so erhaltene Gleichung für alle Veränderungen $dq_1 \ldots dq_\mu$ der voneinander unabhängig vorausgesetzten neuen Koordinaten gelten muß, zerfällt sie in μ verschiedene Gleichungen:

$$\frac{d\frac{\partial T}{\partial q_1'}}{dt} - \frac{\partial T}{\partial q_1} = \frac{\partial U}{\partial q_1} \ldots \qquad \frac{d\frac{\partial T}{\partial q_\mu'}}{dt} - \frac{\partial T}{dq_\mu} = \frac{\partial U}{\partial q_\mu}.$$

Das sind die Lagrangeschen Bewegungsgleichungen zweiter Art, die bei einer endlichen Zahl von Freiheitsgraden unter Voraussetzung einer Kräftefunktion gelten.



Beispiel. Ein starrer Körper von der Masse M drehe sich um eine Achse, von der zwei Punkte in der Entfernung $a+b$ auf den Koordinatenachsen fortrücken. Der Schwerpunkt S des Körpers möge auf der Drehachse liegen; weitere Kräfte sollen nicht wirken ($U=0$). Es sollen die Differentialgleichungen der Bewegung aufgestellt werden. Das System hat zwei Freiheitsgrade: die Drehung um die Achse durch den Winkel q_1 und die Bewegung der Achse selbst, die durch den Winkel q_2, den sie mit der X-Achse einschließt (s. die Figur), festgelegt wird.

Die lebendige Kraft T des Körpers setzt sich aus der lebendigen Kraft der Bewegung des Schwerpunktes und der lebendigen Kraft der Bewegung um den Schwerpunkt zusammen. Erstere ist $\frac{M}{2}(a^2 \sin^2 q_2 + b^2 \cos^2 q_2) q_2'^2$. Die Bewegung um den Schwerpunkt setzt sich aus einer Drehung um die Achse AB mit der Winkelgeschwindigkeit q_1' und einer Drehung um eine in S zur Papierebene senkrechte Achse mit der Winkelgeschwindigkeit q_2' zusammen. Sind die zu den Achsen gehörigen Trägheitsmomente J_1 und J_2, so wird die gesamte lebende Kraft:

$$T = \tfrac{1}{2}\left(M(a^2 \sin^2 q_2 + b^2 \cos^2 q_2) q_2'^2 + J_1 q_1'^2 + J_2 q_2'^2\right).$$

Die Differentialgleichung für die Bewegung werden daher in diesem Falle:

$$\frac{dJ_1 q_1'}{dt} = 0 \text{ und } \frac{d}{dt}\left\{\left(M(a^2 \sin^2 q_2 + b^2 \cos^2 q_2) + J_2\right) q_2'\right\} - M(a^2 - b^2) \sin q_1 \cos q_2 q_2'^2 = 0.$$

Oder an Stelle der zweiten Gleichung:

$$2\left(M(a^2 \sin^2 q_2 + b^2 \cos^2 q_2) + J_2\right) q_2'' + M(a^2 - b^2) \sin q_2 \cos q_2 q_1' = 0.$$

Aus der ersten Gleichung folgt $q_1' = C_1$ oder $q_1 = C_1 t + C_2$, worauf sich aus der zweiten t als Funktion von q_2 ausdrücken läßt.

Die Differentialgleichungen der Bewegung eines freien (oder auch eines in einem Punkte gestützten) starren Systems werden zumeist in einer von Euler eingeführten Form abgeleitet, bei der zunächst die Koordinaten x, y, z des Schwerpunktes und dann die drei Komponenten p, q, r der Winkelgeschwindigkeit um den Schwerpunkt als Funktionen der Zeit gesucht sind. Letztere sind keine Koordinaten im Sinne der Lagrangeschen Differentialgleichungen zweiter Art, die daher nicht unmittelbar angewendet werden können. Am einfachsten findet man die Eulerschen Differentialgleichungen durch Anwendung der beiden Prinzipien des Schwerpunktes und der Flächen. Für ein freies System sagt das erstere aus, daß der Schwerpunkt sich so bewegt, wie wenn die Gesamtmasse M in ihm vereinigt wäre und die Resultante der äußeren Kräfte mit den Komponenten $\Sigma X, \Sigma Y, \Sigma Z$ an ihm angriffe. Daher die drei Gleichungen:

$$M\frac{d^2 x_1}{dt^2} = \Sigma X, \quad M\frac{d^2 y_1}{dt^2} = \Sigma Y, \quad M\frac{d^2 z_1}{dt^2} = \Sigma Z.$$

Das Flächenprinzip sagt aus, daß die Geschwindigkeit, mit der sich das Achsenmoment der Bewegungsgröße ändert, gleich dem Achsenmoment der wirkenden äußeren Kräfte ist. Sind A, B, C die drei Hauptträgheitsmomente durch den Schwerpunkt, p, q, r die Komponenten der Winkelgeschwindigkeit um den Schwerpunkt, bezogen auf die drei Hauptträgheitsachsen, und L, M, N die Komponenten des Achsenmomentes der äußeren Kräfte, auf dieselben Achsen bezogen, so sind Ap, Bq, Cr die Komponenten des Achsenmomentes der Bewegungsgröße in bezug auf das bewegliche System der Trägheitsachsen; $A\frac{dp}{dt}, B\frac{dq}{dt}, C\frac{dr}{dt}$ sind die Aenderungsgeschwindigkeiten dieses Achsenmomentes im gleichen System. Hierzu hat noch die Führungsgeschwindigkeit (s. Bewegung, relative, Bd. 1, S. 768) des Punktes mit den Koordinaten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ap, Bq, Cr im beweglichen Syſtem zu treten, um die abſolute Aenderungsgeſchwindigkeit, die das Flächenprinzip verlangt, zu erhalten. Die Komponenten der Führungsgeſchwindigkeit ſind: $(C-B)qr$, $(A-C)rp$, $(B-A)pq$, daher die drei letzten Eulerſchen Gleichungen für die Bewegung um den Schwerpunkt:

$$A\frac{dp}{dt}+(C-B)qr=L,\quad B\frac{dq}{dt}+(A-C)rp=M,\quad C\frac{dr}{dt}+(B-A)pq=N.$$

Euler hat als Koordinaten des beweglichen Syſtems in bezug auf das feſte drei Winkel φ, ψ, ϑ eingeführt, welche die Lage des beweglichen Syſtems beſtimmen. Zieht man durch den Maſſenmittelpunkt S drei Achſen parallel den feſten Achſen der x, y, z, ſo bezeichnet ϑ den Winkel der Ebenen der xy und $x'y'$ oder alſo den Winkel der Achſen z, z'; die Schnittlinie dieſer beiden Ebenen SK wird die Knotenlinie k dieſer Ebenen genannt. Der Winkel ψ iſt der Winkel (k, x) dieſer Linie mit der x-Achſe und φ der Winkel (k, x'), den ſie mit der x'-Achſe bildet. Die Komponenten p, q, r von ω drücken ſich leicht durch die Differentialquotienten von φ, ψ, ϑ mit Hilfe folgender Formeln aus:

$$p=\frac{d\vartheta}{dt}\cos\varphi+\frac{d\psi}{dt}\sin\varphi\sin\vartheta,\quad q=-\frac{d\vartheta}{dt}\sin\varphi+\frac{d\psi}{dt}\cos\varphi\sin\vartheta,\quad r=\frac{d\varphi}{dt}+\frac{d\psi}{dt}\cos\vartheta.$$

Mit Hilfe derſelben werden die Eulerſchen Gleichungen zu drei Differentialgleichungen zweiter Ordnung zwiſchen φ, ψ, ϑ und t. Die ſechs Gleichungen der Bewegung beſtehen daher zwiſchen x_1, y_1, z_1; φ, ψ, ϑ, t, und ihre Integration führt 12 Konſtanten ein, die durch die Anfangswerte der Koordinaten des Maſſenmittelpunkts und der Eulerſchen Winkel in Verbindung mit den Anfangswerten von deren Differentialquotienten, nämlich den Anfangswerten der Komponenten der Geſchwindigkeit von S und der Komponenten der Winkelgeſchwindigkeit ω beſtimmt werden können.

Hat das Maſſenſyſtem keine endliche Zahl von Freiheitsgraden mehr, ſondern eine unendlich große wie bei Flüſſigkeiten oder elaſtiſchen Körpern, ſo reicht ein ſimultanes Syſtem von gewöhnlichen Differentialgleichungen zur Beſtimmung der Bewegung nicht mehr aus, man wird vielmehr auf partielle Differentialgleichungen geführt.

Bei der Bewegung eines kontinuierlichen Maſſenſyſtems entſtehen in allen ſeinen Punkten Formänderungen, die für kleine Bereiche durch eine affine Deformation (ſ. d.) dargeſtellt werden können. Sechs Größen, nämlich z. B. die Dehnungen in den drei Koordinatenrichtungen und die Aenderungen der drei rechten Winkel derſelben beſtimmen die Formänderung an einer Stelle. Durch die Formänderung wird in dem Maſſenſyſtem ein Spannungszuſtand geweckt, der ebenfalls durch ſechs Größen, z. B. die Druckſpannungen in den drei Koordinatenrichtungen und die Schubſpannungen in den Koordinatenebenen beſtimmt wird. Die Spannungen werden als lineare Funktionen der Formänderungen angeſetzt. Die Abhängigkeit der Spannungen von den Formänderungen iſt für die Art des Maſſenſyſtems (ob tropfbarflüſſig oder elaſtiſch u. ſ. w.) charakteriſtiſch.

Die durch eine beſtimmte Formänderung geweckten Spannungen wirken auf die Begrenzung eines Volumelementes ein, und dieſe Einwirkungen müſſen zuſammen mit dem Gewicht des Volumelementes nach dem D'Alembertſchen Prinzip der aus Maſſe und Beſchleunigung gerechneten Maſſenkraft gleich ſein. Auf dieſem Gedankengang beruht die Ableitung der Bewegungsgleichungen für kontinuierliche Maſſenſyſteme. Für elaſtiſche Syſteme mögen $\eta\,\zeta\,\xi$ Verſchiebungen eines Punktes mit den Koordinaten in der Ruhelage $x\,y\,z$ bezeichnen; es ſei ferner μ die Dichte (ſpezifiſche Maſſe), $\frac{1}{m}$ die Poiſſonſche Konſtante (zwiſchen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{3}$ gelegen), E der Elaſtizitätsmodul und $G=\frac{mE}{2(m+1)}$ der Schubelaſtizitätsmodul, ferner $e=\frac{\partial\xi}{\partial x}+\frac{\partial\eta}{\partial y}+\frac{\partial\zeta}{\partial z}$ (ſpezifiſche Volumänderung) und Δ der Laplaceſche Operator $\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}$, ſo lauten die partiellen Differentialgleichungen der Bewegung elaſtiſcher Syſteme:

$$\Delta\xi+\frac{m}{m-2}\frac{\partial e}{\partial x}+\frac{X}{G}=\frac{\mu}{G}\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2},$$
$$\Delta\eta+\frac{m}{m-2}\frac{\partial e}{\partial y}+\frac{Y}{G}=\frac{\mu}{G}\frac{\partial^2\eta}{\partial t^2},$$
$$\Delta\zeta+\frac{m}{m-2}\frac{\partial e}{\partial z}+\frac{Z}{G}=\frac{\mu}{G}\frac{\partial^2\zeta}{\partial t^2}.$$

X, Y, Z ſind dabei die auf die Volumeinheit bezogenen äußeren Kräfte, die ſich bei Annahme der Schwerkraft auf $X=o$, $Y=o$, $Z=\mu g$ reduzieren. Die Ableitung dieſer Gleichungen beruht auf der Gültigkeit des Hookeſchen Geſetzes von der Proportionalität der Spannungen und Dehnungen. Die wichtigſten Unterſuchungen über die Differentialgleichungen der Bewegung verdankt man Jacobi (Vorleſungen über Dynamik, Berlin 1866) und Helmholtz. — Ausführliches u. a. bei Routh, Die Dynamik der Syſteme ſtarrer Körper, 2 Bde., Leipzig 1898. ***Finſterwalder.***

Differentialhafpel (chineſiſcher Haſpel), ſ. v. w. Differentialwinde (ſ. d.).

Differentiallampe, ſ. Bogenlampen, S. 172.

Differentialmetazentrum, ſ. Metazentrum.

Differentialquotient (Ableitung) einer Funktion $y=f(x)$ von x heißt der Grenzwert, dem der Bruch $\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}=\frac{\Delta y}{\Delta x}$ bei fortwährendem Abnehmen des Zuwachſes Δx zuſtrebt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dieſer Grenzwert kann aber nur dann einen endlichen, vom Vorzeichen von Δx unabhängigen Wert beſitzen, wenn $f(x)$ ſtetig und eindeutig iſt; andernfalls wird er unendlich groß oder unbeſtimmt. Wird bei endlichen Differentialquotienten der Zuwachs der Veränderlichen unendlich klein, ſo wird es auch der Zuwachs der Funktion; beide gehen in Differentiale über, und der Differentialquotient iſt daher das Verhältnis zweier Differentiale dy und dx. Man bezeichnet ihn mit $\frac{dy}{dx}$ oder $\frac{df}{dx}$ oder, wenn die unabhängige Veränderliche x ſelbſtverſtändlich iſt, mit y' oder $f'(x)$.

Eine Funktion ableiten oder differenzieren heißt: den Differentialquotienten derſelben bilden. Deutet man x als Abſziſſe, y als Ordinate einer Kurve, ſo daß $y=f(x)$ deren Gleichung iſt, ſo iſt y' gleich der trigonometriſchen Tangens des Winkels, den die Kurventangente mit der poſitiven x-Achſe bildet. Die Kurve $\left\{\begin{matrix}\text{ſteigt}\\\text{fällt}\end{matrix}\right\}$ je nachdem y $\left\{\begin{matrix}\text{poſitiv}\\\text{negativ}\end{matrix}\right\}$ iſt. Mittels der Gleichung $dy=y'\,dx$ kann man die Aenderung (das erſte Differential) von y ausdrücken durch den Differentialquotienten und die Aenderung von x.

Der Differentialquotient iſt eine Funktion von x; man kann daher von ihm aufs neue den Differentialquotienten bilden und erhält: $\frac{\frac{dy}{dx}}{dx}=\frac{d^2y}{dx^2}=y''$ als zweiten Differentialquotienten und $d^2y=y''\,dx^2$ als zweites Differential oder Differential zweiter Ordnung. Das letztere iſt dem Quadrat von dx proportional und kann, mit einem erſten Differential verglichen, vernachläſſigt werden: $dy+d^2y=dy$. Durch Fortſetzung dieſes Verfahrens erhält man höhere Differentialquotienten. Der n. Differentialquotient wird bezeichnet: $y^{(n)}$ oder $f^{(n)}(x)$; iſt n eine größere Zahl, ſo ſchreibt man römiſche Ziffern, z. B. y^{IV}. Hängt eine Größe z von zwei unabhängigen x und y ab, ſo kann man x ändern und y unverändert laſſen und erhält als Differentialquotient $\frac{\partial z}{\partial x}$; bei der Ausführung dieſer Operation wird angenommen, x allein ſei unabhängige Veränderliche, y dagegen wird als Konſtante behandelt. Aendert man y und läßt x ungeändert, ſo erhält man $\frac{\partial z}{\partial y}$. Die beiden Größen $\frac{\partial z}{\partial x}=p$ und $\frac{\partial z}{\partial x}=q$ werden als partielle Differentialquotienten bezeichnet. — Aus beiden ſetzt ſich die Aenderung von z zuſammen, wenn x und y zugleich geändert werden: $dz=\frac{\partial z}{\partial x}dx+\frac{\partial z}{\partial y}dy$ das ſogenannte totale Differential von z. Es gibt auch höhere partielle Differentialquotienten: $r=\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}$; $s=\frac{\partial^2 z}{\partial x\partial y}$; $t=\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}$. Dabei iſt zu bemerken, daß die Reihenfolge der partiellen Differentiationen umgekehrt werden kann, d. h. es iſt: $\frac{\partial^2 z}{\partial x\partial y}=\frac{\partial^2 z}{\partial y\partial x}$ u. ſ. w., desgleichen für mehrere Veränderliche. — Ueber Bildung von Differentialquotienten und Rechnung mit denſelben ſ. Differentialrechnung. *Wölffing.*

Differentialrad, ſ. Differentialgetriebe.

Differentialräderwerke, ſ. Differentialgetriebe.

Differentialrechnung, die Rechnung mit Differentialen und Differentialquotienten, bildet zuſammen mit der Integralrechnung (ſ. d.) die ſogenannte höhere Analyſis (Infinitеſimalrechnung).

1. Bildung der Differentialen und Differentialquotienten.

a) Bei der Berechnung des Grenzwerts $\lim\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}$ iſt zu beachten, daß höhere Potenzen von Δx vernachläſſigt werden dürfen, z. B.
$f(x)=x^3$; $f'(x)=\lim\frac{x^3+3x^2\Delta x+3x(\Delta x)^2+(\Delta x)^3-x^3}{\Delta x}=3x^2+3x\Delta x+(\Delta x)^2=3x^2$.
Ferner iſt $dC=0$ (wenn C eine Konſtante iſt), $d(C\cdot u)=C\,du$; $d(u+v+\ldots)=du+dv+\ldots$;
$d(u\cdot v)=v\,du=u\,dv$; $d\frac{u}{v}=\frac{v\,du-u\,dv}{v^2}$.

b) Formeln zur Bildung von Differentialen: $dx^n=nx^{n-1}dx$ (oder $\frac{dx^n}{dx}=nx^{n-1}$); $da^x=a^x\cdot la\cdot dx$; $de^x=e^x\,dx$ (wo e die Baſis des natürlichen Logarithmenſyſtems); $dlx=\frac{dx}{x}$ (wo lx natürlicher Logarithmus); $d\log_a x=\frac{1}{la}\frac{dx}{x}$ (wo $\log_a x$ Logarithmus zur Baſis a); $d\sin x=\cos x\,dx$; $d\cos x=-\sin x\,dx$; $dtg=\frac{dx}{\cos^2 x}$; $d\cot x=\frac{-dx}{\sin^2 x}$;

$d\sec x=\frac{\sin x\,dx}{\cos^2 x}$; $d\operatorname{cosec}x=\frac{-\cos x\,dx}{\sin^2 x}$; $d\arcsin x=-d\arccos x=\frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}$;

$d\operatorname{arc\,tg}x=-d\operatorname{arc\,cot}x=\frac{dx}{1+x^2}$; $d\operatorname{arc\,sec}x=-d\operatorname{arc\,cosec}x=\frac{dx}{x\sqrt{x^2-1}}$.

Iſt ferner $y=f(x)$, $u=\varphi(y)$, alſo u die Funktion einer Funktion, ſo iſt $\frac{du}{dx}=\frac{du}{dy}\cdot\frac{dy}{dx}$, z. B. $u=l\sin x$. Man ſetzt $\sin x=y$, alſo $ly=u$; $\frac{du}{dx}=\frac{1}{y}\cos x=\cot x$. Solche Potenzen, deren

Baſis und Exponent veränderlich ſind, verwandelt man in Exponentialfunktionen, z. B. $x^x = (e^{lx})^x = e^{x \cdot lx}$; $d\,x^x = e^{xlx} \cdot (l\,x + 1)\,d\,x = x^x\,(l\,x + 1)\,d\,x$.

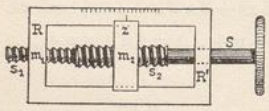
c) Zur Beſtimmung des Differentialquotienten einer impliziten Funktion hat man einfach die Gleichung, die dieſelbe beſtimmt, zu differenzieren, z. B. $y^3 + x^2 y - x^3 = 0$ gibt $3\,y^2 y' + 2\,x\,y + x^2 y' - 3\,x^2 = 0$ alſo $y' = \frac{3\,x^2 - 2\,x\,y}{x^2 + 3\,y^2}$.

2. Anwendungen der Differentialrechnung beſtehen in Reihenentwicklungen der Funktionen (ſ. Reihen), Berechnung unbeſtimmter Formen, Maxima und Minima (ſ. d. und Variationsrechnung), Partialbruchzerlegung gebrochener Funktionen (ſ. Partialbrüche). Hierzu kommen die geometriſchen Anwendungen auf die Unterſuchung von ebenen Kurven, Raumkurven und Flächen.

Literatur: Von den untengenannten Werken eignet ſich [1] zur elementaren Einführung; [2], [3] und [22] ſind beliebte Lehrbücher; [4] nimmt mehr einen funktionentheoretiſchen Standpunkt ein; [5] iſt ein empfehlenswertes kleines Repetitionsbuch, [6]—[8] Uebungsbücher. Die geometriſchen Anwendungen behandeln [9], [10], [25]—[28] ſowie [24] Bd. 3, ſolche auf Naturwiſſenſchaft und Technik [11], [12], [18], [20] und [23]. — [1] Götting, Einleitung in die Analyſis, Berlin 1880. — [2] Stegemann, M., Grundriß der Differential- und Integralrechnung, Bd. 1, 10. Aufl., Hannover 1903. — [3] Serret, J. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, deutſch von Harnack, Bd. 1, 2. Aufl., Leipzig 1897. — [4] Stolz, Grundzüge der Differential- und Integralrechnung, 1, Leipzig 1893. — [5] Deter, Repetitorium der Differential- und Integralrechnung, 4. Aufl., Berlin 1899. — [6] Dölp, H., Aufgaben zur Differential- und Integralrechnung, 9. Aufl., Gießen 1901. — [7] Schlömilch, O., Uebungsbuch zum Studium der höheren Analyſis, Bd. 1, 4. Aufl., Leipzig 1888. — [8] Sohncke, Aufgaben aus der Differential- und Integralrechnung, I, 6. Aufl., Halle 1903. — [9] Darboux, G., Leçons sur la théorie générale des surfaces et les applications géometriques du calcul infinitésimal, I—IV, Paris 1887—96. — [10] Joachimsthal, F., Anwendungen der Differential- und Integralrechnung auf die allgem. Theorie der Flächen und der Linien doppelter Krümmung, herausg. von Natani, 3. Aufl., Leipzig 1890. — [11] Fuhrmann, A., Naturwiſſenſch. Anwendungen der Differentialrechnung, 2. Aufl., Berlin 1900. — [12] Nernſt, W., und Schönfließ, A., Kurzgefaßtes Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung mit beſonderer Berückſichtigung der Chemie, 3. Aufl., München 1901. — [13] Czuber, E., Vorleſungen über die Differential- und Integralrechnung, I, Leipzig 1898. — [14] Fricke, A., Hauptſätze der Differential- und Integralrechnung, I—III, Braunſchweig 1897—1903. — [15] Genocchi, A., Differentialrechnung und Anfangsgründe der Integralrechnung, deutſch von Bohlman und Schepp, Leipzig 1899. — [16] Junker, F., Höhere Analyſis, I, 2. Aufl., Leipzig 1902. — [17] Junker, F., Repetitorium und Aufgabenſammlung zur Differential- und Integralrechnung, I, Leipzig 1902. — [18] Lorentz, H. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, deutſch von Schmidt, Leipzig 1900. — [19] Meyer, F. W., Differential- und Integralrechnung, I, Leipzig 1901. — [20] Perry, J., Höhere Analyſis für Ingenieure, deutſch von Fricke und Süchting, Leipzig 1902. — [21] Schlotke, J., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, Leipzig 1903. — [22] Sturm, C., Lehrbuch der Analyſis, deutſch von Groß, I, Berlin 1897. — [23] Fuhrmann, A., Bauwiſſenſchaftliche Anwendungen der Differentialrechnung, I—II, Berlin 1898—99. — [24] Meyer, A., und Haas, A., Lehrbuch der Differentialrechnung, I—III, Stuttgart 1888—94. — [25] Bianchi, L., Vorleſungen über Differentialgeometrie, deutſch von Lukat, I—III, Leipzig 1896—99. — [26] Cefàro, E., Vorleſungen über natürliche Geometrie, deutſch von Kowalewski, Leipzig 1901. — [27] Klein, F., Anwendungen der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, I—II, Leipzig 1901—02. — [28] Scheffers, G., Anwendungen der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, 2 Bde., Leipzig 1901—02.

Wölffing.

Differentialſchraube, Vorrichtung, durch welche vermittelſt einer Schraube mit zwei in den Ganghöhen wenig differierenden Gewinden eine verhältnismäßig kleine Verſchiebung einer Schraubenmutter bewirkt wird.

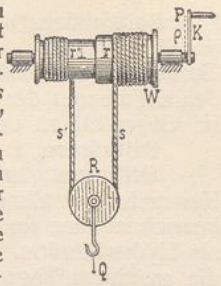


Eine Schraubenſpindel S (ſ. die Figur) iſt mit zwei Schraubengewinden S_1, S_2 von verſchiedener Ganghöhe h_1, h_2 verſehen. Die Schraube S_1 dreht ſich in der Mutter m_1, die in den Rahmen RR' enthalten iſt, und auf der Schraube S_2 ſitzt die Mutter m_2, die ſich in dem Rahmen längs der Schraubenachſe vorſchiebt und einen Zeiger z trägt. Während einer Umdrehung der Schraubenſpindel S verſchiebt ſich dieſelbe in dem Rahmen um die Ganghöhe h_1, und gleichzeitig verſchiebt ſich, aber in entgegengeſetzter Richtung, die Mutter m_2 um die Ganghöhe h_2 auf der Schraube S_2. Der durch eine Umdrehung der Schraubenſpindel S bewirkte Weg der Mutter m_2 oder des Zeigers z in bezug auf den Rahmen iſt demnach $h_1 - h_2$. Dieſe Differenz kann man beliebig klein machen, ohne die Ganghöhen h_1, h_2 klein zu nehmen, und demnach kann man es einrichten, daß einer Umdrehung der Schraubenſpindel S ein beliebig kleiner Weg des Zeigers z entſpricht. Die Differentialſchrauben werden zur Herſtellung feiner Bewegungen bei den Feinbewegungsvorrichtungen der Meßinſtrumente (Mikrometer) verwendet, ſ. Feinbewegung und Mikrometerſchrauben.

Burmeſter.

Differentialwinde, iſt in nachſtehender Figur S. 767 ſchematiſch dargeſtellt.

Eine in feſten Lagern rotierende Welle W, die mit einer Kurbel K verſehen iſt, beſitzt einen ſtärkeren Wellenteil vom Radius r und einen ſchwächeren Wellenteil vom Radius r'. Von einem Seil ss', das eine bewegliche Rolle R mit angehängter Laſt trägt, iſt der eine Seilteil s auf den ſtärkeren Wellenteil gewunden und an demſelben mit dem Ende feſt verbunden; ferner iſt der andre Seilteil s' entgegengeſetzt auf den ſchwächeren Wellenteil gewunden und an dem-



selben mit dem Ende fest verbunden. Wird nun die Kurbel K, deren Armlänge ϱ ist, so gedreht, daß sich der Seilteil s aufwickelt, dann wickelt sich der Seilteil s' ab. Beschreibt ein im Abstande gleich 1 von der Wellenachse befindlicher Punkt während dieser Drehung eine Bogenlänge w, dann wird, wenn wir von der Seildicke absehen, der Seilteil s um das Stück rw aufwärts gezogen und der Seilteil s' um das Stück $r'w$ abwärts sinken; folglich wird die Rolle R um die Strecke $\frac{1}{2}(r-r')w$ gehoben, und das Kurbelende vollzieht den Weg ϱw. Bezeichnet P die an diesem Kurbelende tangential wirkende Kraft und Q die Last einschließlich des Gewichtes der Rolle mit Zarge, so verhält sich, wenn wir von der Seildicke und der Reibung absehen, die Kraft zur Last umgekehrt, wie die zugehörigen Wege sich verhalten, und es ist $P:Q=\frac{1}{2}(r-r'):\varrho$. Die Kraft P ist also der Differenz der Radien proportional. Je kleiner diese Differenz ist, desto kleiner ist die Kraft P, durch welche die Last im Gleichgewicht gehalten bezw. gehoben wird. Die Differentialwinde war schon im Altertum bekannt [1].

Literatur: [1] Weinlig, Belagerungsmaschinen der Alten; Hülße, Allgemeine Maschinen-Encyklopädie, Leipzig 1841, Bd. 1, S. 846. *Burmester.*

Differenz, der Unterschied zweier Größen a und b, also eine Größe $a-b$, die zu b addiert a liefert. In logarithmischen und trigonometrischen Tafeln dient die Differenz zweier aufeinander folgenden Tafelzahlen zur Interpolation (s. d.). Differenz bei Differenzenreihen, s. Differenzenrechnung.

Differenzengleichungen kommen in der Differenzenrechnung vor und sind entweder Gleichungen zwischen aufeinander folgenden Gliedern der Hauptreihe, also etwa $f(x, u_x, u_{x+1} \ldots u_{x+n}) = 0$, oder Gleichungen zwischen u_x und einer Anzahl von Differenzen, also etwa $f(x, u_x, \Delta u_x, \Delta^2 u_x \ldots \Delta^n u_x) = 0$. Jede dieser Formen kann übrigens auf die andre zurückgeführt werden.

Eine Differenzengleichung integrieren heißt die Funktion u_x finden, die derselben genügt. Die Integrale der Differenzengleichungen werden als „endliche Integrale" bezeichnet; die Integration besteht in der Tat aus einer Summierung endlicher Reihen. Die Integration der linearen Differenzengleichungen:

$$a\,u_{x+n} + b\,u_{x+n-1} + \ldots + p\,u_{x+1} + q\,u_x = r$$

bietet große Analogien mit der Integration der linearen Differentialgleichungen dar (s. Differentialgleichungen II. a) und b). Fehlt das Absolutglied r, so heißen dieselben rekurrente Gleichungen.

Literatur: Die unter Differenzenrechnung [1] und [2] aufgeführten Werke; ferner Heymann, W., Studien über die Transformation und Integration der Differentialgleichungen und Differenzengleichungen, Leipzig 1891, Kap. 4. *Wölffing.*

Differenzenrechnung. Es sei u_x eine Funktion von x, deren Werte für positive ganze x in Form einer Reihe (Hauptreihe) gegeben sind. Die Differenzen $u_{x+1} - u_x$ werde mit Δu_x bezeichnet. Dann bilden alle Δu_x ebenfalls eine Reihe, welche die erste Differenzenreihe der Hauptreihe heißt. Verfährt man mit dieser ebenso, so entsteht die zweite Differenzenreihe, deren Glieder $\Delta^2 u_x = \Delta u_{x+1} - \Delta u_x$ sind u. s. w.

Schema: $u_0\ u_1\ u_2\ u_3\ u_4 \ldots$, $\Delta u_0\ \Delta u_1\ \Delta u_2\ \Delta u_3 \ldots$, $\Delta^2 u_0\ \Delta^2 u_1\ \Delta^2 u_2 \ldots$, $\ldots$. Dabei bestehen die Beziehungen:

$$\Delta^n u_x = u_{x+n} - \binom{n}{1} u_{x+n-1} + \binom{n}{2} u_{x+n-2} + \ldots + (-1)^{n-1} \binom{n}{n-1} u_{x+1} + (-1)^n u_x,$$

wo $\binom{n}{r}$ Binomialkoeffizienten (s. d.) und

$$u_{x+n} = u_n + \binom{x}{1} \Delta u_n + \binom{x}{2} \Delta^2 u_n + \ldots + \binom{x}{x-1} \Delta^{x-1} u_n + \Delta^x u_n.$$

Die Differenzenrechnung, d. h. die Rechnung mit diesen Differenzen bietet viele Analogien mit der Differentialrechnung und dient zur Lösung von Aufgaben der Wahrscheinlichkeitsrechnung [1], zur Interpolation, zur Ermittlung von Formeln der mechanischen Quadratur und zur Berechnung der Wurzeln numerischer Gleichungen [3].

Literatur: [1] Michaelis, G., Die Elemente der Differenzenrechnung mit Beispielen aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Programmabh.), Berlin 1843. — [2] Boole, G., Grundlehren der endlichen Differenzen- und Summenrechnung, deutsch von Schnuse, Braunschweig 1867. — [3] Serret, J. A., Handbuch der höheren Algebra, deutsch von G. Wertheim, Bd. 1, 2. Aufl., Leipzig 1878, S. 268 ff. — [4] Hagen, J. G., Synopsis der höheren Mathematik, Bd. 1, Berlin 1891, S. 142 ff. — [5] Herrschel, J. F. W., Sammlung von Aufgaben aus der endlichen Differenzen- und Summenrechnung, deutsch von Schnuse, Braunschweig 1859. — [6] Markow, A., Differenzenrechnung, deutsch von Friesendorff und Prümm, Leipzig 1896. — [7] Piccioli, F., Anfangsgründe der endlichen Differenzen, deutsch von Meeraus und Lunardoni, Wien 1881. — [8] Seliwanow, D., Lehrbuch der Differenzenrechnung, Leipzig 1904. *Wölffing.*

Differenzlehren, s. Meßwerkzeuge.

Diffraktion, s. Licht.

Diffusat nennt man die bei der Dialyse (s. d.) durch die Membran hindurchgewanderten, in der äußeren Flüssigkeit des Dialysators (s. d.) gelösten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kristalloidsubstanzen. Unter Kristalloiden versteht man alle kristallisierbaren Körper im Gegensatz zu den gelatinierbaren und schleimigen Kolloiden wie Leim, Gummi, Eiweißsubstanzen u. s. w. Diffusat im weiteren Sinne ist auch der aus den Diffuseuren der Zuckerfabriken kommende Dünnsaft (s. Zuckerfabrikation) im Gegensatz zu den Diffusionsrückständen. *Bujard.*

Diffuseure, s. Zuckerfabrikation.

Diffusion. In Gasen und Lösungen gleichen sich lokale Unterschiede der Konzentration allmählich durch Wanderung der Materie aus. Diesen Vorgang bezeichnet man im ersten Falle als Gas- (Atmolyse nach Graham), im zweiten als Hydrodiffusion. Unter Diffusionskoeffizient versteht man die Substanzmenge, die an einem Tage durch einen Querschnitt eines Quadratzentimeters wandert, wenn zwei um 1 cm voneinander abstehende Schichten während dieser Zeit eine Konzentrationsdifferenz (Konzentration = Substanzmenge im Kubikzentimeter) aufweisen, die gleich 1 ist.

Zeigt eine Substanz in einem Lösungsmittel Hydrodiffusion, so folgt, daß sie auf eine semipermeable Membran osmotischen Druck ausübt, sie erweist sich also damit als eine echte Lösung. Die Gesetze der Hydrodiffusion sind dieselben wie die der Wärmeleitung. Die Diffusionskoeffizienten (D) von Elektrolyten lassen sich nach Nernst aus den Wanderungsgeschwindigkeiten U und V der betreffenden Ionen, in die der Elektrolyt dissoziiert ist, der Gaskonstanten R und der absoluten Temperatur T berechnen; es ist nämlich

$$\frac{1}{D}=\left(\frac{1}{U}+\frac{1}{V}\right)\cdot\frac{1}{RT}.$$

Die Diffusionskoeffizienten einiger Substanzen in Wasser gibt folgende Tabelle:

Harnstoff	0,81	Rohrzucker	0,31	Kochsalz	1,17
Chloralhydrat	0,55	Salzsäure	2,32	Lithiumchlorid	1,00
Mannit	0,38	Kaliumhydroxyd . . .	1,90		

Auch gewisse in festen Körpern gelöste Stoffe vermögen sich in denselben durch Diffusion zu verbreiten, z. B. Wasserstoff in Palladium, Kohlenstoff in heißem Eisen und Porzellan.

Literatur: Nernst, Theoret. Chemie, Stuttgart 1903, 4. Aufl.; Landolt und Börnstein, Physik.-chem. Tabellen, Berlin 1894, 2. Aufl. *F. Krüger.*

Diffusion des Lichts, s. Reflexion.

Diffusion im Bergbau, s. Wetterwirtschaft.

Diffusor oder Verteiler, bei den Zentrifugal- oder Schleudergebläsen der das Schaufelrad an seinem äußeren Umfang umschließende, gegen den Ausblasehals zu allmählich erweiterte, exzentrische, ringförmige Hohlraum, in dem die aus den Schaufeln ausströmende Luft aufgefangen und deren Geschwindigkeit nach und nach verringert, der Druck derselben demnach vergrößert wird.

Die genauesten Versuche zur Ermittlung der Wirkungsweise desselben stammen von Rateau [1]. Sie dienen zur Beantwortung der beiden Fragen: 1. Wie die Wirkung der Luft auf die Schaufeln sich äußere, ob die von ihnen geleistete Arbeit mehr eine Drucksteigerung oder eine Geschwindigkeitszunahme verursache, und 2. wie der Diffusor auf die Druckänderung der Luft einwirke. Danach erkannte Rateau, daß die vielfach verbreitete Ansicht falsch sei, daß die Schaufelarbeit mehr den Druck als die lebendige Kraft der Luft steigere. Die Versuche waren an einem blasenden Ventilator angestellt und ergaben die überraschende Tatsache, daß am Umfange des Rades bezw. direkt dahinter eine Depression von 21 mm Wassersäule herrschte, während nach der gewöhnlichen Annahme die Luft mit einem Ueberdruck aus den Schaufeln austreten sollte. Die Depression im Saugraum betrug — 45 mm, während die ganze von den Schaufeln verrichtete Arbeit einen mittleren Ueberdruck von 155 im Verteiler hervorbrachte. Hiernach ließ sich die Arbeit des Ventilators folgendermaßen zerlegen: Da der Druck um 24 mm Wassersäule (von — 45 auf — 21) erhöht wurde, so betrug der auf Druckerhöhung direkt verwandte Teil der Arbeit $\frac{24}{155}\cdot 100\,\% = 15{,}5\,\%$; die ganze übrige Arbeit war zur Vermehrung der lebendigen Kraft oder Geschwindigkeit der Luft verwandt worden, woraus sofort folgt, daß der ganze nützliche Ueberdruck, den der Ventilator (sei es als Pressung, sei es als Depression) ausübt, lediglich durch die Umwandlung der lebendigen Kraft der Luft im Verteiler oder Diffusor hervorgebracht wird. Durch Druckmessung an verschiedenen Stellen des Diffussors mit Hilfe von Wassermanometern wurde dies bestätigt und hierbei gefunden, daß etwa 40 % der erzeugten Arbeit auf Druckverluste kommen, so daß der maschinelle Wirkungsgrad noch 60 % beträgt. (Näheres s. [2].)

Literatur: [1] Comptes rendus de la Soc. minérale, 1889, p. 173 ff. — [2] v. Ihering, Gebläse, 2. Aufl., Berlin 1903, S. 690 ff. *v. Ihering.*

Digerieren, s. Digestion.

Digestion, in der Chemie ein Verfahren, bei dem eine feste Substanz mit einer Flüssigkeit übergossen und längere Zeit hindurch einer erhöhten, möglichst

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

konſtanten Temperatur ausgeſetzt wird. Es geſchieht dies in einem Behälter (Digestor) oder beſonderen Ofen (Digierofen), deſſen Temperatur auf ſich gleichbleibender Temperatur erhalten werden kann.

Digeſtivſalz, ſ. v. w. Kaliumchlorid (ſ. d.).

Digeſtor, ſ. v. w. Autoklave (ſ. d.).

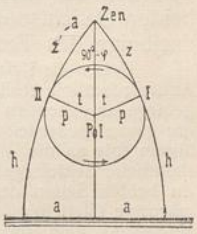
Digitalin, ſ. Glykoſide.

Diglyph, ſ. v. w. Zweiſchlitz, eine Verzierung des doriſchen Frieſes, die ſich in der Renaiſſancezeit vorfindet; ſie unterſcheidet ſich von dem weitaus am häufigſten vorkommenden Triglyph dadurch, daß die halben Schlitze an den Enden fehlen. *Weinbrenner.*

Digreſſion (Abweichung) wird in der Aſtronomie in verſchiedenen Bedeutungen, einmal gleichbedeutend mit Elongation gebraucht und bezeichnet dann den Winkelabſtand eines Planeten von der Sonne zu der Zeit, wenn derſelbe öſtlich oder weſtlich am größten iſt (größte Elongation, ſ. d.). Weit häufiger ſagt man aber von einem zwiſchen Pol und Zenit kulminierenden Stern, er ſei in Digreſſion, wenn er das größte erreichbare Azimut beſitzt.

Das iſt offenbar der Fall, wenn der von ihm vermöge ſeiner täglichen Bewegung beſchriebene kleine Kreis von einem Vertikalkreis im Oſten oder Weſten berührt wird. In der Figur die Punkte I und II. In dieſen Punkten iſt das Azimut des Sterns „ſtationär" und die (größten) Digreſſionen eines möglichſt nahe beim Pol ſtehenden Sterns (Polarſtern) ſind deshalb für eine Azimutbeſtimmung (vgl. d. Art.) einer von dem Beobachtungspunkt ausgehenden terreſtriſchen Richtung die günſtigſten Zeiten, da ein Fehler in der Zeitangabe oder in der AR. des Sternes nur einen ſehr geringen Einfluß ausübt. — Bezeichnet p die Poldiſtanz des Sterns ($= 90^0 - \delta$), und finden (vgl. die Figur) die (größten) Digreſſionen ſtatt im Azimutabſtand a vom Nordpunkt des Horizonts aus nach Oſten oder Weſten, ſo iſt

$$\sin a = \frac{\sin p}{\cos \varphi};$$



die Zenitdiſtanz z (Höhe $h = 90^0 - z$) der Digreſſionen iſt

$$\cos z = \sin h = \frac{\sin \varphi}{\cos p};$$

die Zeiten endlich erhält man, indem man zur Zeit des oberen Meridiandurchgangs des Sterns den Betrag t aus

$$\cos t = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} p$$

addiert oder ſubtrahiert. — Will man a, z und t gleichzeitig haben, ſo kann man ſie etwas bequemer und für jeden Fall ſcharf finden mit Hilfe der folgenden Ausdrücke:

$$k = \sqrt{\sin(\delta + \varphi)\ \sin(\delta - \varphi)}$$

$$\operatorname{tg} t = \frac{k}{\sin \varphi \cos \delta}, \qquad \operatorname{tg} a = \frac{\cos \delta}{k}, \qquad \operatorname{tg} z = \frac{k}{\sin \varphi}.$$

Ambronn.

Dikafett (Adikafett), aus dem Samen der an der afrikaniſchen Küſte von Sierra Leone bis in Gabun einheimiſchen Irvingia Barteri Hook (nach andern der Mangifera gabonensis Aubry-Lecomte) gewonnenes Fett, das in der Seifenfabrikation und als Erſatz für Kakaobutter verwendet wird. Wegen ſeiner Härte eignet es ſich auch zur Kerzenfabrikation. *Deite.*

Dilatation = Ausdehnung (ſ. d. und Dehnung), in der allgemeinen Elaſtizitätslehre mitunter ſpeziell die Volumänderung pro Einheit des anfänglichen Volumens.

Bezeichnen für beliebige ſtetige Verſchiebungen in einem Körper (Näheres [3], S. 55, 58) e_1, e_2, e_3 die drei Hauptdehnungen bei einem Körperpunkte m (ſ. Dehnung in der allgemeinen Elaſtizitätslehre), ſo iſt die räumliche Dilatation daſelbſt ([3], S. 73):

$$\varkappa = (1 + e_1)(1 + e_2)(1 + e_3) - 1, \qquad 1.$$

oder, wenn e_1, e_2, e_3 gegen 1. verſchwinden ([3], S. 83):

$$\varkappa = e_1 + e_2 + e_3 = e_x + e_y + e_z, \qquad 2.$$

worin e_x, e_y, e_z die Dehnungen für drei beliebige, zueinander ſenkrechte Richtungen x, y, z bei m bedeuten. Sind ξ, η, ζ die Wege des Punktes m in dieſen Richtungen, ſo kann man für die gewöhnlich allein unterſuchten Verſchiebungen auch ſetzen ([3], S. 85):

$$\varkappa = \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z} = \omega \qquad 3.$$

und ſpeziell für ein Zeitelement dt, wenn u, v, w die Geſchwindigkeiten von m in den Richtungen x, y, z während desſelben bezeichnen ([3], S. 75):

$$\varkappa = \varrho\, dt = \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}\right) dt. \qquad 4.$$

ϱ iſt alſo die Dilatation in der Zeiteinheit, die Dilatationsgeſchwindigkeit bei m zur Zeit t. Man unterſcheidet Verſchiebungen mit und ohne Dilatation. Zu den erſteren gehören die Formänderungen eines axial gezogenen iſotropen Stabes und die Schallſchwingungen in der Luft ([3], S. 212, 253, 262), zu den letzteren die Torſion eines iſotropen prismatiſchen Stabes und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Lichtfchwingungen ([4], S. 53, 201, [3], S. 264, 244). Die Aenderung des Volumens $V = F l$ eines ifotropen geraden Stabes vom Querfchnitt F und der Länge l durch eine Axialkraft S und eine Temperaturänderung τ (S für Zug, τ für Zunahme pofitiv) ift ([3], S. 212):

$$\varkappa V = 3\alpha\tau V + \frac{\varepsilon - 2}{\varepsilon}\frac{lS}{E}, \qquad 5.$$

worin α der lineare Ausdehnungskoeffizient (f. d.), E der Elaftizitätsmodul (f. d.), ε der Elaftizitätsquotient (f. d.). Letzterer wäre theoretifch $\varepsilon = 4$ ([3], S. 149), wird auch häufig fo gefetzt und liegt für die wichtigften Konftruktionsmaterialien meift zwifchen 3 und 4.

Literatur: [1] Kirchhoff, Vorlefungen über mathematifche Phyfik, Mechanik, Leipzig 1877, S. 107. — [2] Grashof, Theorie der Elaftizität und Feftigkeit, Berlin 1878, S. 21. — [3] Weyrauch, Theorie elaftifcher Körper, Leipzig 1884, S. 71, 75, 83. — [4] Derf., Aufgaben zur Theorie elaftifcher Körper, Leipzig 1885, S. 50 ff. — [5] Neumann, Vorlefungen über die Theorie der Elaftizität, Leipzig 1885, S. 48. — [6] Helmholtz, Vorlefungen über theoretifche Phyfik, II. Dynamik kontinuirlich verbreiteter Maffen, Leipzig 1902, S. 37. *Weyrauch.*

Dilatation oder Wärmeausdehnung der Eifenbahnfchienen, f. Oberbau.

Dilatationsgefchwindigkeit, f. Dilatation.

Dilatationsvorrichtung, f. Brücken, eiferne, und Fahrbahn.

Dilatometer, von Silbermann angegebenes Inftrument zur Ermittlung der relativen Mengen zweier vermifchten Flüffigkeiten, befonders von Alkohol und Waffer; beruht auf der ungleichen Ausdehnung der Flüffigkeiten in höherer Temperatur. *Aug. Schmidt.*

Diluvium, Diluvialperiode, -formation, -fyftem, Pleiftocän z. T., Poftpliocän, Quartärperiode, -fyftem, -formation werden in der Erdgefchichte diejenigen Ablagerungen genannt, deren Entftehungszeit zwifchen die Tertiärzeit und die Gegenwart fällt. Die charakteriftifchen Bildungen des Diluviums find durch eine gefteigerte Tätigkeit des fließenden Waffers und des Eifes zuftande gekommen, und diefe beiden Gefichtspunkte fetzen die Herrfchaft eines kälteren Klimas voraus, als es dasjenige des Tertiärs und der Gegenwart ift.

Ueber die Urfachen der Abkühlung find befriedigende Erklärungen noch nicht vorhanden. Außerordentlich große Flächen der Erdoberfläche, befonders die die älteren Maffen- und Kettengebirge umgebenden Hoch- und Tiefebenen waren von Gletfchereis ganz bedeckt; fo z. B. trug die ganze niederdeutfche Tiefebene von den Niederlanden nach Nordoften bis tief nach Rußland hinein (bis an die Wolga) eine vom füdlichen Skandinavien ausftrahlende, mächtige, bis an das rheinifche Schiefergebirge, den Harz, das Rieſengebirge und die Sudeten reichende Eisdecke. Zu beiden Seiten der Alpen traten in der fogenannten Eiszeit aus den heutigen Alpentälern mächtige Gletfcher fowohl nach der oberitalienifchen Tiefebene wie nach dem fchweizerifchen Hügelland, dem Bodenſeegebiet und der füdbayrifchen Hochebene aus und breiteten fich hier fächerförmig aus. Diefe Ausdehnung der „Gletfcher der Vorzeit" war keineswegs während der ganzen Eiszeit (Glazialzeit) eine durchaus gleiche und unveränderliche. Aehnlich dem Wachfen und Zurückgehen der Gletfcher der Gegenwart in den Hochgebirgen zeigten auch die diluvialen Gletfcher bedeutende Schwankungen ihrer Ausdehnung. Das Gletfchereis drang entweder vor oder zog fich zurück, und in den meiften diluvialen Gletfchergebieten wiederholte fich diefes Spiel mehrere Male. Man fpricht daher auch von Interglazialzeiten in dem Sinne, als man damit diejenigen Zeiträume in der diluvialen Gefchichte eines Gebietes meint, während denen die Gletfcher in einem Minimum ihrer Ausdehnung (zwifchen zwei Maxima) fich von einem Gebiet zurückgezogen hatten. Man konnte mehrere Vergletfcherungen (Maxima) desfelben Gebietes und auch zwifchen denfelben eine oder zwei Interglazialzeiten unterfcheiden. Die geologifche Tätigkeit der diluvialen Gletfcher war diefelbe wie die der gegenwärtigen Gletfcher, nur ihrer größeren Ausdehnung entfprechend weit ſtärker. Sie äußerte fich vornehmlich im Transport und in der Ablagerung bedeutender Maffen von Gebirgsfchutt (Blöcken) in Form von Moränen, befonders von Grundmoränen, in der abfchleifenden und abtragenden Kraft des abwärts gleitenden Gletfchereifes, in der Stauchung und Quetfchung des Untergrundes, veranlaßt durch das Abwärtsgleiten der auflaftenden Eismaffen, in dem Zerreiben und Zermalmen des mitgeführten Geſteinsmateriales und in der Bildung von fichelförmigen Wällen an den Stirnenden der Gletfcher, erzeugt durch das Vorfichherfchieben von Geſteinsfchutt beim Vorftoß der Gletfcher. Mit der Ausdehnung des fließenden Eifes auf der Erdoberfläche ſtand diejenige des fließenden Waffers in der Diluvialzeit im engſten Zufammenhang. Starke atmofphärifche Niederfchläge und damit vereint die abfließenden Schmelzwaffer der großen Gletfcher trugen bedeutende Maffen Geſteinsfchutt aus den Gebirgen zu Tal und in die Ebenen und erzeugten fo, fich rückwärts in die Gebirge immer tiefer einfchneidend, die Täler und in den Ebenen mächtige Ablagerungen von Flußfchottern, Sanden, Lehm und Löß. Die Wirkung des fließenden Waffers und damit in der Hauptfache auch diejenige der Erofion war eine länger andauernde als diejenige des Gletfchereifes, denn fie bildete fowohl die Einleitung als den Schluß der Vergletfcherung der diluvialen Glazialgebiete. Man ſieht daher Ablagerungen des fließenden Waffers diejenigen der Gletfcher fowohl unter- wie überlagern, und ficher hat die Tätigkeit des fließenden Waffers in der Diluvialzeit einen größeren Anteil an der Geſtaltung der heutigen Oberflächenformen der Erde als diejenige der alten Gletfcher, obgleich diefe auffälliger und charakteriſtiſcher erfcheint. Die allgemeine Bedeutung der diluvialen Erfcheinungen ruht daher in der Schaffung unfrer heutigen Täler und Bergformen im kleinen. Im großen ſind die Gebirge

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und Ebenen die Schöpfung andrer und älterer Kräfte. Neben dem Eis und dem fließenden Waſſer wird der Tätigkeit des Windes beſonders in Steppen ein gewiſſer Einfluß zuzuſchreiben ſein; indes dürfte er gegen erſtere ſehr zurückſtehen. Ueber die Meerestätigkeit der Diluvialzeit ſind nur ſehr wenige Tatſachen vorhanden, weil die Verteilung des Meerwaſſers auf der Erde annähernd die gleiche wie die der Gegenwart war und ſeine Wirkungen daher in den heutigen Meeren verborgen liegen. Nur ſehr untergeordnet ſind daher marine Abſätze, und ihre organiſchen Reſte vermögen an dem durchaus binnenländiſchen Charakter der Lebeweſen nichts zu ändern. Dieſe ſchließen ſich in der Hauptſache an die heutige Tier- und Pflanzenwelt eng an und hatten ſich in ihrer Organiſation vielfach den veränderten klimatiſchen Verhältniſſen angepaßt. Beſonders wichtig iſt das erſte Auftreten des Menſchen in der Diluvialzeit, gekennzeichnet durch Knochen- und Kulturüberreſte.

Man unterſcheidet in der Diluvialzeit nach ihrer charakteriſtiſchen Erſcheinung drei Phaſen: 1. Beginn und Vorſchreiten der Vergletſcherung. Ablagerung mächtiger Schotterlager. 2. Hauptvergletſcherung mit mehreren Maxima der Vergletſcherung und dazwiſchenliegenden Minima (Interglazialzeiten). 3. Rückzug der Gletſcher. Ablagerung von mächtigen Schotterlagern, Sand, Lehm und Löß. Da erhebliche Veränderungen in der Lagerung der Schichten ſeit ihrer Bildung nicht vor ſich gingen, ſo kann die Lagerung der diluvialen Schotter, Sande, Lehme, Löſſe, Moränen u. ſ. w. im allgemeinen als eine ungeſtörte betrachtet werden. Ihrem Abſatz jedoch gingen bedeutende Abtragungen durch fließendes Waſſer voraus, und ſomit geſtaltet ſich ihre Auflagerfläche meiſt ſehr unregelmäßig im Gegenſatz zu den im Meer gebildeten Ablagerungen.

Die Ausfüllung und Einebnung großer Niederungen, Becken u. ſ. w. hat durch Aufſchüttung von mächtigen Schotter-, Sand- und Lehmmaſſen in der Diluvialzeit jene weiten und flachen Ebenen geſchaffen, die heute vorzugsweiſe dem Ackerbau dienen und im allgemeinen ſich durch einen lockeren und tiefgründigen Boden auszeichnen. Das Diluvium hat daher für die landwirtſchaftliche Kultur die größte Bedeutung von allen Formationen (norddeutſche Tiefebene, mittelrheiniſche Tiefebene, bayriſche Hochebene, Ungarn, Oberitalien u. ſ. w.). Bei großer Horizontalausdehnung führt es der im allgemeinen ſtarken Durchläſſigkeit und ſeines tiefe Niederungen ausfüllenden Auftretens wegen viel Waſſer, zeigt aber nur da, wo es von jüngeren Tälern bis auf das weniger durchläſſige Liegende wieder durchſchnitten wird, Quellen. Der Umſtand tritt trotz der großen Horizontalausdehnung ſelten ein. So bieten ausgedehnte Diluvialgebiete faſt ſtets Gelegenheit zu künſtlicher, ſelten aber zu natürlicher Waſſerverſorgung. Die Verwendung der Geſteine für Bauzwecke iſt die mannigfaltigſte, ſoweit Schotter- und Kieslager, Sand und Lehm in Betracht kommen. Natürliche Bauſteine freilich fehlen in der Regel, und daher gilt die Formation auch als ſteinarm. Eine Ausnahme machen die feſte diluviale Nagelfluh (ſ. d.) der bayriſchen Hochebene, auch manche Kalktuffe. Ablagerungen der diluvialen Eiszeit (Moränen, Geſchiebelehme u. ſ. w.) jedoch ſind minder wertvoll, weil ihre Beſchaffenheit zu großem Wechſel unterliegt. Nur die gröberen Blöcke derſelben ſind geſucht. Löß- und Lehmgebiete haben für die Beſchaffung von Rohmaterial für Ziegel- und Backſteinherſtellung und für die Landwirtſchaft großen Wert.

Literatur: Gümbel, C. W. v., Grundzüge der Geologie, Kaſſel 1888; Credner, Elemente der Geologie, Leipzig 1901, 9. Aufl.; Kayſer, Geolog. Formationskunde, Stuttgart 1902, 2. Aufl. *Leppla.*

Dime, Silbermünze der Verein. Staaten von Amerika, = 10 Cents = 41,98 ₰.

Dimenſion, Ausdehnung einer geometriſchen Größe in einer beſtimmten Richtung. Ein Punkt hat keine Dimenſion, eine Strecke eine einzige, die Länge. Mehrere Dimenſionen hat eine geometriſche Größe, wenn ſie in mehreren zueinander ſenkrechten Richtungen ausgedehnt iſt.

Eine Fläche hat daher zwei Dimenſionen, Länge und Breite; ein Körper hat deren drei, Länge, Breite und Höhe. Größen mit mehr als drei Dimenſionen gibt es nicht; über die ſogenannte „vierte Dimenſion“ ſ. Geometrie, nichteuklidiſche. Die Maßeinheiten der mehrdimenſionalen Größen ſind von derjenigen der Strecke abhängig, d. h. die Flächeneinheit iſt das Quadrat, die Volumeinheit der Würfel über der Längeneinheit. Bei algebraiſchen Ausdrücken heißt Dimenſion die Zahl der Buchſtabenfaktoren. Dabei ſind die Faktoren des Nenners abzuziehen; z. B. die Ausdrücke ab, $\frac{abc}{d}$, $\frac{a^2b^2}{c^2}$ ſind von der zweiten Dimenſion. Die Ausdrücke nullter Dimenſion ſind abſtrakte Zahlen, die von der Längeneinheit unabhängig ſind, z. B. die Zahl π. Eine Gleichung heißt dimenſional, wenn alle ihre Terme dieſelbe Dimenſion beſitzen. — Im weiteren Sinn werden auch mechaniſchen und phyſikaliſchen Größen Dimenſionen zugeſchrieben (ſ. Maßſyſtem, abſolutes). *Wölffing.*

Dimenſionenbegründung, der Nachweis, daß die vorläufig angenommenen Querſchnitte u. ſ. w. einer Konſtruktion den angreifenden Laſten und ſonſtigen Einwirkungen gegenüber genügen, im Gegenſatze zur Feſtſtellung der Dimenſionen auf Grund jener Einwirkungen, d. h. der Dimenſionenberechnung (ſ. d.). Die allgemeinen Geſichtspunkte für beide Verfahren ſind die gleichen, doch kann das erſtere mitunter raſcher zum Ziele führen oder wegen der Schwierigkeit des letzteren zu wählen ſein. In vielen Fällen, insbeſondere wenn äſthetiſche und andre nichtſtatiſche Rückſichten mitſprechen, wird ein gemiſchtes Verfahren angewendet, indem einzelne Querſchnittsabmeſſungen im voraus angenommen werden. *Weyrauch.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dimenſionenberechnung heißt in der Ingenieurmechanik die Feſtſtellung der Querſchnitte und ſonſtiger Abmeſſungen einer Konſtruktion auf Grund der ſtatiſchen Berechnung derſelben (vgl. Dimenſionenbegründung), welch letztere die durch die Belaſtung (ſ. Eigengewicht, Verkehrslaſt) und andre Einwirkungen (je nach Umſtänden Winddruck, Erddruck, Waſſerdruck, Temperaturänderungen, Zentrifugalkraft, dynamiſche Einflüſſe u. ſ. w.) erzeugten Beanſpruchungen abzuleiten hat. Der Dimenſionenberechnung ſind ſtets die ungünſtigſten Belaſtungen und überhaupt diejenigen Kombinationen angreifender Kräfte und ſonſtiger Einwirkungen zugrunde zu legen, welche die ſtärkſten Dimenſionen bedingen. In manchen Fällen laſſen ſich dieſelben unmittelbar angeben; wenn aber, wie bei Brücken, die Laſtſyſteme verſchieden zuſammengeſetzt und überdies in Bewegung ſein können, dann müſſen zu ihrer Ermittlung beſondere Unterſuchungen angeſtellt werden, es ſei denn, daß beſtehende Normalien oder ſonſtige Vorſchriften, die alsdann ihrerſeits auf ſolchen Unterſuchungen beruhen, davon abzuſehen geſtatten. Wie weit die ſtatiſche Berechnung zu gehen hat, hängt von Art und Zweck der Konſtruktion ſowie von der Dimenſionierungsmethode ab; doch genügt es ſtets, wenn die ſtatiſche Berechnung die beiden Grenzwerte der in Frage kommenden Beanſpruchungen (Stabkräfte u. ſ. w.) und ihre Werte durch die feſte Laſt allein ergibt. Am vollkommenſten wäre eine Konſtruktion dimenſioniert, wenn ohne Beeinträchtigung ihrer Zweckmäßigkeit an allen Stellen gegen alle Zerſtörungsarten die gleiche Sicherheit (ſ. d.) beſtände. Dies iſt nie ganz erreichbar.

Eine erſte Schwierigkeit der Dimenſionenberechnung liegt darin, daß ihr die ſtatiſche Berechnung Beanſpruchungen liefern ſoll, die zum Teil vom Eigengewicht der Konſtruktion, alſo von den durch die Dimenſionenberechnung erſt zu beſtimmenden Querſchnitten u. ſ. w. abhängen. Man hat deshalb Formeln aufgeſtellt, die das Eigengewicht der wichtigſten hier in Betracht kommenden Konſtruktionen im voraus annähernd zu beſtimmen geſtatten (ſ. Eigengewicht und beiſpielsweiſe [3], [12], [18], [20], [26]), ſowohl rein empiriſche Formeln auf Grund der Verhältniſſe ähnlicher ausgeführten Konſtruktionen, als auch ſolche, die zum Teil auf theoretiſchen Grundlagen beruhen. Unterſuchungen der letzteren Art ſind im allgemeinen dann überhaupt nicht zu vermeiden, wenn es ſich um Konſtruktionen handelt, die weit über die vorausgegangenen Erfahrungen hinausgehen. So ſtieg die größte Spannweite ausgeführter Balkenbrücken 1848 von 52 auf 126 m (Conwaybrücke), 1890 von 250 auf 521 m (Forthbrücke) [22], S. 471. Nach dem Projekte Lindenthals für die North River-Brücke in New York würden die Spannweiten der Hängebrücken plötzlich von 487 auf 945 m gelangen. Ueber Voruntersuchungen bezüglich der Forthbridge ſ. z. B. [4], [5] und bezüglich größter Spannweiten von Hängebrücken [22], S. 633. Weicht das auf Grund der Dimenſionenberechnung erhaltene Eigengewicht erheblich von der Annahme bei der ſtatiſchen Berechnung ab, ſo muß die Berechnung ganz oder teilweiſe wiederholt werden. Die württembergiſche Straßenbauverwaltung beiſpielsweiſe ſchreibt als Grenze hierfür 10 % vor. Bei ſtatiſch unbeſtimmten Konſtruktionen (ſolche, deren Stützenreaktionen und inneren Kräfte nicht ſämtlich durch die Geſetze der Statik allein beſtimmt ſind) genügt es häufig nicht, das Eigengewicht im allgemeinen zu kennen, da die bei der ſtatiſchen Berechnung zu verwendenden Formeln die Querſchnitte ſelbſt oder von dieſen unmittelbar abhängige Größen enthalten (Trägheitsmomente u. ſ. w.). Alsdann ſind die Querſchnitte zunächſt durch eine vorläufige Berechnung mittels möglichſt einfacher, wenn auch weniger genauer Formeln und Methoden annähernd feſtzuſtellen. — Bei der Dimenſionenberechnung kommen ferner in Betracht die Mängel und Unſicherheiten, die der ſtatiſchen Berechnung anhaften. Letztere muß von Vorausſetzungen ausgehen, die zum Teil ſtark von der Wirklichkeit abweichen (reibungsloſe Auflager, gelenkartige Knotenpunkte bei Fachwerken, biegungsloſe Beanſpruchung von Druckgliedern u. ſ. w.). Infolgedeſſen kommen zu den jenen Vorausſetzungen entſprechenden Grundſpannungen noch gewiſſe durch dieſe Abweichungen bedingte Nebenſpannungen (ſ. d. und [11]). Dieſelben ſind, ſoweit angängig, nachträglich zu berückſichtigen, jedenfalls alſo die Knickwirkung bei gedrückten Stäben und exzentriſche Krafteintragungen; für manche Einflüſſe aber würde dies anders als ſchätzungsweiſe nur durch ſolche Rechnungen möglich ſein, die infolge ihrer Umſtändlichkeit oder Unzuverläſſigkeit in der Praxis keine Verwendung gefunden haben. Bei der Dimenſionierung iſt auf alle Unſicherheiten, zu denen auch die Vorausſetzungen der Elaſtizitätslehre bei ſtatiſch unbeſtimmten Konſtruktionen gehören, wie auf alle Ergebniſſe der Erfahrung Rückſicht zu nehmen (ſ. z. B. Biegungsfeſtigkeit, Blechträger, Fachwerke), jedes ſchablonenmäßige Vorgehen iſt zu vermeiden. Die zuläſſigen Beanſpruchungen ſind um ſo geringer zu wählen, je weniger genau und zuverläſſig die ſtatiſche Berechnung iſt, je ungünſtiger die nicht rechneriſch verfolgten oder geſchätzten Einflüſſe zu beurteilen ſind. Eine Hauptaufgabe des Konſtrukteurs beſteht aber darin, alle Nebenſpannungen ſo weit herabzuſetzen, als die Rückſichten auf die Sicherheit und Zweckmäßigkeit der Konſtruktion überhaupt geſtatten. Werden die anerkannten Regeln der Konſtruktion und Berechnung, der Ausführung und Unterhaltung befolgt, ſo liefern die bisherigen Erfahrungen mit Ingenieurkonſtruktionen keinen Grund zur Beunruhigung, da bei eingeſtürzten Brücken ſtets Verfehlungen gegen jene Regeln vorlagen (meiſt mangelhafte Querverſteifung oder ungenügende Berückſichtigung der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Knickwirkungen), während bei neueren Bruchverſuchen mit ausgeſchalteten oder eigens hergeſtellten Konſtruktionen (Blechträger, Fachwerke, Gewölbe) die Bruchlaſt ſich nicht allzu weit von der rechneriſch begründeten entfernte, wobei allerdings für Gewölbe angenommen werden muß, daß in allen nicht erfahrungsmäßig feſtſtehenden Fällen auf Grund der Theorie elaſtiſcher Bogenträger gerechnet wird [16], S. 88 [17]. — Die dritte Hauptfrage bei der Dimenſionenberechnung betrifft die Feſtſetzung der zuläſſigen Beanſpruchungen pro Flächeneinheit, ſelbſt bei genau beſtimmten Beanſpruchungen im ganzen. Am wichtigſten iſt dieſe Frage im Brückenbau, weil hier die größten Materialmengen in Betracht kommen (die Forthbrücke enthält 1 080 000 Ztr. Stahl), zahlreiche Glieder unter annähernd gleichen Verhältniſſen wirken und unbeſchränkte Dauer beanſprucht wird. Es ſind deshalb mit beſonderer Rückſicht auf Brücken zahlreiche Dimenſionierungsmethoden vorgeſchlagen und zum Teil in die Praxis eingeführt worden (vgl. Zuläſſige Beanſpruchung und [8], S. 165), die ſich im weſentlichen durch die zugelaſſenen Beanſpruchungen *b* pro Flächeneinheit unterſcheiden. Früher wählte man faſt allgemein für Brücken und Hochbau, große und kleine Spannweiten, ruhende und bewegte Laſt den gleichen Wert *b* (in Preußen z. B. für Schweißeiſen bei Zug und Druck 100 Ztr. pro Quadratzoll = 730 kg pro Quadratzentimeter), obſchon die Elaſtizitätstheorie zeigt, daß bei plötzlich wirkender Belaſtung die Beanſpruchungen doppelt ſo groß als bei ruhender oder ganz allmählich anwachſender werden können. Im Maſchinenbau jedoch, wo die Verhältniſſe der Beanſpruchungen und die verlangte Dauer der Konſtruktionen mannigfaltiger ſind, hatten ſich auf dem Wege der Erfahrung ſehr verſchiedene zuläſſige Beanſpruchungen herausgebildet, die in gegebenen Fällen zur Verwendung kamen, ohne daß ein erſichtlicher Zuſammenhang zwiſchen denſelben beſtand. Durch die 1859—70 von Wöhler angeſtellten Verſuche über den Einfluß wiederholter Anſtrengungen [1], die ältere Reſultate von Albert, Douglas Dalton und Fairbairn [8], S. 57, beſtätigten und ihrerſeits durch nachfolgende Verſuche von Spangenberg [2] und Baufchinger [6] Ergänzung fanden, wurde bei aller Verſchiedenheit der Deutung und Verwertung wenigſtens ſo viel erreicht, daß den verſchiedenen Verhältniſſen der Beanſpruchungen bei Ingenieurkonſtruktionen allſeitig mehr Rechnung getragen und in die große Anzahl zuläſſiger Beanſpruchungen des Maſchinenbaues mehr Ordnung gebracht wurde [21]. Als vorteilhaft erwieſen ſich hierbei die durch ſtaatliche Verſuchsanſtalten vermittelte genauere Kenntnis des Materials und umfaſſende Erfahrungen mit ausgeführten Konſtruktionen. Neuere Vorſchriften über die Belaſtung und Dimenſionierung von Ingenieurkonſtruktionen enthalten eine Reihe der untenangeführten Schriften; ſ. a. Eigengewicht, Verkehrslaſt, Zuläſſige Beanſpruchung, Biegungsfeſtigkeit u. ſ. w.

Literatur: [1] Wöhler, Die Feſtigkeitsverſuche mit Eiſen und Stahl, Berlin 1870 (nach Zeitſchr. f. Bauweſen 1870, S. 73). — [2] Spangenberg, Ueber das Verhalten der Metalle bei wiederholten Anſtrengungen, Berlin 1875 (nach Zeitſchr. f. Bauweſen 1874, S. 474, und 1875, S. 78). — [3] Engeſſer, Zeitſchr. f. Bauweſen 1877, S. 207 (Eigengewichte von Bogenbrücken); 1878, S. 203 (Balkenbrücken); Zeitſchr. f. Baukunde 1881, S. 63 (Straßenbrücken); Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1894, S. 319 (Eiſerne Pfeiler). — [4] Clarke, On iron bridges of very large span, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, London 1878. — [5] Am Ende, On the weight and limiting dimensions of girder bridges, Proceed. of the Inst. of Civil Eng., London 1881. — [6] Baufchinger, Mitteilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der K. Techniſchen Hochſchule München, Heft 13, 1886. — [7] Winkler, Theorie der Brücken, I, Aeußere Kräfte gerader Träger, Wien 1886, S. 7. — [8] Weyrauch, Die Feſtigkeitseigenſchaften und Methoden der Dimenſionenberechnung von Eiſen- und Stahlkonſtruktionen, Leipzig 1889. — [9] Proscriptions relatives aux calculs, à la surveillance et à l'entretien des ponts métalliques, en France et dans les différents pays d'Europe, Revue générale des chemins de fer 1891, S. 247 (vgl. Zeitſchr. d. Vereines deutſcher Ingen. 1892, S. 659; Zentralblatt d. Bauverwalt. 1892, S. 277). — [10] Verordnung, betreffend Berechnung und Prüfung der eiſernen Brücken- und Dachkonſtruktionen auf den ſchweizeriſchen Eiſenbahnen, Schweiz. Bauztg. 1892, Bd. 20, S. 86. — [11] Engeſſer, Die Zuſatzkräfte und Nebenſpannungen eiſerner Fachwerkbrücken, Berlin 1892—93. — [12] Sehfehlner, Beiträge zu den bei eiſernen Balkenbrücken vorkommenden Berechnungen, Allgemeine Bauztg. 1893, S. 25, 33, 49, 57, 73, 89. — [13] Bedingungen für die Lieferung von Eiſenkonſtruktionen zu Brücken und Hochbauten der ſächſiſchen Bahnen, Schweiz. Bauztg. 1894, Bd. 24, S. 32. — [14] Bayriſche Beſtimmungen ſ. Gerber, Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingen. 1894, S. 1039, 1067, 1103. — [15] Melan, Die North-Riverbrücke, Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1895, S. 365. — [16] Bericht des Gewölbeausſchuſſes d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins, Wien 1895. — [17] Weyrauch, Einige Ergebniſſe der Wiener Gewölbeverſuche, Zeitſchr. f. Architektur- u. Ingenieurweſen, Wochenausgabe 1897, S. 99, 105. — [18] v. Borries, Beitrag zur überſchläglichen Gewichtsermittlung eiſerner Brücken, Zentralblatt d. Bauverwalt. 1897, S. 156. — [19] Handbuch der Architektur, 1. Teil, Bd. 1, Heft 2: Die Statik der Hochbaukonſtruktionen, von Landsberg, Stuttgart 1899, S. 17. — [20] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2, 2. Abt.: Die eiſernen Brücken im allgemeinen u. ſ. w., Leipzig 1901, S. 1. — [21] Bach, Die Maſchinenelemente, ihre Berechnung und Konſtruktion mit Rückſicht auf die neueren Verſuche, Stuttgart 1901 (1. Aufl. 1881). — [22] Weyrauch, Ueber d. Zunahme der Brückenſpannweiten im 19. Jahrhundert, Zeitſchr. f. Bauweſen 1901, S. 465, 617. — [23] Dirkſen, Die neuen Belaſtungsvorſchriften für die eiſernen Brücken der preußiſchen Staatsbahnverwaltung vom April 1901, Zentralblatt d. Bauverwalt. 1901, S. 381. — [24] „Hütte", II, Berlin 1902, S. 218. — [25] Vorſchriften über das Entwerfen der Brücken mit eiſernem Ueberbau (f. d. preußiſche Staatsbahn), Zentralblatt d. Bauverwalt. 1903, S. 301. — [26] Dirkſen, Eigengewichte eingleiſiger eiſerner Brücken der preußiſchen Staatsbahn, Zentralblatt d. Bauverwalt. 1904, S. 33. — [27] Die neuen öſterreichiſchen Vorſchriften für den Bau und die Unterhaltung der Eiſenbahn- u. ſ. w. Brücken mit eiſernen und hölzernen Tragwerken, Zentralblatt d. Bauverwalt. 1904, S. 581 (Wortlaut vom 28. Auguſt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

1904 in der Zeitſchr. f. d. allgem. Baudienſt). — [28] Börner, Statiſche Tabellen, Belaſtungsangaben und Formeln, Berlin 1904. *Weyrauch.*

Dimethyl, ſ. Aethan.

Dimethylanilin, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Dimetriſche Projektion, ſ. Axonometrie.

Dimity, ſ. Weberei.

Dimorphismus, Dimorphie (Polymorphismus, Heteromorphismus) nennt man in der Kriſtallographie die Eigenſchaft einer Subſtanz, in zwei oder auch mehreren (heteromorphen) ſelbſtändigen, nicht miteinander zuſammenhängenden Formen zu kriſtalliſieren.

So z. B. kriſtalliſiert die Subſtanz des kohlenſauren Kalkes (CO_3Ca) als Kalkſpat rhomboëdriſch und als Aragonit rhombiſch, alſo in zwei vollſtändig verſchiedenen Formen. Auch der Kohlenſtoff iſt dimorph, als Diamant regulär, als Graphit monoklin, ebenſo das Schwefeleiſen (FeS_2), als Schwefelkies regulär, als Markaſit rhombiſch. *Leppla.*

Dinar, ſerbiſche Einheitsmünze, = 1 Fr. Scheidemünze = 0,7515 ℳ. = 100 Paras.

Dinasſandſtein wird ein der Silurformation angehöriger hellgrauer Quarzſandſtein aus dem Neathtale in Südwales (England) genannt.

Er wird gemahlen und mit Kalkzuſatz zu den ſogenannten Dinasſteinen verarbeitet und gebrannt (feuerfeſte Ziegel). Nach Weſton enthält der ziemlich leicht zu Sand zerfallende Sandſtein etwa 97—98% SiO_2, 1—2% Tonerde, 0,2—0,5% Eiſenoxydul, 0,4% Kalkerde, Natron und Kali. Aehnliche Quarzſandſteine kommen in den Quarziten des mitteleuropäiſchen Unterdevon (am Rhein) und in alten Schiefern vor. *Leppla.*

Dinasſteine, ſ. Steine, feuerfeſte.

Dingi, kleines Ruderboot für einen Ruderer mit zwei Riemen; ſ. Bootsbau.

Diophantiſche Gleichungen, ſolche Gleichungen, bei denen die Anzahl der Unbekannten größer iſt als die Zahl der Gleichungen, wobei aber für die Unbekannten nur ganze Zahlen als Löſungen zugelaſſen werden. Die Zahl der Löſungen iſt unendlich groß, aber ſie laſſen ſich auf eine oder endlich viele allgemeine Löſungen, die Parameter enthalten, zurückführen.

a) Um eine diophantiſche Gleichung erſten Grades mit zwei Unbekannten x und y aufzulöſen, dient am beſten die Kettenbruchmethode [1], S. 55. Iſt $ax - bx = k$ gegeben, ſo entwickelt man $\frac{a}{b}$ in einem Kettenbruch. Der Bruch $\frac{a}{b}$ ſelbſt ſei der $n.$, der Bruch $\frac{a_1}{b_1}$ der $n-1.$ Näherungsbruch. Dann iſt die allgemeine Löſung $x = (-1)^{n-1} k a_1 + b w$; $y = (-1)^{n-1} k b_1 + a w$, wo w eine beliebige ganze Zahl (Parameter). Von andern Methoden erwähnen wir noch diejenige von Euler [1], S. 50, die auch auf mehrere Unbekannte und mehrere Gleichungen anwendbar iſt, die Methode der Kongruenzen (S. 377) und die Cauchyſche Methode (S. 387), die ſich auf den Fermatſchen Satz gründet. Die Auflöſung mit Zulaſſung komplexer, aber ganzzahliger Unbekannter ſ. [1], S. 598.

b) Während die Löſung der diophantiſchen Gleichungen erſten Grades in die niedere Analyſis gehört, ſetzt die Auflöſung derjenigen zweiten Grades eingehendere Kenntniſſe in der Zahlentheorie voraus. Methoden finden ſich in [1] für eine Gleichung mit 2 Unbekannten ohne lineare Glieder (S. 260), für die allgemeine Gleichung mit 2 Unbekannten (S. 336), für ſolche mit 3 Unbekannten (S. 483) — hierher gehört die pythagoräiſche Gleichung $x^2 + y^2 = z^2$ — und ſolche mit 4 Unbekannten (S. 527), endlich auch für den Fall, daß komplexe Unbekannte zugelaſſen werden (S. 633).

c) Diophantiſche Gleichungen im weiteren Sinne ſind ſolche Gleichungen zweiten und höheren Grades, deren Löſungen nicht ganzzahlig, ſondern nur rational ſein müſſen.

Literatur: [1] Scheffler, H., Die unbeſtimmte Analytik, I—II, Hannover 1854. — [2] Berkhan, C. A. W., Lehrbuch der unbeſtimmten Analytik, I—II, Halle 1855—56. — [3] Schüler, W. F., Lehrbuch der unbeſtimmten Gleichungen des erſten Grades, I, Stuttgart 1897. — [4] Bachmann, P., Zahlentheorie, II, Abſchnitt 2, Leipzig 1899. — [5] Wertheim, G., Anfangsgründe der Zahlentheorie, 4. Kap., Braunſchweig 1902. *Wölffing.*

Diopſid, ſ. Augit.

Dioptas (Kupferſmaragd, Achirit), Mineral, waſſerhaltiges Kupferſilikat H_2CuSiO_4 (38,12% SiO_2, 50,44% CuO, 11,44% H_2O), kriſtalliſiert hexagonal, meiſt kurzſäulenförmig, ſpaltet nach dem Rhomboëder; ſchön ſmaragdgrün, auch wohl dunkelgrün, glasglänzend, wenig durchſichtig bis durchſcheinend; ſpröd; Härte 5; ſpez. Gew. 3,27—3,35. Schmilzt nicht vor dem Lötrohr, wird aber rot oder ſchwarz. Löslich in Salpeter- und Salzſäure; wird beim Glühen unter Waſſerverluſt braun. Seiner ſchönen Farbe und der Seltenheit wegen wird Dioptas an den Orten ſeines Vorkommens (Perſien, Ural, Rußland) als Schmuckſtein verwendet; die geringe Härte und Durchſichtigkeit hindert meiſt dieſe Benutzung. *Leppla.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diopter (Durchſehen, Abſehen) ſind Zielvorrichtungen, insbeſondere an geodätiſchen Inſtrumenten, jedoch auf ſolche Inſtrumente beſchränkt, die eine geringe Zielgenauigkeit beanſpruchen, wie z. B. Winkelklopf (-Kreuz), Neigungs-(Höhen-)Meſſer, Senkelrahmen, Buſſolen, Diopterlineal, Heliotrop. Sie dienen auch neben dem Fernrohr als Sucher zur genäherten Einſtellung oder für ſehr nahe Ziele.



Eine Linie, alſo auch eine Abſeh- oder Ziellinie, wird beſtimmt durch zwei in feſte Verbindung miteinander gebrachte Punkte; eine Ebene, alſo auch eine Abſeh- oder Zielebene, durch einen Punkt und eine Linie oder durch zwei (in einer Ebene liegende) Linien. Hierauf beruht die Konſtruktion des Diopters aus den beiden Teilen Okular und Objektiv. Dieſe können gebildet werden durch einfache Anordnungen, ähnlich der Zielvorrichtung am Gewehre (Kimme und Korn) oder durch Sehloch oder Sehſpalt und Zielfaden und Fadenkreuz oder Zielſpalt. Letztere Anordnungen ſind für geodätiſche Inſtrumente der obengenannten Art die geeignetſten und gebräuchlichſten. Die nebenſtehende Figur gibt eine Ueberſicht über einige Anordnungen von Okular und Objektiv. Die erſte zeigt ein Diopter zur Herſtellung von Ziellinien (z. B. an Neigungsmeſſer und Heliotrop), die übrigen geben Diopter an zur Herſtellung von Abſehebenen, wie es nach dem Prinzip verſchiedener Inſtrumente (z. B. Winkeltrommel oder Buſſolen) erforderlich wird; die letzte Anordnung endlich iſt ein Doppeldiopter, wodurch eine Hin- und Herzielung ermöglicht wird, wie es zuweilen, z. B. an Winkeltrommeln, Diopterlinealen, Aſtrolabien u. ſ. w. vorgeſehen iſt. Dasſelbe kann auch erreicht werden durch Anwendung von Seh- und Zielſpalt. Durch Anordnung einer Reihe von Sehlöchern oder eines Sehſpaltes (vgl. die Figur) als Okular wird in der Zielebene ein entſprechend größerer Geſichtswinkel gewonnen, wie es für geneigte Ziellinien notwendig iſt. Wird zu demſelben Zweck auf der um eine (horizontale) Achſe drehbar eingerichteten Okularplatte ein kleines zweites Diopter mit derſelben Abſehebene wie das Hauptdiopter angebracht, ſo hat man ein ſogenanntes Bergdiopter.

Bei den für die Herſtellung lotrechter Abſehebenen eingerichteten Dioptern iſt zu prüfen, ob Okular- und Objektivſpalt, -ſehlochreihe, -faden, in derſelben Ebene liegen; dies geſchieht am einfachſten dadurch, daß ein Lotfaden angezielt und geprüft wird, ob derſelbe bei Zielungen durch alle Sehlöcher der Reihe bezw. alle Teile der Sehſpalte ſcharf eingeſtellt erſcheint. Die Prüfung von Doppeldioptern erfolgt bei feſtſtehendem Inſtrument durch Abſtecken einer Reihe von Fluchtſtäben nach jeder Zielrichtung hin und Prüfung, ob die beiden Richtungen angehörenden Stäbe in einer Abſehebene (Linie) liegen. Beſeitigung der eventuell gefundenen Abweichung durch Richtigſtellung des Fadens. (Unrichtig geſchnittene Spalten können nicht verbeſſert werden.) Zur Erhöhung der Genauigkeit ſollen Objektiv und Okular wenn möglich in einer inwendig geſchwärzten Röhre angebracht werden. Die Sehlöcher ſollen eine Oeffnung von etwa $^3/_4$—1 mm, die Spalten von $^1/_2$—$^3/_4$ mm haben [1]. Dadurch wird ein genügendes Geſichtsfeld und eine genügende Genauigkeit erzielt. Die Fäden ſollen in deutlicher Sehweite gut ſichtbar, aber nicht zu ſtark ſein (Seidenfaden, Pferdehaar, ſchwarzer Strich auf feiner Glasplatte, feiner geſchwärzter Draht oder Lamelle). Die Genauigkeit der Zielung wird beeinträchtigt durch zu geringen Abſtand des Okulars und Objektivs; derſelbe ſoll nach Möglichkeit nicht kleiner als die günſtigſte Sehweite (normal 25 cm) ſein. Da dies für kleine Inſtrumente (Winkeltrommel, Neigungsmeſſer u. ſ. w.) meiſtens zu groß iſt, kann nicht das Maximum der mit Dioptern möglichen Zielgenauigkeit (10″—20″) erreicht werden [1], ſondern es muß bei einer geringeren Genauigkeit (im Mittel etwa 1′—2′) ſein Bewenden haben. Der Genauigkeit der Diopter iſt von vornherein eine Grenze geſteckt durch die Akkommodationsfähigkeit des Auges, das nicht verſchieden entfernte Gegenſtände (Zielfaden und Zielpunkt) gleichzeitig gleich ſcharf erkennen kann. In dieſem Umſtand iſt weſentlich die allgemeine Verbreitung des Fernrohrs als Zielinſtrument ſelbſt bei kleineren Meßinſtrumenten und die Konſtruktion des ſogenannten Fernrohrdiopters (ſ. d.) begründet.

Diopterlineal iſt ein Lineal oder Arm, deſſen Enden ein Diopter tragen. Die Vorrichtung dient zum Ziehen von Richtungen auf dem Meßtiſch (ſ. d.) wie die Kippregel (ſ. d.), oder als Zeiger, Alhidade (ſ. d.) an Winkelmeſſern, z. B. dem Aſtrolabium (ſ. d.). In dieſem Fall ſollen Abſehlinie (-ebene) Indexlinie der Alhidade (früher linea fiduciae genannt) und Drehachſe in einer Ebene liegen.

Literatur: [1] Stampfer, Ueber die Genauigkeit des Viſierens, Jahrbücher des k. k. polytechn. Inſtituts in Wien, Bd. 18, Jahrg. 1834.

Reinhertz.

Dioptrik (Anaklaſtik), die Lehre vom durchgehenden Lichte im Gegenſatz zu Katoptrik, der Lehre vom zurückgeworfenen Lichte; ſie bildete in der Optik des 16. und 17. Jahrhunderts mit dieſer die optiſche Wiſſenſchaft. Jetzt bezeichnet Dioptrik die Lehre von der Brechung im engeren Sinn mit Ausſchluß der Diſperſion und der Doppelbrechung. Ueber die Geſchichte dieſer phyſikaliſchen Disziplin vgl. Licht, Optik.

Aug. Schmidt.

Dioptriſch, auf der Lichtbrechung beruhend. Dioptriſche Fernrohre ſind die Refraktoren im Gegenſatz zu den katoptriſchen, den Reflektoren.

Diorama, ſ. Panorama.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diorit wird in der Geſteinskunde ein älteres, vortertiäres Geſtein genannt, das weſentlich aus einem Kalknatronfeldſpat (Plagioklas) und Hornblende beſteht. Als nicht weſentliche, aber für gewiſſe Abarten charakteriſtiſche Gemengteile kommen noch Glimmer (Biotit), Quarz, auch Augit hinzu. Außerdem fehlen Orthoklas, Apatit, Magnet- und Titaneiſen faſt niemals. Iſt das Geſtein in Umwandlung begriffen, ſo treten auch noch Epidot, Quarz, Viridit, Kaolin, Muskovit, Kalkſpat, Eiſenhydroxyde und Schwefelkies als Neubildungen auf.

Die zum Diorit gehörigen Geſteine haben in friſchem Zuſtand je nach dem größeren oder geringeren Gehalt an Hornblende eine mehr oder minder dunkle bis ſchwarze Farbe, die um ſo gleichmäßiger, je feiner das Korn des Geſteins iſt. Grobkörnige Arten ſind ſelten; meiſt herrſchen mittel- und feinkörnige ſowie dichte (Dioritaphanit) Geſteine vor. Sehr häufig wechſelt die Korngröße in ein und demſelben Vorkommen; ſo z. B. zeigen ſich an den Rändern der Gänge und Stöcke meiſt feinkörnige, im Innern derſelben grobkörnige Abarten. Was das Gefüge angeht, ſo ſind die Diorite ſtets körnig; freilich läßt ſich dies und die mineraliſche Zuſammenſetzung bei den dichteren Arten erſt unter dem Mikroſkop erkennen. Die einzelnen Hauptgemengteile zeigen mitunter keine Spur von äußerer Kriſtallbegrenzung. Oefter noch wird das Gefüge porphyrartig dadurch, daß die Hauptgemengteile in zwei Generationen als Einſprenglinge und als Grundmaſſe auftreten. Solche Geſteine nähern ſich den Porphyriten und wurden teilweiſe als Dioritporphyre bezeichnet. Eine eigenartige, durch radialſtrahlige Anordnung der Hauptgemengteile in kugelförmigen Aggregaten erzeugte Abart iſt der ſogenannte Kugeldiorit (Corſit) von Korſika. Blaſige Diorite und demnach auch mandelſteinartige ſind ſehr ſelten. Durch Quetſchungen und Gebirgsdruck werden manche Diorite ſchieferig, indem die zertrümmerten Gemengteile mit ihren Längsrichtungen eine parallele Lage einnehmen (Dioritſchiefer). Ihrer chemiſchen Natur nach ſind die Diorite etwas kieſelſäurereicher als die nahverwandten und oft mit ihnen verwechſelten Diabaſen. Sie enthalten 49—59% SiO_2, 15—22% Al_2O_3, 7—13% $FeO + Fe_2O_3$, 6—12% CaO, 2—8% MgO, 1—4% Na_2O und 0,5—2% K_2O. Im allgemeinen überwiegt Kalkerde die Magneſia und Natron das Kali. Das ſpez. Gew. ſchwankt zwiſchen 2,75 und 2,95, und zwar ſteigt es mit der Abnahme an Kieſelſäure. Die Härte der einzelnen Gemengteile liegt zwiſchen 5,5 und 7, ſoweit Quarz beigemengt iſt. Im allgemeinen gehören die Diorite zu den zäheſten Maſſengeſteinen, vornehmlich der faſerigen oder lamellaren Hornblende oder deren chloritiſchen Zerſetzungsprodukte wegen. Die Beimengung von reſteckenausfüllendem Quarz erhöht die Zähigkeit und Widerſtandskraft. Die Bearbeitung, Spaltung und Zurichtung der Diorite begegnet großen Schwierigkeiten. — Bei der Umwandlung trübt ſich zunächſt der Feldſpat; es bilden ſich aus ihm Kaolin, Muskovit und Kalkſpat, während die Hornblende in der Regel in chloritiſche Subſtanz, ſeltener in Serpentin oder Epidot übergeht. Die weiter fortſchreitende Umwandlung liefert unter Lockerung des Zuſammenhanges der Gemengteile und Zerfall derſelben einen eiſenreichen, mehr oder minder ſandigen Lehm, nach Wegführung der Alkalien und des Kalkes. Hierbei ſchreitet die Verwitterung bei den prismatiſch abgeſonderten Stücken von außen nach innen vor und liefert oft kugeligſchalige Formen, deren Kern noch mehr oder minder friſch iſt.

Der Diorit bildet ſelten größere Gebirge; meiſt tritt er in kleinen Stöcken und Gängen auf und iſt ſonach in der Hauptſache das Erſtarrungsprodukt eines in Spalten und Hohlräumen eingepreßten Magmas. Dies Verhalten macht die bedeutenden Schwankungen in der Korngröße des einzelnen Vorkommens ſowie den Mangel an Mandelſteinbildungen erklärlich. Ihre Abſonderung iſt die bei Ganggeſteinen übliche, eine großprismatiſche oder ſäulenförmige, aus der, wie bereits bemerkt, bei der Verwitterung Kugelformen hervorgehen können. Die Verbreitung iſt eine ſehr geringe und nimmt noch ab, da es ſich ſeit Einführung der mikroſkopiſchen Unterſuchung gezeigt hat, daß eine große Reihe von Dioriten nicht urſprünglich gebildete, ſondern ſpäter aus Augit erſt durch molekulare Umlagerung entſtandene Hornblende (Uralit) führen, alſo nicht Diorite, ſondern Diabaſe genannt werden müſſen. Man darf daher echte Diorite zu den ſeltenen Eruptivgeſteinen rechnen. Schwarzwald, Odenwald, Vogeſen, Fichtelgebirge, Harz u. ſ. w. führen Diorite. Der ſogenannte Odenwaldſyenit von Lindenfels iſt ein Diorit.

Nach ihrer mineraliſchen Zuſammenſetzung unterſcheidet man: 1. Hornblendediorit oder eigentlichen Diorit, der nur Hornblende und Feldſpat (Plagioklas) als weſentliche Gemengteile führt. 2. Glimmerdiorit, vorwiegend aus dunkelm Magneſiaglimmer und Plagioklas beſtehend. Etwas kieſelſäurereicher als voriger. 3. Quarzglimmerdiorit oder Tonalit, weſentlich aus Quarz, Magneſiaglimmer und Plagioklas beſtehend, kieſelſäurereicher als voriger (bis zu 70%), ſteht dem Granit ſehr nahe. 4. Quarzdiorit oder Quarzhornblendediorit, mit Quarz, Hornblende und Plagioklas als Hauptgemengteile. 5. Augitdiorit, neben Hornblende und Plagioklas noch Augit enthaltend, kieſelſäurearm. 6. Epidiorit, ein feinkörniger bis dichter Augitdiorit, ſteht dem Diabas ſehr nahe.

Man kann im allgemeinen die Diorite zu den gegen Druck widerſtandsfähigſten Geſteinen zählen, und zwar wegen der oft faſerigen Hornblende und deren chloritiſchem Umwandlungsprodukt. Die Geſteine beſitzen einen außerordentlich hohen Grad von Zähigkeit, ſpalten und ſpringen ſchwer und ſind daher ſchwer zu bearbeiten. Die Gegenwart von Quarz vermehrt noch in einzelnen Unterarten die Härte; dagegen iſt das reichliche Auftreten von Glimmer kein Vorzug bei ſtarker Inanſpruchnahme durch Druck und Zug. Die genannten Vorzüge machen den Diorit zu einem hervorragenden Straßenbaumaterial, beſonders geeignet zu Kleinſchlag (Schotter). Die Druckfeſtigkeit ſteigt bei einzelnen Vorkommen bis zu 2000 kg auf 1 qcm. Der Kugeldiorit von Korſika (zwiſchen Sartene und Santa Lucia de Tallano) wird ſeines ſchönen Ausſehens wegen als Dekorationsſtein verarbeitet, auch geſchliffen und poliert, ebenſo auch friſche Diorite von ſchwarzer Farbe im Odenwald.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, Leipzig 1894, 2. Aufl., Bd. 2, S. 468; Kalkowsky, Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886, S. 94; Herrmann, O., Steinbruchinduſtrie und Geologie, Berlin 1899. *Leppla.*

Dioritaphanit, ſ. Diorit.

Dioritgneis, ſ. Gneis.

Dioritporphyr, Dioritſchiefer, ſ. Diorit.

Diosmoſe, ſ. v. w. Endosmoſe (ſ. d.).

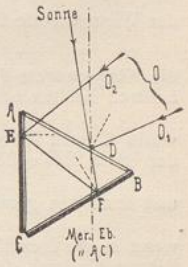
Diphenyl $C_{12}H_{10}$, farbloſe, in Aether und Alkohol leicht lösliche Blättchen, ſchmilzt bei 70°, ſiedet bei 254°. Gewonnen aus dem Steinkohlenteer, entſteht es auch beim Behandeln von Phenol mit Kalium, von Brombenzol mit Natrium ſowie aus Benzoldämpfen, die man durch glühende Röhren leitet, u. ſ. w. Liefert zahlreiche Derivate. *Bujard.*

Diphenylamin, -blau, -orange, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Diphyakalke werden der oberſten weißen Juraformation (Malm) oder der tithoniſchen Formation der deutſchen Alpen angehörige, ſehr dichte, weiße, plattige Kalkſteine genannt, die nach einer charakteriſtiſchen Armfüßermuſchel, der Terebratula diphya, genannt und örtlich zur Mörtelbereitung gebrannt werden. Im Oſten der Alpen werden die Kalkſteine breccienartig; in der Schweiz nehmen ſie dunkle Farben an. Die roten, marmorartigen, ſehr deutlich geſchichteten und in großen Platten brechenden Diphyakalke der Gegend von Trient und Roveredo (Südtirol) werden zu Hochbauten und als Dekorationsſteine, geſchliffen und poliert, verwendet. *Leppla.*

Dipleidoſkop, ein von dem engliſchen Uhrmacher Dent (nach den Angaben von Bloxam) konſtruiertes, von Plößl in Wien verbeſſertes Inſtrument zur Zeitbeſtimmung durch Feſtſtellung des Augenblicks des Meridiandurchgangs der Sonne oder eines andern hellen Geſtirns (vgl. Zeitbeſtimmung, ferner Paſſagenprisma).

Es beſteht aus zwei Planſpiegeln und einer unbelegten Glasplatte, die zu einem gleichſeitigen Prisma nach Art der Figur zuſammengeſtellt ſind: CA, CB ſind die Spiegel, AB die Platte; von O her ſieht man der Figur gemäß zwei Sonnenbilder, je eines auf dem Strahlweg O_1DS und O_2EFS, die ſich, wie leicht an der Figur zu verfolgen iſt, aufeinander zu oder voneinander weg bewegen, ſolange die Sonne auf ihrer Tagesbahn links oder rechts von der Ebene CA ſteht; ſie fallen zuſammen, wenn die Sonne in der Ebene CA ſteht. Stellt man das Inſtrument ſo auf, daß die Spiegelebene CA im Meridian liegt, ſo entſpricht alſo der Augenblick der Deckung der beiden Sonnenbilder (durch zweimalige Randberührung ſcharf aufzufaſſen, ohne Fernrohr am Inſtrument auf etwa 2ˢ, mit Fernrohren von nur etwa drei- bis ſechsmaliger Vergrößerung ſchon bis auf 1ˢ und 0ˢ,5 genau) dem Augenblick des wahren Mittags. Die entſprechend genaue feſte Aufſtellung des Inſtruments (Spiegelebene CA im Meridian) iſt natürlich erſt nach längeren Verſuchen zu erreichen. Die Kopfhaltung bei der Beobachtung iſt zu manchen Jahreszeiten unbequem (die Abhilfe dadurch, daß man an dem Inſtrument die Neigung der Prismenkanten A, B, C veränderbar macht, verlangt, daß man ſich dann für jede neue Einſtellung des Inſtrumentchens erſt wieder davon überzeugt, ob die Ebene CA mit genügender Genauigkeit im Meridian ſteht). Das Inſtrument hat mit Recht große Verbreitung erlangt, iſt aber jetzt durch das Paſſagenprisma etwas verdrängt. Preis 40—80 ℳ (je nachdem ein Fernröhrchen vorhanden iſt oder nicht und je nach ſonſtiger Ausſtattung).



Literatur: Dent, On the Dipleidoscope, London 1844 (ſpäter oft wieder aufgelegt); Heinen, Das Dipleidoſkop, Düſſeldorf 1847; (Grunerts) Archiv der Mathematik und Phyſik, Bd. 5, S. 337 und 343 (Grunert und G. Schmidt); Jordan, Grundzüge aſtronomiſcher Zeit- und Ortsbeſtimmung, Berlin 1885, S. 142—146, u. ſ. w. *Ambronn.*

Dippel (Dübbel), in der Böttcherei kurze Holzſtifte, mit denen die einzelnen Bretter der Faßböden miteinander verbunden werden. *Dalchow.*

Dippeleiſen (Dübbeleiſen), ein zur Herſtellung von Dippeln dienendes Hohleiſen. Die Herſtellung erfolgt dadurch, daß Holzſtäbe der Länge nach durch das Eiſen hindurchgeſchlagen werden. *Dalchow.*

Dipteros (Dipteraltempel) werden griechiſche Tempel genannt, die von zwei Säulenreihen rings umgeben ſind. *Weinbrenner.*

Diptychon, ein Flügelaltar, der aus zwei Teilen beſteht. S. Altar.

Directrix heißt die Polare eines Brennpunkts eines Kegelſchnitts in bezug auf letzteren.

Es gibt zwei reelle und zwei imaginäre Directricen. Der Abſtand eines Kurvenpunktes vom zugehörigen Brennpunkt iſt proportional zu ſeinem Abſtand von der Directrix, und zwar

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

iſt der erſtere Abſtand bei der Ellipſe kleiner, bei der Hyperbel größer als der letztere; bei der Parabel ſind beide einander gleich. Die Tangenten in den Endpunkten einer durch den Brennpunkt gehenden Sehne treffen ſich auf der zugehörigen Directrix. — Der Ort des Scheitels eines rechten Winkels, deſſen beide Schenkel einen Kegelſchnitt berühren, iſt ein Kreis, der ſogenannte Directorkreis; bei der Parabel tritt an deſſen Stelle die einzige reelle Directrix.

Literatur: Salmon, G., Analytiſche Geometrie der Kegelſchnitte, deutſch von Fiedler, 4. Aufl., Leipzig 1878, S. 248, 271, 443. *Wölffing.*

Direktionswinkel, ſ. Azimut.

Direktſchwarz, Bezeichnung für Einbad-Anilinſchwarz, ſeltener für ein mit direkt ziehenden Farbſtoffen erzeugtes Schwarz.

Dirk, die Toppnant des Baumes der Gaffelſegel; ſ. Takelage.

Diſaccharide (Saccharobioſen), ſ. Bioſen.

Disazoverbindungen (Tetrazoverbindungen), organiſche Subſtanzen, die zu den Azoverbindungen (ſ. d.) gehören und die Diazogruppe — N^2 — zweimal enthalten. Zu denſelben zählen die wichtigſten Azofarbſtoffe, wie Biebricher Scharlach, Kongorot, Azoblau u.ſ.w. (ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche).

Literatur: Wallach, Liebermann und Koſtanecki, Grieß, Nietzki, Berichte der deutſchen chem. Geſellſch. Bd. 15, S. 25 u. 2816; Bd. 16, S. 2028 u. 2862; Bd. 17, S. 344, 880 u. 1350. *Bujard.*

Disgregation, ein Begriff der mechaniſchen Wärmetheorie.

Wird einem Körper eine Wärmemenge dQ zugeführt, ſo kann dieſe unter den gewöhnlichen Vorausſetzungen der mechaniſchen Wärmetheorie (ſ. d.) teils zur Leiſtung äußerer Arbeit dL, teils zu einer Aenderung dU der Eigenenergie des Körpers dienen; man hat, wenn $1/A = 424$ das mechaniſche Wärmeäquivalent bedeutet:

$$dQ = A(dU + dL). \qquad 1.$$

Von AdU werde ein Teil AdJ zur Ueberwindung der inneren Kräfte (mit denen die Körperteilchen aufeinander wirken), ein andrer dH zur Erhöhung der lebendigen Kraft der Körperteilchen oder freier Körperwärme verwendet, dann iſt

$$dQ = dH + A(dJ + dL). \qquad 2.$$

Setzt man nun

$$A(dJ + dL) = TdZ, \qquad 3.$$

worin $T = 273 + t$ die abſolute Temperatur, $dJ + dL$ die behufs Aenderung der Zerteilung des Körpers aufgewendete Geſamtarbeit, ſo wird nach Clauſius Z die Disgregation und $dJ + dL$ die Disgregationsarbeit genannt. Unter der von ihm gemachten Vorausſetzung, daß Z ebenſo nur vom augenblicklichen Zuſtande des Körpers allein abhängt, wie dies nach der Wärmetheorie für die Energie U und Entropie S gilt $\left(dS = \frac{dQ}{AT}\right)$, ergibt ſich, daß in

$$dQ = dH + TdZ \qquad 4.$$

die Körperwärme H nur von der Temperatur des Körpers, alſo beiſpielsweiſe nicht von den äußeren Kräften und der Aggregatform abhängt, ſo daß allgemein:

$$dH = CdT, \qquad dQ = CdT + TdZ, \qquad 5.$$

worin C nach Rankine die wahre ſpezifiſche Wärme heißt. Da nun für ideale Gaſe der freien Beweglichkeit der Teilchen wegen nach 5., 3. mit $dJ = 0$:

$$dQ = CdT + AdL,$$

und nach den gewöhnlichen Formeln für Gaſe (ſ. d.)

$$dQ = c_v dT + AdL,$$

wenn c_v die ſpezifiſche Wärme bei konſtantem Volumen bezeichnet, ſo wäre die wahre ſpezifiſche Wärme C gleich der ſpezifiſchen Wärme bei konſtantem Volumen c_v des betreffenden Körpers in idealem Gaszuſtande, alſo konſtant, und damit die Körperwärme allgemein

$$H = CT \qquad 6.$$

Clauſius und andre ſuchten dieſe Anſichten noch weiter zu begründen und auszubilden, um eine möglichſt ungezwungene Zurückführung des zweiten Hauptſatzes der mechaniſchen Wärmetheorie (ſ. Clauſiuſſcher Grundſatz) auf die Geſetze der reinen Mechanik zu erreichen [2], [3], [5], [6], [8], doch hat der Gegenſtand bis jetzt keine techniſche Bedeutung erlangt.

Literatur: [1] Clauſius, Abhandlungen über die mechaniſche Wärmetheorie, 1. Abt., Braunſchweig 1864, S. 242 (nach Poggendorffs Annalen 1862, CXVI, S. 73). — [2] Boltzmann, Berichte der Wiener Akademie, 1866, LIII, S. 195 (auch 1871, LXIII, S. 712, und Journ. für reine und angewandte Math. 1887, C, S. 201). — [3] Clauſius, Ueber die Zurückführung des zweiten Hauptſatzes der mechaniſchen Wärmetheorie auf allgemeine mechaniſche Prinzipien, Poggendorffs Annalen 1871, CXLII, S. 433 (vgl. 1870, CXLI, S. 124; 1871, CXLIII, S. 211; 1872, CXLV, S. 295; 1873, CIL, S. 74, und CL, S. 106). — [4] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, I, Leipzig 1875, S. 246. — [5] Helmholtz, Prinzipien der Statik monocykliſcher Syſteme, Journ. für reine und angewandte Math. 1884, Bd. 97, S. 111, 317; Ueber die phyſikal. Bedeutung des Prinzips der kleinſten Wirkung, Journ. für reine und angewandte Math. 1887, Bd. 100, S. 137, 213. — [6] Poincaré, Thermodynamik, Berlin 1893, S. 277. — [7] Wüllner, Experimentalphyſik, Bd. 2: Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 603, 607. — [8] Helmholz, Vorleſungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1903, S. 338. *Weyrauch.*

Diskordanz, ſ. Lagerung.

Diskrafit, ſ. v. w. Antimonfilber (ſ. d.).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diskriminante. a) Ist eine binäre Form n. Ordnung $f(x, y$ (s. Form) oder eine durch Nullsetzen derselben entstehende Gleichung $f(x, y) = 0$ gegeben, so heißt Diskriminante D diejenige Koeffizientenverbindung derselben, deren Verschwinden anzeigt, daß die algebraische Gleichung zwei gleiche Wurzeln besitzt. D ist vom Grad 2 $(n-1)$ in den Koeffizienten $a_0\, a_1 \ldots a_n$ von f; sie ist eine Invariante. Man erhält D als Resultante von $\frac{\partial f}{\partial x} = 0$ und $\frac{\partial f}{\partial y} = 0$. Sind ferner $\alpha_1\, \alpha_2 \ldots \alpha_n$ die Wurzeln der algebraischen Gleichung, so ist

$$D = (a_2 - a_1)^2 (a_3 - a_1)^2 \ldots (a_n - a_1)^2 \cdot (a_3 - a_2)^2 \ldots (a_n - a_2)^2 \ldots \ldots a_n - a_{n-1})^2,$$

also gleich dem Produkt der Quadrate der Wurzeldifferenzen. Die Diskriminante von $f \cdot \varphi$ ist D von f mal D von φ mal Quadrat der Resultante von f und φ.

Für $f = d x^2 + 2 b x y + c y^2$ ist $D = a c - b^2$.

Für $f = a x^3 + 3 b x^2 y + 3 c x y^2 + d y^3$ ist $D = 4 (a c - b^2)\ (b d - c^2) - (a d - b c)^2$.

Für $f = a x^4 + 4 b x^3 y + 5 c x^2 y^2 + 4 d x y^3 + e y^4$ ist

$$D = (a e - 4 b d + 3 c^2)^3 - 27 (a c e + 2 b c d - a d^2 - b^2 e - c^3)^2.$$

b) Ist eine ternäre Form n. Ordnung $f(x, y, z)$ oder eine durch Nullsetzen derselben entstehende Gleichung einer ebenen Kurve gegeben, so heißt Diskriminante D die Koeffizientenverbindung, deren Verschwinden die Existenz eines Doppelpunktes (s. Punkte) der betreffenden Kurve anzeigt. Sie ist Resultante von $\frac{\partial f}{\partial x} = 0$, $\frac{\partial f}{\partial y} = 0$, $\frac{\partial f}{\partial z} = 0$, und vom Grad $3 (n-2)^2$.

Die Diskriminante der Kegelabschnittgleichung $a x^2 + 2 b x y + c y^2 + 2 d x z + 2 e y z + f z^2 = 0$ ist $\begin{vmatrix} a & b & d \\ b & c & e \\ d & e & f \end{vmatrix}$; sie verschwindet, wenn der Kegelschnitt in ein Geradenpaar zerfällt.

c) Bei quaternären Formen bezw. Flächengleichungen zeigt das Verschwinden der Diskriminante die Existenz eines Knotenpunktes (s. Punkte) an u. s. w.

Literatur: [1] Baltzer, Theorie und Anwendung der Determinanten, 5. Aufl., Leipzig 1881, S. 135. — [2] Salmon, G., Vorlesungen über die Algebra der linearen Transformationen, deutsch von W. Fiedler, 2. Aufl., Leipzig 1877, 11. und 16. Vorles. — [3] Gordan, P., Vorlesungen über Invariantentheorie, herausgeg. von Kerschensteiner, Bd. 1, § 14. — [4] Faà di Bruno, Einleitung in die Theorie der binären Formen, deutsch von Walter, Leipzig 1881, § 7. — [5] Hagen, J., Synopsis der höheren Mathematik, Bd. 1, Berlin 1891, S. 197 ff. *Wölffing.*

Diskusgetriebe (Reibscheiben), s. Reibungsräder.

Dislokation, s. v. w. Gebirgsstörung (s. d.).

Dismembrator, Desintegrator (Enthülser, Zerteiler). Beide unterscheiden sich nur hinsichtlich der historischen Entwicklung [1]. Heute versteht man darunter eine nur noch selten in der Getreidemüllerei, eher für andre Zerkleinerungszwecke gebrauchte Maschine, bei der sich zwei senkrechte oder auch wagerechte Scheiben gegenüberstehen, die mit runden Stiften besetzt sind, so daß die Stifte der einen Scheibe zwischen denen der andern hindurchstreichen können. Entweder läuft nur eine der beiden Scheiben um oder beide.

Das wirksame Prinzip ist hier der Schlag gegen freischwebende Teile (ein Schlag, demjenigen ähnlich, den man einem geworfenen Balle mit dem Ballholze erteilt [2]). Vielfach wird aber hiermit das Prinzip der Quetschung verbunden, indem die Stifte so gesetzt werden, daß sie dicht aneinander vorbeistreichen und zwischen sie geratene Mahlgutteilchen zerdrücken. (Die ursprünglich an die Maschine geknüpften großen Hoffnungen haben sich nicht erfüllt. Eine Hauptschwierigkeit liegt in der hohen Umdrehungszahl und dem hohen Kraftverbrauch.) Man hält teilweise Wasserkühlung der Lager und, zur Verminderung des Widerstandes im Innern, Luftverdünnung (durch Aspiration) für nützlich. In der Getreidemüllerei liefern sie das beste Ergebnis, wenn ein Vorbrechen auf Walzen stattfindet, am häufigsten aber findet die Verwendung zum letzten Ausschlagen der Schalen (Kleie) statt. Verdient um die Ausbildung des Dismembrators haben sich die Firmen Nagel & Kaemp, Hamburg, Ferd. Kraus, Neuß, und die Maschinenfabrik für Mühlenbau, vorm. C. G. W. Kapler, Berlin, gemacht (s. deren Kataloge). Die Angaben über Leistungen bei Schalenausmahlung schwanken zwischen 5000 und 15000 kg in 24 Stunden, je nach Größe der Maschine, 14000—25000 kg vorgebrochenes Weizenschrot und 12500—25000 kg Roggenschrot, ebenfalls vorgebrochen. Kraftverbrauch 2—$6\frac{1}{2}$ PS. — Vgl. a. Schleudermühlen.

Literatur: [1] Pappenheim, Gustav, Populäres Lehrbuch der Müllerei, Wien 1890, S. 256. — [2] Kick, Fr., Die Mehlfabrikation, Leipzig 1894, S. 228 u. 229. *Arndt.*

Disperſion des Lichts, s. Farben; Disperſion der Wärmestrahlen, s. Wärmestrahlung.

Disponible Arbeit von Wärmemotoren (thermodynamischen Maschinen), s. Wärmemotoren.

Dissolving views, Nebelbilder, die auf denselben Schirm entworfenen Bilder zweier Zauberlaternen (s. Laterna magica), lassen sich ineinander verwandeln, indem man das eine Bild allmählich abblendet, das andre entstehen läßt.

Dissonanz, s. Konsonanz.

Dissoziation nennt man ganz allgemein den Zerfall einer Molekel in mehrere kleinere Teilmolekeln, jedoch mit der Einschränkung, daß dieser Zerfall

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nicht vollſtändig iſt und gewiſſen phyſikaliſchen Einflüſſen unterliegt, durch die er zurückgedrängt oder vergrößert wird (ſ. Diffoziationsiſotherme). Allgemein kennzeichnet ſich der Zuſtand der Diffoziation als der Gleichgewichtszuſtand einer umkehrbaren Reaktion zwiſchen den undiffoziierten Molekeln und ihren Diffoziationsprodukten.

Je nach der Natur der ſich diffoziierenden Körper oder ihrer Diffoziationsprodukte unterſcheidet man verſchiedene Arten, z. B. diejenige feſter Körper, kriſtallwaſſerhaltiger Salze, von Gaſen, die elektrolytiſche. Beiſpiele ſolcher in Form einer umkehrbaren Reaktionsgleichung gekleideten Diffoziationen ſind:

$$CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2 \qquad NH_4HS \rightleftarrows NH_3 + H_2S$$
$$CuSO_4\,5\,H_2O \rightleftarrows CuSO_4 + 5\,H_2O \qquad NH_4Cl \rightleftarrows NH_3 + HCl$$
$$NH_2COONH_4 \rightleftarrows CO_2 + 2\,NH_3 \qquad PCl_5 \rightleftarrows PCl_3 + Cl_2.$$
$$N_2O_4 \rightleftarrows 2\,NO_2$$

Eine Diffoziation beſonderer Art iſt diejenige elektrolytiſch leitender Stoffe in elektriſch geladene Teilmolekeln, die ſogenannten „Ionen“, wonach ſie als elektrolytiſche Diffoziation oder auch als Ionifation bezeichnet wird. Dies iſt die häufigſte aller Diffoziationserſcheinungen und, obwohl ſie erſt 1887 durch Arrhenius entdeckt iſt, auch am vielſeitigſten erforſcht.

Wenn man die Ionen entſprechend ihrer elektriſchen Ladung mit + bezw. — überzeichnet, ſo laſſen ſich derartige Diffoziationen folgendermaßen ſchreiben:

$$KCl \rightleftarrows \overset{+}{K} + \overset{-}{Cl} \qquad Na_2SO_4 \rightleftarrows 2\overset{+}{Na} + \overset{--}{SO_4}$$
$$HNO_3 \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{-}{NO_3} \qquad NH_4OH \rightleftarrows \overset{+}{NH_4} + \overset{-}{OH}$$
$$H_2SO_4 \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{-}{HSO_4} \qquad \overset{-}{HSO_4} \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{--}{SO_4}.$$

Unter „ſtufenweiſer Diffoziation“ verſteht man die Möglichkeit, daß Teilmolekeln, alſo die Diffoziationsprodukte der urſprünglichen Molekeln, ihrerſeits noch einer weiteren Diffoziation unterliegen, die ſich der erſten ſuperponiert; Beiſpiele ſind:

$$CuSO_4\,5\,H_2O \rightleftarrows CuSO_4\,2\,H_2O + 3\,H_2O \text{ und } CuSO_4\,2\,H_2O \rightleftarrows CuSO_4 + 2\,H_2O$$
$$H_2SO_4 \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{-}{HSO_4} \text{ und } \overset{-}{HSO_4} \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{--}{SO_4}.$$

Der als hydrolytiſche Diffoziation bezeichnete Zerfall von Salzen ſchwacher Säuren und Baſen in wäſſeriger Löſung in Baſis und Säure iſt, ſtreng genommen, keine Diffoziation, da das Waſſer hier an der Reaktion teilnimmt, ſo daß auf keiner Seite der Reaktionsgleichung nur ein Stoff ſteht:

$$\underset{\text{(Anilinacetat)}}{C_6H_5NH_3CH_3COO} + H_2O = \underset{\text{(Anilin)}}{C_6H_5NH_3OH} + \underset{\text{(Eſſigſäure)}}{HCH_3COO}.$$

Literatur: Nernſt, Theoret. Chemie, betr. elektrolyt. Diffoziation; insbeſondere Abegg, Theorie d. elektr. Diffoziation, Stuttgart; Ahrens' Sammlung chem. Vorträge, 1903. *Abegg.*

Diffoziationsgrad iſt der echte Bruch, der das Verhältnis der Zahl der diffoziierten zur Geſamtzahl der (diffoziierten und undiffoziierten) Molekeln angibt. Seine Größe ergibt ſich aus einer der Methoden, nach denen man die Anzahl der Molekeln in einem gegebenen Volumen beſtimmen kann, die alſo auf dem Avogadroſchen Geſetz beruhen.

Bei Gaſen benutzt man dazu die Dampfdichtebeſtimmung: Zerfällt der Bruchteil γ der Gasmolekeln in je n neue, ſo entſtehen aus jeder Molekel $n\gamma$ Teilmolekeln, und es verbleiben $1-\gamma$ undiffoziierte, zuſammen alſo $1+(n-1)\gamma$ Molekeln. In demſelben Verhältnis nimmt dann auch bei konſtantem Volumen des Gaſes der Druck oder bei konſtantem Druck das Volumen zu, alſo die Dampfdichte ab, ſo daß ſich die beobachtete Dampfdichte δ zur theoretiſch nach dem Avogadroſchen Geſetz berechenbaren Dampfdichte Δ wie folgt verhält: $\frac{\delta}{\Delta} = \frac{1}{1+(n-1)\gamma}$, woraus ſich der Diffoziationsgrad ergibt als: $\gamma = \frac{\Delta-\delta}{(n-1)\delta}$. Aus erſterer Gleichung ergibt ſich als Kennzeichen der Diffoziation, daß die Dampfdichten kleiner als der theoretiſch berechenbare Wert ſind. Der Diffoziationsgrad wächſt bei Gaſen mit ſteigender Temperatur und ſinkt bei ſteigendem Druck.

Für gelöſte Körper wird der Diffoziationsgrad ganz analog aus der Größe des osmotiſchen Druckes hergeleitet, den man indirekt aus der Gefrierpunktserniedrigung, Dampfdruckerniedrigung, Siedepunktserhöhung u. ſ. w. beſtimmt. Wenn ſich der Wert des osmotiſchen Druckes als der i-fache des theoretiſchen ergibt, ſo iſt dem bei Gaſen Geſagten ganz analog $i = 1+(n-1)\gamma$, und es läßt ſich daraus berechnen, daß $\gamma = \frac{i-1}{n-1}$. Für die elektrolytiſche Diffoziation ſpeziell findet ſich außerdem noch in der galvaniſchen Leitfähigkeit ein Mittel zur Beſtimmung des Diffoziationsgrads. Da nämlich bei unendlich großer Verdünnung alle Molekeln in Ionen diffoziiert ſind und deshalb an der Stromleitung teilnehmen, während bei geringeren Verdünnungen nur der als Ionen (alſo diffoziiert) vorhandene Bruchteil γ leitet, ſo ergibt das Verhältnis

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der molekularen Leitfähigkeit bei der Verdünnung v (ſie heiße Λ_v) und bei unendlicher Verdünnung (Λ_∞) unmittelbar den Diffoziationsgrad γ, alſo: $\gamma = \frac{\Lambda_v}{\Lambda_\infty}$.

Der Diffoziationsgrad iſt außer der Verdünnung mit der er wächſt, insbeſondere noch abhängig vom Diffoziationskoeffizient (ſ. Diffoziationsifotherme). *Abegg.*

Diffoziationsifotherme iſt die Gleichung, welche die Mengenverhältniſſe der undiffoziierten Molekeln und ihrer Diffoziationsprodukte bei konſtanter Temperatur beherrſcht.

Sie ergibt ſich durch Anwendung des Maſſenwirkungsgeſetzes (ſ. Maſſenwirkung, chemiſche) auf die Diffoziation (ſ. d.): Es ſei v das Volumen, das ein Gramm-Molekulargewicht des im Diffoziationszuſtand befindlichen Körpers enthalte (d. h. ſein Verdünnungsgrad); ſein Diffoziationsgrad (ſ. d.) ſei γ und die Anzahl Teilmolekeln, in die eine Molekel zerfällt, ſei n, dann iſt $\frac{(n\gamma/v)^n}{(1-\gamma)/v} = K$, d. h. das Produkt der Konzentrationen der Diffoziationsprodukte im Verhältnis zur Konzentration der undiffoziierten Molekeln iſt konſtant (K). Daraus ergibt ſich $\frac{(n\gamma)^n}{1-\gamma} = K v^{n-1}$ oder um auf den häufigſten Fall ($n=2$) zu ſpezialiſieren: $\frac{4\gamma^2}{1-\gamma} = Kv$. Der Diffoziationsgrad wächſt alſo mit zunehmender Verdünnung. Von beſonderem Intereſſe iſt die Konſtante K, der Diffoziationskoeffizient oder die Diffoziationskonſtante, der offenbar beim Vergleich verſchiedener Stoffe in gleicher Verdünnung v das Maß für ihren Zerfall in die Diffoziationsprodukte bildet. Je größer K, um ſo ſtärker iſt bei gleicher Konzentration ein Körper diffoziiert.

Da die elektrolytiſche Diffoziation beſtimmend für die Reaktionsfähigkeit der Körper iſt, ſo iſt der Diffoziationskoeffizient gleichzeitig ein Maß für die Affinität der Körper, ſpeziell der Baſen und Säuren, und wird deshalb auch als Affinitätskonſtante bezeichnet. *Abegg.*

Diffoziationskonſtante, -koeffizient, ſ. Diffoziationsifotherme.

Diffoziationsſpannung oder Diffoziationsdruck (auch Diffoziationsteniion) heißt der Gasdruck gasförmiger Diffoziationsprodukte, die der Diffoziation eines feſten oder flüſſigen Stoffes entſtammen und mit dieſem im Gleichgewicht ſtehen.

Die Diffoziationsſpannung iſt für verſchiedene Temperaturen äußerſt veränderlich, bei konſtanter dagegen konſtant. Es rührt dies daher, daß gemäß der Gleichung der Diffoziationsifotherme (ſ. d.) das Mengenverhältnis der Diffoziationsprodukte und der undiffoziierten Molekeln konſtant iſt. Im Gasraum muß aber die Konzentration der feſten oder flüſſigen undiffoziierten Molekeln bei einer und derſelben Temperatur unveränderlich ſein; ſie muß der (wenn auch häufig unmeßbar kleinen) konſtanten Dampf- oder Sublimationsſpannung entſprechen, und demgemäß muß dann auch die Konzentration der gasförmigen Diffoziationsprodukte, alſo ihr Druck, konſtant ſein.

Folgende Verſuchsergebniſſe Le Chateliers [1] am Calciumkarbonat, das ſich nach der Gleichung $CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2$ diffoziert, mögen dies zeigen. t ſind die Temperaturen, p die Diffoziationsſpannungen in Millimetern Queckſilberdruck:

$t =$	547	610	625	740	745	810	812	865°
$p =$	27	46	56	255	289	678	753	1333 mm *Hg.*

Die Diffoziationsſpannung iſt auch für die Beſtändigkeit kriſtallwaſſerhaltiger Salze charakteriſtiſch. Die Hydrate verwittern nämlich (d. h. geben ihr Waſſer ab), wenn der Diffoziationsdruck ihres Kriſtallwaſſers größer iſt, als dem Feuchtigkeitsgehalt der Atmoſphäre entſpricht (z. B. Soda $Na_2CO_3 \cdot 10\,H_2O$); ſie ziehen umgekehrt Waſſer aus feuchter Luft an, wenn ihr Diffoziationsdruck kleiner iſt (z. B. Chlorcalcium $CaCl_2 \cdot 6\,H_2O$), als die Luftfeuchtigkeit. Zur Entwäſſerung von kriſtallwaſſerhaltigen Salzen muß man im allgemeinen ihre Temperatur und damit ihren Diffoziationsdruck ſo weit erhöhen, daß er den Feuchtigkeitsgehalt der Atmoſphäre weſentlich überſteigt.

Literatur: [1] Le Chatelier, Comptes rendus, Bd. 102, S. 1243 (1886). *Abegg.*

Diffoziationstheorie, ſ. Radikaltheorie.

Diffoziationswärme, die Wärmemenge, die bei der Diffoziation einer Molekel in ihre Teile (andre kleinere Molekeln oder Ionen) gebunden oder frei wird, oder die Differenz des Energieinhalts der undiffoziierten Molekeln gegenüber ihren Diffoziationsprodukten.

In weiterem Umfange iſt ſie nur für die elektrolytiſche Diffoziation (in Ionen) bekannt und hier analog der bekannten Clauſius-Clapeyronſchen Formel der mechaniſchen Wärmetheorie aus dem Diffoziationsgrad und dem Temperaturkoeffizienten der Leitfähigkeit von Arrhenius [1] berechnet worden, der für 35° u. a. folgende Zahlen fand:

Eſſigſäure	— 386 Cal.	Propionſäure	— 557 Cal.
Butterſäure	— 935 „	Bernſteinſäure	+ 445 „
Dichloreſſigſäure	— 2893 „	Phosphorſäure	— 2458 „
Unterphosphorige Säure	— 4301 „	Fluorwaſſerſtoff	— 3559 „
		Waſſer	— 13700 „

Die Diſſoziationswärme nimmt bei allen Elektrolyten mit ſteigender Temperatur ab, ſoweit ihre Veränderlichkeit bekannt iſt. Bei der Neutraliſation von Säuren und Baſen iſt die Diſſoziationswärme von Einfluß auf die Wärmetönung des Prozeſſes, ſobald ſchwach diſſoziierte Säuren oder Baſen zur Anwendung kommen, deren entſtehende Salze ſtark diſſoziiert ſind. Alsdann addiert ſich zu der Wärmetönung des Zuſammentretens der Ionen *H* und *OH* zu neutralem Waſſer noch die des Zerfalls der ſchwach diſſoziierten Säure oder Baſe in ihre Ionen, wodurch in ſolchen Fällen die Wärmetönung eine andre als die negative Diſſoziationswärme des Waſſers, d. h. 13700 Kalorien wird, wie ſie ſich konſtant für die Neutraliſation faſt vollſtändig diſſoziierter, d. h. ſtarker Säuren mit ebenſolchen Baſen findet. Ein Zuſammenhang zwiſchen der Größe der Diſſoziationswärme und der Natur der Elektrolyte iſt nicht erkannt.

Literatur: [1] Arrhenius, Zeitſchr. f. phyſikal. Chemie, Bd. 4, S. 349; Bd. 9, S. 339. *Abegg.*

Diſtanzbarrieren, ſ. Fernſchluß der Wegeſchranken.

Diſtanzlatte, die bei Diſtanzmeſſern mit Latte (ſ. Diſtanzmeſſer I) verwendete Ziellatte. Ihrer äußeren Anordnung nach entſpricht ſie den lotrecht aufgeſtellten Nivellierlatten (ſ. Nivellieren.) Da die Nivellierlatten aber nur für kurze Zielweiten (bis 100 auch 200 m) berechnet ſind, die Diſtanzlatten dagegen für größere Entfernungen (Max. 800 m) ausreichen ſollen, ſo iſt für dieſen Zweck eine andre Teilung und Bezifferung erforderlich.

Bis 300 m kann ohne weiteres eine Nivellierlatte mit Zentimeterteilung verwendet werden, wenn nur die vollen Meter mit geigneten Zielmarken (ſ. die Figur) verſehen werden. Für größere Zielweiten iſt eine Dezimeterteilung (mit $^1/_2$ Dezimeter-Marken) zu wählen, und zwar eine einfache Feldteilung (ſ. Nivellieren) oder eine Strichteilung mit kräftigen Strichen, wobei die vollen Meter durch große Zahlen oder durch beſondere Marken (ſ. die Figur) kenntlich gemacht (unterſchieden) ſind. Für viele Fälle iſt es zweckmäßig, beide Seiten der Latte mit verſchiedenen Teilungen zu verſehen, z. B. Vorderſeite mit Zentimeterteilung, Rückſeite mit Dezimeterteilung und Zielmarken (ſ. die Figur). Dieſe letzteren ſind dann gleichzeitig für Diſtanzmeſſer mit konſtantem Lattenwert geeignet. Die Diſtanzlatten werden lotrecht geſtellt mit Hilfe von Doſenlibellen; bei vielen tachymetriſchen Aufnahmen genügt auch die Aufſtellung nach Augenmaß. Die feſte Aufſtellung wird bei Wind ermöglicht durch Verwendung von zwei Fluchtſtäben als Streben oder durch beſonders angebrachte Streben, die namentlich erforderlich werden, falls die Latte rechtwinklig zur Ziellinie gerichtet werden ſoll. Zuweilen kommen auch wagerecht auf Stativen gelagerte Diſtanzlatten in Betracht, auch kommen ſtatt der metriſchen Einteilung beſondere Teilungen (z. B. auch logarithmiſche) zur Anwendung. Weiteres hierüber ſ. Diſtanzmeſſer und Tachymetrie. *Reinhertz.*

Diſtanzmeſſer (Entfernungsmeſſer), Inſtrumente mit denen die Länge der Ziellinie (oder deren Projektion) zwiſchen dem Standpunkte des Inſtrumentes und einem andern Punke, dem Zielpunkte, durch unmittelbare Ableſung der geſuchten Entfernung ſelbſt oder einer (einfachen) Funktion derſelben gefunden werden kann.

Damit iſt der Unterſchied zwiſchen dem Prinzip der „Diſtanz"-(„Entfernungs"-)Meſſer und den „Längenmeßinſtrumenten" (Meßſtab, Meßlatte, Meßband u. ſ. w.) gekennzeichnet. Bei der Ausbildung dieſer beiden Inſtrumentgattungen tritt ein Wettſtreit in der Leiſtungsfähigkeit derſelben hervor, bei dem im allgemeinen die Diſtanzmeſſer in bezug auf die Schnelligkeit, die Längenmeßinſtrumente in bezug auf die Genauigkeit der Meſſung den Vorrang behaupten. Dieſen beiderſeitigen Vorzügen entſpricht ihre Verwendung in der Technik. Die Größe der Entfernung, die Genauigkeit ihrer Beſtimmung und die Anordnung des Meſſungsverfahrens führen für die Diſtanzmeſſer in bezug auf ihre techniſche Verwendung zu einer Unterſcheidung in:

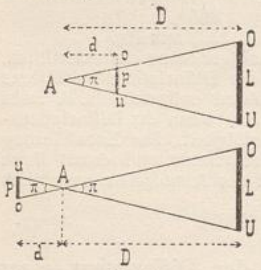


Fig. 1.

I. Diſtanzmeſſer für ſpeziell geodätiſche Zwecke (Tachymetrie) in Verbindung mit geodätiſchen Inſtrumenten (Nivellierinſtrument, Kippregel, Theodolit, Tachymeter) und

II. Diſtanzmeſſer zur allgemeinen Löſung des Problems, beſonders für militäriſche (artilleriſtiſche) Zwecke für große Entfernungen (bei geringerer Genauigkeit der Beſtimmung), Telemeter.

Das allgemeine geometriſche Prinzip der Diſtanzmeſſung iſt durch Fig. 1 ausgedrückt. Die Diſtanz *D* (bezw. *AO* oder *AU*) iſt aus der kleinen Länge *L*, der „Diſtanzbaſis", mit Hilfe der weiteren Beſtimmungsſtücke *p*, *d* bezw. π nach der Beziehung:

$$D = L\,d : p \text{ oder} = L\,\varrho : \pi \qquad 1.$$

abzuleiten (ϱ = Kreiskonſtante). Das Beſtimmungselement π, das wegen des Verhältniſſes $L : D$ ſtets einem ſehr kleinen Winkel entſpricht, wird die Parallaxe (der parallaktiſche, diaſtimometriſche, mikrometriſche, Diſtanz meſſende Winkel) genannt. Zur Gewinnung der beſtimmenden Größen *L*, *p*, *d* und π ſtehen verſchiedene Wege offen, durch deren Kombination ſich eine ganze Reihe von Konſtruktionsmöglichkeiten (Erfindungen) von Diſtanzmeſſern darbietet, die beſonders für die oben zu II. gerechneten Inſtrumente zu ſtets neuen Verſuchen führen.

Für Konſtruktion, Bedeutung und Verwendung der Inſtrumente iſt in erſter Linie entſcheidend die Anordnung der Diſtanzbaſis *L*: ob dieſelbe in den Zielpunkt oder am Standpunkt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in das Inſtrument verlegt wird. Dieſer Unterſchied der Anordnung iſt ſo weſentlich für Bedeutung und techniſche Verwendung der Inſtrumente, daß dieſelben danach ganz allgemein den obenerwähnten Klaſſen I und II zugeordnet werden können, und zwar zu den geodätiſchen (tachymetriſchen) Inſtrumenten I. diejenigen mit Verlegung der Baſis in den Zielpunkt, zu II. die Inſtrumente, die ſelbſt Träger der Baſis ſind. Da bei I. die Diſtanzbaſis durch eine leicht transportable, mit Teilung oder Zielmarken verſehene Ziellatte, die ſogenannte Diſtanzlatte (ſ. d.), gebildet wird, nennt man die zu dieſer Gruppe gehörenden Inſtrumente auch Diſtanzmeſſer mit Latte, während man die mit Baſis verſehenen Apparate II. als Diſtanzmeſſer ohne Latte (d. h. ohne Ziellatte) bezeichnet. Daneben kommen noch in Betracht Inſtrumente ohne Baſis und Latte, die alſo die unmittelbare Meſſung einer kurzen Standlinie L bedingen und III. Inſtrumente, die auf andern Prinzipien beruhen, wie z. B. die Bildweiten- und Schalldiſtanzmeſſer, und beſonders neuerdings der ſtereoſkopiſche Diſtanzmeſſer von Zeiß in Jena.

I. Diſtanzmeſſer mit Diſtanzlatte.

Die diſtanzmeſſende Vorrichtung iſt angebracht an geodätiſchen Inſtrumenten (Nivellierinſtrument, Kippregel, Theodolit, Tachymeter). Der diſtanzmeſſende Winkel π oder die Elemente p und d werden eingeführt: 1. durch eine einzige Einſtellung (Zielung) nach O und U oder 2. durch zwei unmittelbar aufeinander folgende Einſtellungen auf O und U, wobei dann in jedem Fall L oder π konſtant oder variabel ſein können.

1. **Diſtanzmeſſer mit einfacher Zielung.** Entſpricht p dem durch das Fernrohrobjektiv in der Bildweite d entworfenen Bild des Lattenabſchnittes L, das begrenzt wird durch den konſtanten Abſtand p zweier in der Bildebene des Objektivs angebrachten Fäden oder Striche (Diſtanzfäden), ſo haben wir den Okularfaden-Diſtanzmeſſer; entſpricht p dem Bild eines beſtimmten Lattenſtückes L und wird p in der Bildebene mikrometriſch mit Strichmikrometer oder Mikrometerſchraube gemeſſen, ſo haben wir den Okularmikrometer-Diſtanzmeſſer. Dieſe auf der Meſſung der Größen der Fernrohrbilder beruhenden Diſtanzmeſſer bezeichnet man wohl als optiſche Diſtanzmeſſer. Ihre Konſtruktion iſt bald nach der Einführung des Fernrohrs als Zielinſtrument mehrfach, vermutlich unabhängig voneinander, angegeben worden. Das älteſte Inſtrument ſcheint ein Strichmikrometer mit konſtanter Latte geweſen zu ſein, Montanari 1674; ſpäter hören wir von Verſuchen durch Käſtner (etwa 1780), der ein Schraubenmikrometer benutzte, und von Green (1778), deſſen Vorgänger aber ſchon (1771) der bekannte Dampfmaſchinenbauer J. Watt war, welche die heutige einfache Anordnung der feſten Fäden im weſentlichen hatten, die dann ſpäter durch Reichenbach in Deutſchland und durch Porro in Italien, Oeſterreich und Frankreich Eingang und raſche Verbreitung fand. Hiſtoriſche Angaben finden ſich in [6], [7], auch [1] bis [4].

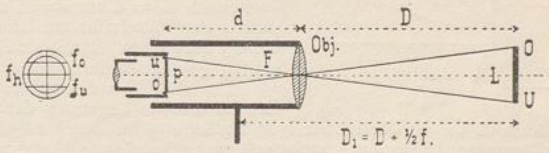


Fig. 2.

Der Okularfaden-Diſtanzmeſſer. Auf den Fadenrahmen (Fig. 2) eines aſtronomiſchen Fernrohrs F werden im Abſtand p zwei Fäden f_o und f_u parallel ausgeſpannt (in der Regel in gleichem Abſtand von dem Horizontalfaden, Mittelfaden, f_h des Fadenkreuzes, dann iſt nach der dioptriſchen Grundgleichung $\frac{1}{D}+\frac{1}{d}=\frac{1}{f}$ und wenn L parallel p, nach der Beziehung $p:d=L:D$

$$D=f+fL:p \qquad 2.$$

Nach Bauart und Gebrauch der Inſtrumente mit diſtanzmeſſenden Okularfäden im Fernrohr (Nivellierinſtrument, Kippregel, Theodolit, Tachymeter) iſt die Zielentfernung D_1 von der Dreh- bezw. Kippachſe A aus zu rechnen; demnach iſt zu D noch eine Konſtante, rund die halbe Fernrohrlänge (halbe Brennweite $= 0{,}5 \cdot f$) hinzuzulegen, ſo iſt

$$D_1 = D + 0{,}5f = 1{,}5 \cdot f + fL:p \qquad 3.$$

oder allgemein

$$D = a + kL, \qquad 4.$$

worin a und k Inſtrumentkonſtanten ſind, a die Additionskonſtante (optiſche Konſtante) und k die Multiplikationskonſtante. Bei Fernrohren mit Kollektivlinſen zwiſchen Objektiv und Bildebene (Huyghens, Porros Fernrohr) erleidet die Beziehung 2. eine gewiſſe Veränderung; in jedem Fall aber bleibt die Beziehung zwiſchen L und D linear und läßt ſich auf die allgemeine Form 4. bringen. Durch entſprechende Anordnung der Kollektivlinſen zwiſchen Objektiv und Bildebene läßt ſich die Beziehung ſo geſtalten, daß in 4. der Wert $a=0$ wird, der Scheitel des diſtanzmeſſenden Winkels alſo gewiſſermaßen in die Fernrohrmitte verlegt erſcheint (ſ. Anallaktiſcher Punkt, Bd. 1, S. 222). Die Konſtante a beträgt bei Diſtanzfernrohren mit Objektivbrennweiten von $f = 20$—40 cm (Max.) rund $a = 0{,}3$—$0{,}6$ m, im Mittel etwa 0,45 m (bei Porro $= 0$). Die Konſtante k iſt maßgebend für die Genauigkeit der Diſtanzbeſtimmung (je kleiner, je günſtiger). Zweckmäßige Verhältniſſe ſind $k = 50$, 100, 200, entſprechend der Länge der Diſtanzlatten 3—4 m, brauchbar für Zielweiten bis zu 600 m (800 m Max.). Die Additionskonſtante a wird beim gewöhnlichen Fernrohr am beſten beſtimmt durch unmittelbare Meſſung der Brennweite (Abſtand des Objektivs vom Fadenrahmen bei Einſtellung auf ein weit entferntes Ziel), wodurch $a = 1{,}5\,f$ auf etwa 1 mm genau erhalten wird. Die Multiplikationskonſtante k wird durch Ableitung aus den bei genau bekannten Entfernungen abgeleſenen Lattenabſchnitten L gewonnen. (Die unmittelbare Ableitung des Quotienten $f:p$ durch Meſſung von f und p ergibt kein genügend genaues Reſultat, und die Meſſung des parallaktiſchen Winkels mit einem vor das Objektiv geſtellten Kollimator iſt nicht immer ausführbar.) Das Verfahren iſt folgendes: In ebenem Gelände (am beſten auf einem geraden Weg oder Eiſenbahn) werden vom Inſtrument-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtand aus in einer abgeſteckten Linie eine Reihe von Punkten durch Abſchreiten in ungefähr gleichen Abſtänden von etwa 50 Schritt bis zur Gebrauchs- bezw. Ableſungsgrenze ausgewählt und mit Pfählen bezeichnet, ſo daß z. B. Zielweiten von etwa 50, 100, 150, 200, 250, 300 Schritt oder Meter entſtehen. Auf dieſen Punkten wird der Reihe nach die Diſtanzlatte ſorgfältig aufgehalten und der Lattenabſchnitt abgeleſen. Dies geſchieht in der Weiſe, daß der untere Faden auf eine volle Meterzahl, z. B. 1 m, eingeſtellt und die Stellung des oberen Fadens in der Teilung der Latte (ſ. Diſtanzlatte) abgeleſen wird, oder indem man den Mittelfaden auf eine volle Meterzahl, z. B. 2 m, einſtellt und am unteren und oberen Faden abließt. Wenn der mittlere Faden genau oder faſt genau in der Mitte der äußeren Fäden angebracht iſt, ſo ſind die Abweichungen der Ableſungen genau oder faſt genau gleich und ergänzen ſich zu 1. (ſ. Tachymetrie). Sodann werden von der Inſtrumentmitte aus die Entfernungen s nach allen Lattenpunkten ſorgfältig mehrfach mit Meßlatten gemeſſen. Aus dem Mittel aller Meſſungen und Ableſungen werden dann für alle Entfernungen die Quotienten $(s - a) : L$ berechnet, deren Mittel wieder die Konſtante k ergibt. Die gemeinſame Beſtimmung von a und k durch Ableitung beider Unbekannten aus mehreren Gleichungen, wobei die Methode der kleinſten Quadrate die beſten Ergebniſſe liefert (Beiſpiele ſ. [2]) iſt für rein praktiſche Zwecke weniger empfehlenswert. Die Genauigkeit der Diſtanzmeſſung hängt im weſentlichen von der ſcharfen Ermittlung der Konſtanten k ab, ferner von der optiſchen Leiſtung des Fernrohrs (25—35fache Vergrößerung geeignet) und von der Teilung und Aufſtellung der Diſtanzlatte.

Der Gebrauch des Inſtrumentes ergibt ſich nach der Erklärung der Konſtantenbeſtimmung von ſelbſt. Hierbei, wie in 2. und 3., war vorausgeſetzt, daß die Latte rechtwinklig zur Mittelviſur ſteht (p parallel L). Bei geneigten Ziellinien müßte daher die Latte rechtwinklig zur Ziellinie und nicht lotrecht geſtellt werden, wodurch dann die geneigte Entfernung D (Fig. 3) erhalten würde. Da aber die lotrechte Aufſtellung der Latte ſicherer und leichter zu erzielen iſt, ſo iſt aus dem lotrechten Lattenabſchnitt L der rechtwinklig zur Mittelviſur ſtehende L_1 zu berechnen, was genügend genau geſchehen kann nach $L_1 = L \cos \alpha = L \sin z$ (α = Höhenwinkel, z = Zenitdiſtanz der Mittelviſur am Höhenkreis des Theodolits oder Tachymeters abzuleſen). Damit iſt $D = L_1 k + a$, und hieraus die geodätiſch gebrauchte horizontale Entfernung

$$S = D \cos \alpha = L k \cos^2 \alpha + a \cos \alpha.$$

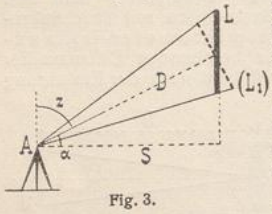


Fig. 3.

Die horizontale Lagerung der Diſtanzlatte bei vertikalen Diſtanzfäden iſt wegen der ſchwierigen Aufſtellung für den Feldgebrauch nicht bequem und daher für allgemeine Anwendung nicht geeignet (Gouliers Euthymeter [8], S. 417, Schells Diſtanzmeſſer [9]). Weiteres über den Gebrauch, die Reduktion der geneigten Ziellinie, Einfluß der Lattenſchiefe u. ſ. w. ſ. [1]—[4] und Tachymetrie.

Okularmikrometer-Diſtanzmeſſer. Wird das Bild p einer konſtanten Diſtanzbaſis L durch Schraubenmikrometer gemeſſen und durch die Anzahl σ der Umdrehungen der Schraube mit der Ganghöhe g ausgedrückt, ſo ergibt ſich für den Faktor $f : p$ der Gleichungen 2. und 3. $f : g\sigma$ und das Glied $fL : p = fL : g\sigma = k : \sigma$, worin k die entſprechende Inſtrumentenkonſtante bedeutet, die aus beſonderen Meſſungen zu beſtimmen iſt, wie oben. Durch Einſtellen auf konſtante Schraubenwerte σ und Ableſen von L an der Diſtanzlatte wird die Beziehung zurückgeführt auf die des Okularfaden-Diſtanzmeſſers. Die erſtere Verwendung iſt in theoretiſcher Beziehung dem Okularfaden-Diſtanzmeſſer wohl überlegen, in praktiſcher Hinſicht iſt die Verwendung des letzteren einfacher. Abgeſehen von dem anſcheinend wenig in Gebrauch gekommenen Meyerſteinſchen Diſtanzmeſſer [3] S. 379, 591, iſt das Prinzip neuerdings benutzt bei den Tachymetern nach Tichy Starke [10] und Schell [9]. Hierbei iſt die Schraubenmeſſung in ſehr zweckmäßiger Weiſe in Verbindung mit einer logarithmiſchen Teilung der Diſtanzlatte angeordnet. Die diſtanzmeſſende Vorrichtung beſteht aus einem anallaktiſchen (Porroſchen) Fernrohr und Okularſchraubenmikrometer mit einem feſten und einem beweglichen (Mikrometer-)Faden. Bei dieſer Einrichtung ermöglicht das Inſtrument in Verbindung mit der Diſtanzlatte die Beſtimmung der Entfernung in dreierlei Weiſe: 1. bei Einſtellung des beweglichen Fadens auf eine beſtimmte Schraubenſtellung wie beim Fadendiſtanzmeſſer; 2. durch Einſtellen des feſten und beweglichen Fadens auf feſte Lattenmarken (L konſtant, z. B. 2 m); 3. durch Benutzung der logarithmiſchen Teilung der Diſtanzlatte bei Einſtellung des feſten Fadens auf die Nullmarke der Teilung und des beweglichen Fadens (Stellung nahe $K = 100$) auf die nächſte Teilmarke die Ableſung des Logarithmus der Diſtanz log (100 L) auf zwei Dezimalſtellen unmittelbar an der Lattenteilung und von zwei weiteren Stellen an einer am Mikrometer angebrachten beſonderen Teilung. Näheres [10]. Von Strichmikrometern wird für untergeordnete Beſtimmungen zuweilen Gebrauch gemacht, z. B. Ropſini [3], S. 595.

Beſondere Methoden der optiſchen Diſtanzmeſſung. Zu den optiſchen Diſtanzmeſſern ſind auch die auf Verwendung der Doppelbildmikrometer (ſ. d.), der Doppelbrechung und Prismenablenkung beruhenden Konſtruktionen zu rechnen. Iſt die Objektivlinſe eines Fernrohrs durchſchnitten und nach Einſtellung eines Zielpunktes eine Hälfte verſchoben (Fig. 4), ſo erleidet durch dieſe Verſchiebung auch das Bild des Punktes eine entſprechende Verſchiebung. Wird eine beſtimmte Größe L durch ein ſo eingerichtetes Fernrohr betrachtet und ihre Endpunkte zur Deckung gebracht, ſo daß das eine Bild die Verlängerung des andern iſt, ſo iſt die mit einer Mikrometerſchraube zu meſſende Verſchiebung der Linſenhälften eine Funktion der Entfernung. Das Prinzip (von Dollond 1753 angegeben) findet z. B. Verwendung bei den Diſtanzmeſſern von Schaub (Handheliometer) oder Rogers Mikrometerfernrohr, beſonders zu nautiſchen Abſtandsbeſtimmungen, wo L z. B. = Maſthöhe iſt [11], S. 352, ſowie


Fig. 4.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

als Militärdiſtanzmeſſer [13]. — Auch ein von Rochon 1777 angegebenes Doppelbildmikrometer hat Verwendung gefunden, wobei die durch die doppelte Brechung bei Kriſtallen entſtehende Ablenkung zwiſchen dem ordinären und extraordinären Strahl benutzt wird. Ein Doppelprisma aus Bergkriſtall wird zwiſchen Objektiv und Okular eines Fernrohrs eingeſchaltet und in der Richtung der Achſe ſo verſchoben, daß das ordinäre und extraordinäre Bild eines Gegenſtandes L ſich berührend verlängern. Aus der mikrometriſch zu meſſenden Verſchiebung des Prismas kann auf die Entfernung geſchloſſen werden [3], S. 599, [11]. Es kann auch das parallaktiſche Prisma vor das Objektiv eines Fernrohrs, deſſen halbes Geſichtsfeld füllend, geſetzt werden, ſo daß eine konſtante parallaktiſche Verſchiebung des gebrochenen Strahles eintritt, wodurch dann z. B. der Nullpunkt einer Skala zur direkten Ableſung der Diſtanz in der Skala erſcheint; vgl. [14].

2. **Diſtanzmeſſer mit Winkelbewegung des Zielfernrohrs.** Wird der diſtanzmeſſende Winkel π durch eine Winkelbewegung des Zielfernrohrs um die Achſe A (Fig. 1), alſo durch zwei aufeinander folgende Zielungen nach O und U, gebildet, ſo kann wieder π bezw. p, d und L entweder konſtant oder variabel ſein, und die diſtanzmeſſenden Elemente können in verſchiedener Weiſe eingeführt werden; dementſprechend ſind mannigfache Konſtruktionen möglich. Zunächſt läßt ſich π mit dem Horizontal- oder Vertikalkreis des Theodolits beſtimmen, ſo daß kein beſonderes diſtanzmeſſendes Inſtrument erforderlich iſt; z. B. kann π (Fig. 1) mit dem Horizontalkreis (oder auch dem Horizontalmikrometer) eines Theodolits nach einer horizontalen Diſtanzbaſis L gemeſſen werden, wobei $D = L\varrho'' : \pi''$ iſt, oder (Fig. 5) mit dem Vertikalkreis eines Theodolits nach einer lotrechten Diſtanzbaſis die Höhenwinkel α und β, wobei die horizontale Diſtanz $S = L \cos\alpha \cos\beta : \sin(\beta - \alpha)$ iſt. In erſter Linie kommt aber zur Herſtellung und Meſſung der Fernrohrbewegung die Meßſchraube (als diſtanzmeſſende Schraube) in Betracht, und zwar allein oder mit Hinzuziehung von Skalen und Hebelbewegung, wobei dann auch π bezw. p durch feſte Anſchlagpunkte begrenzt, ihnen alſo ein konſtanter Wert erteilt werden kann. Je nach der Anordnung kann man dieſe Inſtrumente als Schrauben-, Hebel- oder Kontaktdiſtanzmeſſer bezeichnen. Von beſonderer Bedeutung für dieſe Methode der Diſtanzmeſſung iſt die Tangentenſchraube. Die Diſtanzlatte wird in der Regel in lotrechter Stellung verwendet, die horizontale kommt wegen der Schwierigkeit der Aufſtellung praktiſch auch hier kaum in Betracht. Die weſentlichſten zu dieſer Gruppe zu zählenden Konſtruktionen ſind die folgenden:

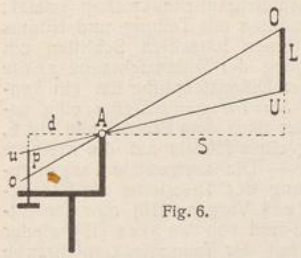


Fig. 6.

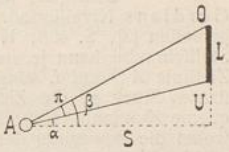


Fig. 5.

Inſtrumente mit diſtanzmeſſenden Schrauben. (Vorausgeſetzt iſt die Verwendung von lotrechten Diſtanzlatten; die Entfernung bezieht ſich auf die Achſe A; S bedeutet die horizontale Entfernung.)

a) Die Schraube ſteht lotrecht und wirkt als Tangentenſchraube. Nach Fig. 6 iſt $S = L\,d : p$. Wird p in Schraubenumdrehungen σ ausgedrückt, $p = g\sigma$ (g = Ganghöhe), ſo iſt $S = k : \sigma$, und wenn die Schraubenbewegung konſtant und L variabel iſt, $S = kL$. Hierin bedeuten k entſprechende Konſtanten, die für jedes Inſtrument zu beſtimmen und durch paſſende Größen für d und g zu möglichſt bequemen, runden Zahlen zu machen ſind. Dieſe Anordnung der Tangentenſchraube als diſtanzmeſſende Schraube wurde, ſoweit bekannt, zuerſt von Hogrewe [15] an Nivellierinſtrumenten verwendet (ſpäter von Breithaupt am Kompenſationsniveau u. a., ſ. z. B. [2], S. 676).

b) Eine annähernd lotrechte Schraube als Sehnenſchraube, die von Stampfer 1838 [5] eingeführt wurde. Die Schraube iſt durch Kugelgelenke mit den zu bewegenden Teilen verbunden, ändert demnach bei der Umdrehung um ein geringes ihre Stellung und beſtimmt die Sehnenunterſchiede der Winkel π. — Dementſprechend iſt die Beziehung zwiſchen der Schraubenangabe, dem Winkel π bezw. der Diſtanz D nicht ſo einfach wie bei der Tangentenſchraube, ſo daß für den praktiſchen Gebrauch an Stelle der theoretiſch etwas komplizierten Beziehung eine bequeme Interpolationsformel mit wenigen Gliedern in der Form $\pi'' = a''(o-u) - b''(o^2 - u^2)$ tritt, deren Konſtanten a und b (z. B. $a'' = 640''$, $b'' = 0{,}1''$) durch beſondere Beobachtungen [5] empiriſch zu beſtimmen ſind. Durch Einſetzen dieſer Winkelgleichung ergibt ſich die Diſtanzgleichung $D = \dfrac{L}{a'(o-u)} + L\left[-\dfrac{b'}{a'^2}\cdot\dfrac{o+u}{o-u} - a'\dfrac{(h-u)^2}{o-u} + a'(h-u)\right]$, worin a' und b' die Konſtanten des Inſtrumentes, h die Nullſtellung der Schraube (horizontale Viſur) bedeuten. Tritt, wie Lorber [5], S. 581, empfiehlt, an Stelle des konſtanten (durch Zielſcheiben beſtimmten) Lattenwertes L ein an einer geteilten Latte abzuleſendes variables L bei konſtantem Schraubenwert $(o-u)$, ſo wird dadurch die Berechnung erheblich vereinfacht.

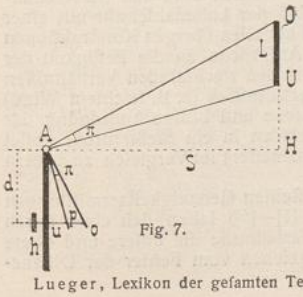


Fig. 7.

c) Die Schraube liegt horizontal und wirkt als Tangentenſchraube (Fig. 7, Ah iſt lotrecht, wenn AH horizontal). Es iſt $S = L\,d : p$. Wird p in Schraubenumdrehungen σ ausgedrückt und iſt L konſtant, ſo iſt wieder $S = k : \sigma$; wird durch die Schraubenſtellungen ein konſtantes p eingeführt, ſo iſt $S = kL$, worin k wieder entſprechend (bequem) anzuordnende und für jedes Inſtrument zu beſtimmende

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konſtanten bedeuten. (Dieſes Prinzip hat z. B. Verwendung gefunden bei [16].) Da die bei a), b) und c) erforderlichen Schraubenbewegungen, beſonders bei feinen Schrauben und vielen Gängen umſtändlich und zeitraubend ſind (Aenderungen der Lattenſtellung in dieſer Zeit u. ſ. w.) und nur einen geringen Spielraum geſtatten, daher nur für geringe Neigungen, z. B. an Nivellierinſtrumenten ſich brauchbar erweiſen, ſo wird das Prinzip praktiſcher ausgenutzt, wenn die reine Schraubenbewegung auf den mikrometriſchen Winkel π beſchränkt und eine kombinierte Meſſungsmethode eingeführt oder das Schraubenmikrometer durch andre Mikrometer erſetzt wird. Hier ſind zu nennen als Inſtrumente mit lotrecht ſtehendem p wie in Fig. 6: Hahns Univerſal-, Höhen- und Diſtanzinſtrument (Bendeſche Konſtruktion); die bis zu 45° Neigung ausreichende Schraube wurde ſpäter durch eine prismatiſche Röhre mit Schlitten, Millimeterteilung und Ableſung durch ein Schraubenmikroſkop erſetzt; Gordians Nivellierinſtrument: p wird an einem lotrechten Schlitten mit Teilung und Nonius gemeſſen [3], S. 458; Hagers Tacheograph (Fig. 8). Durch einen lotrechten Schlitten mit Stellſchraube kann je nach der Lage von L (ohne eine Bewegung der Diſtanzſchraube p) die Ziellinie AO auf L eingeſtellt und dann durch Bewegung der Diſtanzſchraube um ein konſtantes Stück p, die Ziellinie AU gewonnen werden, ſo daß $S = Ld : p = kL$ (k = eine bequeme Konſtante, 100); Meißners Univerſaltangententachymeter nach dem Prinzip von Fig. 6, wobei die Bewegung der Tangentenſchraube durch Vermittlung eines Hebels auf die Ziellinie wirkt. Weiteres über die Anordnungen ſ. [2], § 165, und [17]. — Die horizontale Tangentenſchraube, nach dem Prinzip von Fig. 7, für die Fernrohrkippung des Theodolits als Diſtanzſchraube zu verwenden, iſt nach Hogrewes und Stampfers Vorgang [18] mit der lotrechten Schraube beſonders in Amerika in Gebrauch gekommen und von Vogler [19] wieder empfohlen [2], S. 728. Es wird (Fig. 9) z. B. AU eingeſtellt, mit der Tangentenkippſchraube ein konſtantes p (z. B. zwei Umdrehungen) hergeſtellt und L an einer geteilten Latte abgeleſen oder zu konſtantem L der Schraubenwert p ermittelt. Wird der Höhenwinkel α zur Mitte von L gemeſſen, ſo iſt $S = Ld\cos^2\alpha : p$. Wird der Höhenkreis ſtatt mit Kreisteilung mit einer Tangentenſkala verſehen, ſo kann dadurch die Beziehung umgeſtaltet, z. B. $d\cos^2\alpha : p$ konſtant werden (vgl. a. [8], S. 427, [5], Lorber, S. 584). — Bei Eckholds Omnimeter [20] wird p an einer horizontal liegenden Tangentenſkala mit Hilfe eines Mikroſkopes $Ao — Au$ (Fig. 7) abgeleſen, wobei dieſe Ableſung durch mikrometriſche Verſchiebung der Tangentenſkala verfeinert wird. Das Mikroſkop iſt feſt mit dem Fernrohr verbunden, ſeine Abſehlinie wird durch ein Prisma in die Richtung der Fernrohrachſe gebracht, ſo daß Fernrohr- und Mikroſkopokular nebeneinander liegen; p und L können konſtant oder variabel eingeführt werden. Nach dem Prinzip der Kontakt- oder Hebeldiſtanzmeſſer ſind konſtruiert die Inſtrumente von Gentilli und Sanguet, Coradi, Löwe [21]. Bei Sanguet [2], S. 700, und [19], S. 151, wird nach dem Prinzip der Fig. 7 hu an einer Skala abgeleſen, p durch ein Führungsſtück, das die Hebelſtellungen $Ao — Au$ beſtimmt, konſtant gemacht; damit wird L variabel und an einer Latte abgeleſen. Bei Coradi und Löwe [21] iſt der konſtante Hebelwinkel oAu ein zu beſtimmendes Vielfaches n von OAu, ſo daß alſo (bei horizontaler Zielung) $D = Lnd : p$ iſt. Weiteres über die Anordnung dieſer diſtanzmeſſenden Vorrichtungen bei den verſchiedenen Meßinſtrumenten ſ. Tachymetrie.

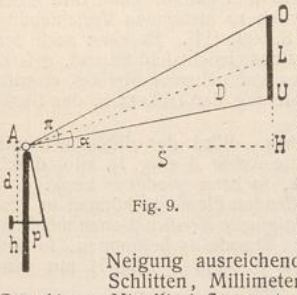


Fig. 9.

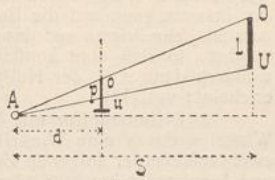


Fig. 8.

Genauigkeit und praktiſche Bedeutung der unter I. beſprochenen Diſtanzmeſſer. Die aufgezählten Inſtrumente: Okularfaden, Okularmikrometer, Meßſchrauben und Tangentenmikrometer ſind in bezug auf die Genauigkeit der Entfernungsbeſtimmung im allgemeinen als einander gleichwertig zu bezeichnen. Nach der einfachen Beziehung $D = kL$ wird, abgeſehen vom Fehler der Konſtanten k, der Entfernungsfehler zunächſt durch den numeriſchen Wert von k beſtimmt; je kleiner k, je günſtiger. Die Genauigkeit der Beſtimmung des Lattenwertes L hängt bei veränderlichem L vom Fehler der Ableſung in geteilten Skalen ab [34], bei konſtantem L vom Fehler der Einſtellung auf die Zielmarken. Dieſe letztere iſt im allgemeinen genauer als die Ableſung; zudem iſt die Schraubenmeſſung an ſich einer hohen Genauigkeit fähig, ſo daß theoretiſch die Einſtellung auf feſte Zielmarken und Ableſung an Mikrometern als die günſtigere Methode zu bezeichnen wäre. Praktiſch aber hat der Okularfadendiſtanzmeſſer vor allen andern den bedeutenden Vorzug, daß der Lattenabſchnitt mit einer einzigen Zielung überblickt und beſtimmt werden kann, während bei allen übrigen Konſtruktionen zwei getrennte Zielungen erforderlich ſind, wodurch größere Anſprüche an die Feſtigkeit der Lattenaufſtellung erhoben werden müſſen. Die letztere macht bei den wechſelnden Verhältniſſen der tachymetriſchen Feldarbeit ſelbſt bei günſtigen Witterungsverhältniſſen (z. B. leichtem Wind) unter Umſtänden Schwierigkeiten. Dieſer Vorzug und die einfache und billige Anordnung der diſtanzmeſſenden Vorrichtung (das Einſpannen von zwei Diſtanzfäden in ein Meßfernrohr koſtet ca. 10 ℳ) bedingen die große Verbreitung des Okularfaden-Diſtanzmeſſers im Vergleich zu andern Konſtruktionen.

Die zahlreichen, für die verſchiedenſten Inſtrumente angeſtellten Genauigkeitsermittlungen (wegen der Literatur hierzu ſei verwieſen auf die Angaben in [1]—[5]) laſſen ſich etwa durch nachſtehende kleine Tabelle ausdrücken, worin für günſtige Verhältniſſe die untere und obere Grenze der mittleren Entfernungsfehler m_D angegeben iſt. Abgeſehen vom Fehler der Diſtanz-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

D	m_D
100 m	0,05—0,20 m
200 „	0,1—0,3 „
500 „	0,5—1,0 „

latte, kommt beim Okularfaden-Diſtanzmeſſer neben dem Betrag der Konſtanten k beſonders die optiſche Güte des Fernrohrs (Okular) in Betracht, bei den andern Konſtruktionen die Leiſtung der Schrauben und ſonſtigen Mikrometer. — Eine allgemeine Beziehung für den Fehler und ſein Wachſen mit der Diſtanz läßt ſich nicht ohne weiteres angeben. Aus der Tabelle (und den zahlreichen Verſuchen) geht hervor, daß es möglich iſt, für kleine Entfernungen bei günſtigen Verhältniſſen, guten Inſtrumenten und ſorgfältigem Verfahren die Genauigkeit der Diſtanzmeſſung bis zu derjenigen einer mäßig genauen unmittelbaren Meſſung mit Längenmeßinſtrumenten (ſ. Längenmeſſung) zu ſteigern. Damit erklären ſich die Verſuche, durch die Diſtanzmeſſung die unmittelbare Längenmeſſung zu erſetzen. Dahin ſtreben z. B. beſonders die Inſtrumente Tichy-Starke, Schell, Löwe u. a., welche die Streckenmeſſung im Polygonnetz (ſ. Polygoniſieren) durch Diſtanzmeſſung erſetzen ſollen. Dieſe Verſuche, die für gewiſſe Aufnahmen Bedeutung haben können, ſtehen aber im Widerſpruch zu der Bedeutung derjenigen Polygonnetze, die als Grundlage für lediglich durch Linienmeſſung ausgeführte Kleinmeſſungen, z. B. bei Kataſter-, Stadtvermeſſungen u. ſ. w., zu dienen haben (ſ. Stückvermeſſung). Die große techniſche Bedeutung der Diſtanzmeſſung liegt weſentlich auf dem Gebiete der ſogenannten Tachymetrie, insbeſondere der techniſchen Topographie (ſ. Tachymetrie und Topographie).

II. Diſtanzmeſſer mit Baſisſchiene (Baſislineal).

Das Inſtrument iſt Träger der Baſis und mißt den parallaktiſchen Winkel π. Die Anordnung kann verſchieden ſein.

1. Baſis L konſtant. Am Ende der feſt (in der Regel horizontal) aufgeſtellten Baſis L (Fig. 10) werden die Ziellinien F_1P und F_2P durch Fernrohre F_1 und F_2 gebildet, deren Abſehlinien in der Nullſtellung parallel ſind, ſo daß der parallaktiſche Winkel π, bei F_2 gemeſſen, für die Entfernung die Beziehung $D = L\varrho'' : \pi''$ ergibt. Die Meſſung von π kann erfolgen an einem geteilten Kreisbogen oder beſſer mikrometriſch mit Okularmikrometer (z. B. Roskiewicz [23]) oder nach dem Prinzip der Tangentenſchraube (mit den Elementen p und d) oder wie beim Diſtanzmeſſer von Cerebotani [24] durch ein beſonderes Hebelwerk. Butenſchön [25] führt bei vertikaler Baſis Parallelrichtung des Fernrohrs in beiden Lagen (unten, oben) mittels Geſichtsfeldlibelle ein und Ableſung der Parallaxe mittels Okularſtrichmikrometer. Hierher gehört auch die in der Nautik verwendete Kimmtiefendiſtanzmeſſung, bei der (z. B. mittels Mikrometerſchraube, entſprechend Fig. 6 oben) der Depreſſionswinkel etwa nach der Waſſerlinie eines Schiffes von einer als Baſis eingeführten bekannten Höhe über dem Meeresſpiegel aus gemeſſen wird [2], S. 571 und 686, vgl. a. Kimm. Das Prinzip dieſer Inſtrumente mit Baſisſchiene iſt ſchon lange bekannt, wie der Diſtanzmeſſer von Pacecco ob Ucedos [7], S. 322, beweiſt, vgl. a. [26] und [2], S. 678.

2. Parallaxe konſtant; Baſis variabel. Eine Baſisſchiene (Fig. 10) trägt ein feſtes Fernrohr F_1 und auf einem Schlitten ein Schiebefernrohr F_2, deſſen Abſehlinie eine ſtets konſtante Neigung π zur Abſehlinie des feſten Fernrohrs F_1 hat. Nach Einſtellung von F_1 wird durch Verſchieben F_2 auf P eingeſtellt und D nach $D = L\varrho : \pi$ unmittelbar an der Teilung der Schiene abgeleſen, z. B. [27]. Bedingung für beide Inſtrumentgattungen iſt unbedingt feſte Aufſtellung oder gleichzeitige Viſur durch zwei Beobachter. Dies wird günſtiger durch

3. Reflexionsdiſtanzmeſſer, beruhend auf dem Prinzip des Spiegelſextanten (ſ. Spiegel- und Prismeninſtrumente), wodurch die beiden Zielungen zu einer einzigen zuſammengefaßt werden (Fig. 11). F iſt ein Fernrohr, S_1 und S_2 zwei an der Diſtanzbaſis angebrachte Spiegel, S_1 iſt feſt, S_2 beweglich und, wenn P unendlich weit entfernt iſt, parallel zu S_1. Wird P und F eingeſtellt und deckt ſich dann das Bild des Strahles PS_2S_1F mit dem direkt geſehenen, was durch Drehung von S_2 erreicht wird, ſo iſt nach dem Prinzip des Spiegelſextanten der zu meſſende Drehwinkel des Spiegels $S_2 = \pi : 2$. Der Drehwinkel kann mit Hilfe einer Alhidade wie beim Spiegelſextanten oder mikrometriſch mit Hilfe einer Schraube gemeſſen werden. Das dem Spiegelſextanten entlehnte Reflexionsprinzip iſt für die Diſtanzmeſſung anſcheinend zuerſt von Fallon [28], ſpäter von Klinkerfueß, Le Cyre, Chrieſtie [29] u. a. verwertet worden [2], S. 682.

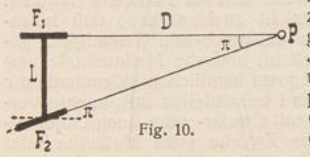


Fig. 10.

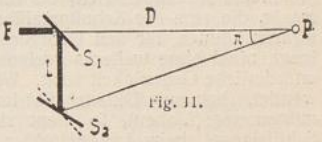


Fig. 11.

Nach den angedeuteten Prinzipien ſind ſchon ſeit einem Jahrhundert eine große Anzahl von Inſtrumenten mit Baſislineal konſtruiert worden (vgl. die angegebene Literatur), und alljährlich werden neue Verſuche (vgl. die Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde, für Vermeſſungsweſen und andre techniſche Fachzeitſchriften) unternommen, wobei für die Art der Parallaxen- bezw. Diſtanzableſung, Uebertragung oder Regiſtrierung verſchiedenartige Anordnungen in Betracht kommen, worin das Weſen der „neuen Erfindungen“ beruht. Dabei laſſen ſich trotz der teilweiſe ſehr weitgehenden Hoffnungen, welche die „Erfinder“ in die praktiſche Bedeutung und Leiſtung ihrer Inſtrumente ſetzen, Enttäuſchungen nicht vermeiden. — Aus $D = L\varrho'' : \pi''$ folgt, daß, wenn L fehlerfrei iſt, der mittlere zu fürchtende, vom Fehler m_π des parallaktiſchen Winkels π herrührende Diſtanzfehler iſt: $m_D = D^2 m_\pi'' : L\varrho''$. Es iſt möglich, unter günſtigen Verhältniſſen (gute Beleuchtung, kein Flimmern) bei ſcharf bezeichneten Zielpunkten, bei abſolut feſt aufgeſtelltem (unveränderlichem, von der Temperatur nicht beeinflußtem u. ſ. w.) Inſtrument, die Meſſungsgenauigkeit für einen Winkel wie π bei der Verwendung guter Fernrohre und geeigneter

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Mikrometer innerhalb 1″ (a. T.) zu halten (Zielfehler und Mikrometerfehler). Dieſe Grenze iſt aber nicht innezuhalten, ſobald die Ziele nicht abſolut ſcharf bezeichnet ſind, wie es bei der praktiſchen Verwendung derartiger Inſtrumente ſehr häufig (vielleicht immer) der Fall iſt (ganz abgeſehen von unſicheren und ſich bewegenden Zielen), und wenn nicht die günſtigſten Einſtellungsbedingungen vorliegen. Es iſt häufig $\pm 10''$ ſchon als ein ſehr gutes Ergebnis zu betrachten. Die Länge der Baſis an derartigen Inſtrumenten beträgt in der Regel 1—3 m. Nehmen wir zum Vergleich $L = 2\,m$, ſo iſt der bei 1″ Winkelfehler theoretiſch (nach obiger Formel) zu erwartende Fehler der in der nebenſtehenden Tabelle mit m_D bezeichnete. Unter günſtigen Verhältniſſen, mit guten Inſtrumenten, bei ſcharfer Bezeichnung der Zielpunkte unternommene Genauigkeitsbeſtimmungen [23], [24] haben etwa drei- bis fünfmal ſo große Fehler ergeben, als dieſe mit dem Maximum der Zielgenauigkeit theoretiſch berechneten, ſo daß bei der praktiſchen Verwendung „mindeſtens“ Fehler vom Betrage M zu fürchten ſind. Das trifft aber auch nur zu für große Inſtrumente (Baſis 2 m), die entſprechend ſtabil gebaut ſein müſſen, daher ſich weniger für bequemen Transport, ſondern mehr als Stationsinſtrumente (z. B. für Küſtenbatterien) eignen. Die Inſtrumente der Gruppen I und II, d. h. „mit Diſtanzlatte“ und „ohne Diſtanzlatte“ (aber mit Inſtrumentbaſis) ſind daher in bezug auf die Genauigkeit der Entfernungsbeſtimmung bei derſelben Länge von L und D (alſo bei kleinen Entfernungen bis etwa 500 m) annähernd einander gleichwertig; die Inſtrumente der Gruppe II ſind aber für geodätiſche Feldarbeiten unbrauchbar. Ihre Anwendung iſt auf vereinzelte Fälle beſchränkt; der Genauigkeit ihrer Beſtimmungen iſt durch den Zielfehler eine nicht zu überſchreitende Grenze geſteckt.

D	m_D	M
500 m	0,6 m	2 m
1 000 „	2,4 „	7 „
5 000 „	60 „	200 „
10 000 „	240 „	700 „

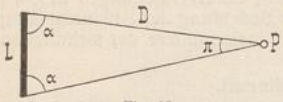


Fig. 12.

Zu den vorſtehenden Inſtrumenten können auch die auf demſelben Prinzip beruhenden (oft als Telemeter bezeichneten) gezählt werden, bei denen jedoch die Baſis vom Inſtrument getrennt iſt und durch direkte Meſſung beſtimmt werden muß. Hier iſt zu nennen das Diſtanzprisma von Bauernfeind [1], I, S. 416. Das Prisma (ſ. Winkelinſtrumente) geſtattet, einen Winkel α abzuſtecken, der um einen geringen Betrag von 90^0 abweicht, ſo daß nach Fig. 12 ein langgeſtrecktes, gleichſchenkeliges Dreieck entſteht, in dem die Diſtanz D ein Vielfaches (z. B. 50, 100) von L iſt, das abgeſchritten oder mit Meßband, Meßdraht u. ſ. w. (10, 20, 25 m) gemeſſen wird. Auf ähnlichem Prinzip beruhen eine Anzahl andrer Konſtruktionen, wie z. B. der Winkelſpiegeldiſtanzmeſſer von Borkowsky [30], Grimfehl [30] u. a. m., wie das Diſtanzprisma Henſoldt von v. Souchier [2], S. 683, das einen Winkel von 90^0 und einen Winkel von $(90^0 - \pi)$ abzuſtecken geſtattet, und der Telemeter von E. v. Pafchwitz [2], S. 685, bei dem mittels rechter Winkel an der Baſis ein dem großen Diſtanzdreieck ähnliches kleines abgeſteckt wird, deſſen kleiner Kathete die Diſtanz entſpricht. Der Abſteckfehler mit dieſen Prismen- und Spiegelinſtrumenten iſt bei Freihandgebrauch und unbewaffnetem Auge zu rund etwa $\pm 1'$ anzunehmen, bei Verwendung von Fernrohren geringer, unter $\pm 10''$ jedoch nur bei ſcharfen Zielpunkten.

Dieſe zuletzt genannten Inſtrumente ſowie die übrigen vorſtehend unter II behandelten haben beſondere Bedeutung als

Militärdiſtanzmeſſer (Telemeter). Es handelt ſich hierbei einerſeits um Beſtimmung der nahen Entfernungen des Infanteriegefechtes (erſte Feuerzone) und um die weiteren bis etwa 1500 m, für das Artilleriegefecht im Felde bis etwa 5 km und für ſtationäre Batterien (beſonders Küſtenbatterien) bis rund 10 km. — Im allgemeinen iſt zu bemerken, daß Inſtrumente, die eine der Schußpräziſion der modernen Feuerwaffen entſprechende Genauigkeit gewähren können, für den Gebrauch im Gefecht, das eine möglichſt einfache Meßmethode verlangt, nicht ohne weiteres geeignet ſind, und anderſeits dem bequem handlichen Inſtrumente die erforderliche Genauigkeit fehlt. Wird z. B. das Prinzip der unter I behandelten Inſtrumente verwendet, „bekannte Diſtanzbaſis“ im Ziel und Parallaxenmeſſung mit Okular- oder auch Objektivmikrometer (ſ. oben), ſo dient als „Diſtanzbaſis“ für nautiſche Zwecke etwa Maßhöhe oder Schiffslänge, beim Landgefecht z. B. die Zielfigur (ganze, halbe Figur, Reiterfigur, Geſchütz) oder auch andre in der Nähe des Zieles vorhandene, annähernd bekannte Objekte, wie Bäume, Gebäude u. ſ. w. Da nun der Fehler in der Annahme der Diſtanzbaſis unmittelbar in die Entfernung eingeht und bei derartigen Objekten der Fehler in der Annahme ganz erheblich ſein kann (z. B. iſt ein mittlerer Fehler der Annahme mit $\pm \frac{1}{20}$ als gering zu betrachten), ſo muß dementſprechend auch der Entfernungsfehler bedeutende Beträge erreichen, ſelbſt bei fehlerfreier Meſſung durch das Inſtrument.

Die unter II behandelten Inſtrumente mit Baſisſchiene kommen beſonders in Betracht für feſte Batterieſtände; die leichteren, mit Reflexion zur gleichzeitigen Zielung eingerichteten (Reflexions-)Diſtanzmeſſer erleichtern den Transport und Gebrauch. Einen Vorſchlag zu einem in der Feldbatterie auf einem Artilleriefahrzeug fahrbaren Diſtanzmeſſer ſ. in [31].

Das die einfachſte Beſtimmungsmethode darbietende Prinzip der optiſchen Bildweitendiſtanzmeſſung (alſo ohne L), das aus der mikrometriſchen Meſſung der Bildweite d (vgl. z. B. [32], bei ſcharfer Einſtellung eines Gegenſtandes durch ein Fernrohr mit der Brennweite f die Gegenſtandweite $D = fd : (d - f)$ ergibt, verſagt beim gewöhnlichen Fernrohr wegen der geringen Aenderung von d ſchon von etwa 100 m ab [2], S. 687. Durch Einſchaltung von Kollektivlinſen und mikrometiſcher Meſſung des Abſtandes derſelben bei ſcharfer Einſtellung des Bildes von der Stellung ohne Kollektiv auf ∞ ergibt ſich eine etwas genauere Beſtimmungsmethode, die z. B. bei den Diſtanzmeſſern von Erſmann und Merz [33] benutzt iſt.

Der ſtereoſkopiſche Diſtanzmeſſer. An Einfachheit dieſem Prinzip gleich, aber

erheblich leiſtungsfähiger iſt ein durch ein neues Inſtrument, den ſtereoſkopiſchen Diſtanzmeſſer von Zeiß in Jena gegebenes Meßverfahren. Das Inſtrument beruht auf dem durch das binokulare, ſtereoſkopiſche Sehen ermöglichten Entfernungs- oder Tiefenwahrnehmungsvermögen. Zum Beiſpiel iſt es möglich, wie ſchon Helmholtz zeigte, bei einer Reihe von Stäbchen oder Nadeln, die in einer Linie rechtwinklig zur Sehlinie aufgeſtellt ſind, kleine Entfernungsunterſchiede mit einer in Winkelmaß ausgedrückten Genauigkeit von mindeſtens 1′ zu erkennen. Dieſes Vermögen wird durch Vergrößerung des Augenabſtandes A (Fig. 13) zu B (Objektivabſtand OO') mittels eines Prismenſyſtems und die damit verbundene Fernrohrvergrößerung V geſteigert um $V\frac{B}{A}$. Bei unendlich entfernten Zielpunkten fallen die Strahlen beiderſeits parallel ein; in den Bildebenen koinzidieren die Marken M und M'. Bei endlich entfernten Zielen ergibt ſich eine Parallaxe, die, wenn der linke Strahl als Ausgangsrichtung genommen wird, in der Bildebene des Okulars o' von M' aus als p erkennbar iſt und für welche die Beziehung gilt $p=\frac{BF}{E}$ (F = Objektivbrennweite, E = Entfernung). Dieſer Beziehung entſprechend ſind nun in den Bildebenen zu beſtimmten Entfernungen (von 1000 : 1000 m mit paſſenden Unterteilen) Marken angebracht, die bei ſtereoſkopiſchem Sehen im Raume, d. h. in der im Fernrohr betrachteten Landſchaft wie eine ſtationierte, in die Tiefe führende Linie zu ſchweben ſcheinen, nach denen die Tiefenſchätzung unmittelbar erfolgen kann. Statt einer Reihe von Marken wird auch eine mikrometriſch verſtellbare Marke, die mit dem zu beſtimmenden Punkte in gleiche „Tiefe“ einzuſtellen iſt, verwendet, wobei dann am Mikrometer die Markeneinſtellung abgeleſen wird. Das Inſtrument wird in drei Größen hergeſtellt, Objektivabſtand und Vergrößerung entſprechend 51, 87, 144 cm, bezw. 8-, 14-, 23fach. Nach [34] iſt für eines der mittleren Inſtrumente die Genauigkeit wie folgt gefunden:

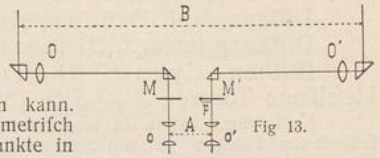


Fig 13.

	Entfernung	500 m	1000 m	2000 m	3000 m	4000 m	8000 m
Fehler	in Metern	3	12	50	110	200	800
	in Prozenten	0,6	1,2	2,5	3,7	5,0	10,0

Zur Prüfung und Berichtigung des Inſtrumentes dient ein beſonderes, vor die Objektive zu ſetzendes Prismenſyſtem, das in kurzer Zeit die Richtigſtellung ermöglicht. — Weiteres ſ. [35], auch [2], § 168 ſowie die den Inſtrumenten beigegebenen Gebrauchsanweiſungen.

Endlich bleiben noch zu erwähnen die Schalldiſtanzmeſſer, die auf der Meſſung der Zeit zwiſchen Blitz und Knall eines Schuſſes beruhen. Sie geben (abgeſehen von der Beſchränktheit der Verwendung) nur rohe Beſtimmungen, da die Schallgeſchwindigkeit in hohem Grade abhängig iſt (abgeſehen von Temperatur und Feuchtigkeit der Luft) von Stärke und Richtung des Windes ſowie der Anfangsgeſchwindigkeit des zur Beobachtung dienenden Geſchoſſes. In der Regel gilt als Konſtante 1 Sekunde = 340 m (oder auch wohl 1 Schritt im Laufſchritttempo = 100 m). Zur Zeitmeſſung ſind (abgeſehen von den ſonſtigen Zeitregiſtrierhilfsmitteln, ſ. Chronograph bezw. Chronoſkop) einige Inſtrumentchen konſtruiert, deren Prinzip darauf beruht, daß in einer mit Flüſſigkeit gefüllten graduierten Glasröhre ein Läufer im Moment des Blitzes ausgelöſt wird und niederſinkt oder auch eine Flüſſigkeitsſäule aus einem Gefäß in ein Röhrchen unter dem Einfluß des beim Blitz eingelaſſenen äußeren Luftdrucks auffteigt. Die Bewegung wird an der Diſtanzſkala der Glasröhre abgeleſen und gibt unmittelbar die Entfernung (Boulengé [36], Klinkerfueß [37]). Nach [11], S. 414 iſt bei nautiſchen Vermeſſungen die für die Schallgeſchwindigkeit V bei Entfernungsbeſtimmungen anzuwendende Formel $V = 341{,}3\text{ m} + 0{,}60t$ (t — 15), worin t die mittlere Temperatur bedeutet, nach [12], S. 251 die Entfernung für s Sekunden = $333\,s : (1 - 0{,}00183\,t)$. Die Entfernung muß dabei mindeſtens einige Kilometer betragen. Eine Ueberſicht über Militärdiſtanzmeſſer geben [38]—[40].

Literatur: Die betreffenden Abſchnitte in den bei dem Artikel „Geodäſie“ genannten Lehrbüchern der Vermeſſungskunde geben ausführliche Auskunft. Beſondere Verweiſe ſind gegeben auf [1] Bauernfeind, Vermeſſungskunde, Stuttgart 1890. — [2] Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Stuttgart 1904, Bd. 2, 6. Aufl. — [3] Hunäus, Geometriſche Inſtrumente, Hannover 1864. — [4] Vogler, Praktiſche Geometrie, Braunſchweig 1894, Bd. 2. — [5a] Stampfer, Nivellieren, Wien 1845; [5b] Lorber (Stampfer), ebend. 1894; [5c] Dolezal (Stampfer), ebend. 1902. — [6] Hammer, Zeitſchr. f. Verm. 1891, S. 295; 1889, S. 425; Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1892, S. 155; 1897, S. 278; Schmidt, Zeitſchr. f. Verm. 1893, S. 271. — [7] Mayer, J. T., Prakt. Geom., Göttingen 1802, 2. Teil, S. 317; Käſtner, Geom. Abhandlungen, 1. Samml., 48. Abhandl. — [8] Goulier, Etudes sur la Tachéométrie, Paris 1892, p. 417. — [9] Dolezal, Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins, Wien 1901, Heft 47, 49, 50. — [10] Tichy-Starke, Wochenbl. des öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins, Bd. 3, S. 44; Schell, Die Methoden der Tachymetrie bei Anwendung eines Okularſchraubenmeſſers, Wien 1883; Starke, G., Logar.-tachym. Tafeln f. d. Tachymeter Tichy-Starke, Wien 1885. — [11] Handbuch der nautiſchen Inſtrumente, Berlin 1890. — [12] Lehrbuch der Navigation, Berlin 1901. — [13] Drude, Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde 1890, S. 323; Nordenfeld, ebend. 1887, S. 293. — [14] Zeitſchr. f. Verm. 1899, S. 311. — [15] Hogrewe, Prakt. Anleitung zum Nivellieren oder Waſſerwägen, Hannover 1800. — [16] Decher, Neues Nivellierinſtrument, München 1890. — [17] Zeitſchr. f. Verm. 1875, S. 285, 362; Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1894, S. 103, 242, 250; Zentralbl. der Bauverw. 1893, S. 152. — [18] Buff and Berger, Handbook and illustr. Catalogue, Boſton 1889, p. 7. — [19] Zeitſchr. f. Verm. 1891, S. 145. — [20] Hammer, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1895, S. 233. — [21] Gentilli, Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1868, 2. Heft; 1869, 4. Heft; Löwe, Zeitſchr. f. Verm. 1895, S. 289; Brönnimann, ebend. 1895, S. 563. — [22] Zeitſchr. f. Verm.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

1894, S. 593 ff. (Ableſegenauigkeit an Maßſtäben). — [23] Schell, Carls Repert. 1878, S. 455. — [24] Börſch, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1886, S. 77. — [25] Ebend. 1905, S. 14. — [26] Zeitſchr. f. Verm. 1889, S. 473; 1898, S. 339. — [27] Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1883, S. 297. — [28] Zach, Monatl. Korreſpondenz 1802, Bd. 6, S. 246; Zeitſchr. f. Verm. 1887, S. 217. — [29] Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde, Bd. 1, S. 308, 411; Bd. 4, S. 72; Bd. 8, S. 333. — [30] Ebend. 1883, S. 113; 1888, S. 258. — [31] Roskiewicz, Ueber Kriegsdiſtanzmeſſer, Graz 1888. — [32] Zeitſchr. f. Verm. 1890, S. 604. — [33] Carls Repert., Bd. 1, S. 242, 248. — [34] Hecker, Zeitſchr. f. Verm. 1901, S. 76. — [35] Zeiß, K., Stereoſkopiſcher Entfernungsmeſſer; Patentſchrift Nr. 82571 (27. Juni 1895); Nr. 73568 (28. Februar 1894); Pulfrich, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1895, S. 269; 1901, S. 221, 250. — [36] Zeitſchr. f. Verm. 1876, S. 401; Dingl. Polyt. Journal 1875, S. 195. — [37] Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1884, S. 221. — [38] Marre, M. J. de, Les instruments pour la mesure des distances. Extraits du Mémorial de l'artillerie de la marine, Paris 1880, ſ. Zeitſchr. f. Verm. 1898, S. 232. — [39] Schröder, Archiv für Artillerie- und Ingenieuroffiziere des deutſchen Reichsheeres 1895, S. 433 und 508, Ermittlung von Entfernungen als Grundlage des Schießens und Treffens. — [40] Nieſiolowski-Gawin, Mitteilungen über Gegenſtände des Artillerie- und Geniewеſens, Wien 1898, S. 827—880, Das Meſſen von Entfernungen für Kriegszwecke. *Reinhertz.*

Diſtanzpfahl (Diſtanzzeichen), ſ. Sperrzeichen.

Diſtanzprisma, ſ. Diſtanzmeſſer, S. 788.

Diſthen, Cyanit, Rhätizit, Saphirſpat, blauer Schörl, Mineral, kieſelſaure Tonerde $Al_2O_3SiO_2$ (36,90% SiO_2, 63,10 Al_2O_3).

Kriſtalliſiert triklin in langprismatiſch ausgebildeten Kriſtallen; glas- und auf den verſchiedenen Flächen perlmutterglänzend, durchſichtig bis durchſcheinend, farblos bis blau (Berlinerblau) und blaugrün, ſeltener grau, gelb oder rot, zuweilen geſtreift oder gefleckt, meiſt ſehr rein; ziemlich vollkommen ſpaltbar; ſpröd, lange Kriſtalle in der Richtung der Prismenkante etwas biegſam. Die Härte wechſelt auf den breiten Seitenflächen des Prismas der Länge desſelben nach 4,5, der Quere nach 7. Spez. Gew. 3,48—3,68. Der Diſthen wird von Säuren nicht angegriffen und gilt bis jetzt als unſchmelzbar. Vorwiegend im Glimmer- und Tonſchiefer eingewachſen (Gotthard, Schweiz, Tirol u. ſ. w.). Man unterſcheidet breite, ſtengelige Kriſtalle von blauer Farbe als Cyanit, ſchmalſtengelige von grauer Farbe als Rhätizit. Dunkelblaue Cyanite wurden und werden noch (in Frankreich und Spanien) zu Ring- und Nadelſteinen, meiſt als Erſatz für Saphir, geſchliffen (Sappar oder Sapparé der Schleifer). Der geringen Härte und ſtarken Spaltung und dadurch bedingten Sprünge und Riſſe wegen hat der Cyanit wenig Anklang gefunden. Er wird mit Schmirgel auf einer Bleiſcheibe geſchliffen, auf Holz mit Bimsſtein poliert und erhält mit Tripel Glanz. *Leppla.*

Ditriglyph heißt die Anordnung eines doriſchen Baues dann, wenn zwiſchen zwei Säulen zwei Triglyphen angebracht erſcheinen. *Weinbrenner.*

Divergenz, ſ. Reihen.

Dividivi, ſ. Gerbſtoffe (Früchte) und Leder.

Diviſion (Teilung), umgekehrte Operation der Multiplikation.

Iſt $a \cdot b = c$, ſo iſt umgekehrt $\frac{c}{b} = c : b = a$; dabei heißt c Dividend, b Diviſor, a Quotient. Die beiden letzteren ſind vertauſchbar: $\frac{c}{a} = b$. Wenn aber c kein Vielfaches von b iſt, ſo geht die Diviſion nicht auf; es bleibt ein Reſt r; es iſt $\frac{c}{b} = a + \frac{r}{b}$. Abgekürzte Diviſion heißt ein Verfahren, bei dem von einer beſtimmten Dezimale an alle folgenden abgeworfen werden. *Wölffing.*

Diviſionsboot, ſ. Torpedoboote.

Diviſorium, ſ. Buchdruckerkunſt, S. 380.

Diwan, der Empfangſaal der türkiſchen oder perſiſchen Großwürdenträger.

Djezla, Hohlmaß in Sanſibar = 257,4 l.

Djidjim, farbiges grobwollenes Gewebe in fortlaufenden Ornamenten mit Wolle beſtickt und aus 3, 5, 6 Längsſtreifen verſchiedener Färbung zuſammengeſetzt (aus Perſien). — Moſchee-Djidjimen ſind in der Regel zweiteilig (alſo aus zwei Längsſtreiten hergeſtellt) und haben ein Bild als Grundlage des Muſters, alſo kein fortlaufendes Ornamentenmuſter. *Ernſt Müller.*

D-Linie, des Sonnenſpektrums, ſ. Spektralanalyſe.

Dobby (Ratière), ſ. v. w. Schaftmaſchine, ſ. Weberei.

Doblon, ſeit 1862 in Uruguay geſetzlich eingeführte Münzeinheit. Ein Golddoblon = 10 Silberpeſos zu je 100 Centeſimos = 43,48 *M.* *Plato.*

Docht, lockeres Gewebe zum Anſaugen von Brennöl.

Dochte beſtehen gewöhnlich aus Baumwolle, durch die bei Lichtern, Lampen, Kochvorrichtungen der flüſſige Brennſtoff infolge der Kapillarkraft zur Flamme aufſteigt. Man unterſcheidet ſchnurförmige Kerzendochte, bandförmige Dochte für Flachbrenner und bandförmige Doppelgewebe, Hohlgewebe, für Rundbrenner. Unverbrennbare Dochte werden aus Glaswolle, Aſbeſt, gebranntem Ton u. a. hergeſtellt. *Dalchow.*

Dochtkohle, ſ. Beleuchtung, elektriſche, Bogenlampen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dock. Unter Docks oder Dockanlagen verſteht man die Einrichtungen einer Schiffswerft oder eines Seehafens, die dazu dienen, Schiffe für Reparatur- und Anſtrichsarbeiten des Schiffsrumpfes trocken zu ſtellen. Dieſelben gliedern ſich nach der Art der Konſtruktion in Trockengrätings, Trockendocks, Hellinge, Schleppen oder Slips, mechaniſche Hebedocks und Schwimmdocks.

Die urſprünglichſte und einfachſte Art, einzelne Teile des Schiffsrumpfes trocken zu legen, beſtand in dem Kielholen, d. h. man krängte das Schiff an ſogenannten Kielholplätzen durch Giens, die am Maſt einerſeits und an Land oder beſonderen Prähmen anderſeits angeſchlagen waren. Zurzeit findet dieſe Arbeit nur für kleinere Segelſchiffe Anwendung, da die Schiffsverbände durch das Kielholen ſehr leiden. Die Trockengrätings, Plattformen aus eingerammten Pfählen mit Querhölzern nach Art eines Roſtes, finden in Häfen mit Ebbe und Flut für kurze Dockungen Verwendung, und zwar meiſt für kleinere Schiffe. Die Schiffe legen ſich bei Hochwaſſer an die Dockſtelle und ſetzen ſich bei der Ebbe auf die Gräting, wobei ſie durch Taue an der Kaimauer gehalten werden. Die übrigen Dockeinrichtungen dienen für längere Dockungen.

Ein **Trockendock** iſt ein Baſſin mit Schleuſentor, d. h. Verſchlußvorrichtung am ſogenannten Dockhaupt, das man auspumpen und trockenlegen kann, nachdem man das zu dockende Schiff in dasſelbe eingefahren und die Schleuſe geſchloſſen hat. Es beſteht daher in ſeinen Hauptteilen aus dem Baſſin oder der Dockkammer mit dem Dockhaupt, der Verſchlußvorrichtung und der maſchinellen Einrichtung zum Lenzpumpen des Docks. Die Abmeſſungen des Baſſins richten ſich nach den größten zu dockenden Schiffen. Bei einer Anlage von mehreren Docks ſtuft man ihre Größe ab, um die Koſten des Trockenlegens und der Unterhaltung möglichſt zu verringern. Die Tiefe der Dockſohle unter dem niedrigſten Waſſerſtand iſt ſo anzuordnen, daß zwiſchen dem Kiel des größten Schiffes im beladenen Zuſtande und der Kielſtapelung ein Raum von 30—40 cm bleibt. Für die Länge des Docks ſind die Formen der ausfallenden Steven zu berückſichtigen; auch pflegt man zum Herausnehmen des Ruders eine Vertiefung in der Dockſohle vorzuſehen (Fig. 1) [1], ſo daß die Kielſtapel erſt von dieſem Brunnen an beginnen. Für außergewöhnliche Fälle ſucht man ſich auch, wenn das Dock durch ein Ponton geſchloſſen wird, dadurch zu helfen, daß man letzteres vor das Dockhaupt verſetzt und ſo die Länge des Baſſins vergrößert. — Für die Wahl des Querprofils und ſomit der Breite des Docks ſind verſchiedene Geſichtspunkte maßgebend. Die Reparatur der Schiffe im Dock erfordert möglichſt viel Licht und Luft nach den unteren Teilen und zwiſchen Schiffsrumpf und Dockwand einen Raum, in dem man bequem arbeiten kann. Anderſeits bedingen dieſe Anſprüche einen großen Kubikinhalt an Mauerwerk für die Dockwände und desgleichen einen großen Kubikinhalt zum Lenzpumpen des Docks. Auch wird das Docken bei großer Dockbreite ſchwierig. Man wählt daher als Maß der Höhe der Kielſtapelung 0,8—1,2 m und als Zwiſchenraum zwiſchen Schiffswand, wenn das Schiff auf den Stapeln aufſteht, und den am meiſten vorſpringenden Teilen der Dockwände 1,5—2 m [1], [10]. Da das Schiff beim Auspumpen des Docks, ſobald der Kiel ſich auf die Stapelung ſetzt, das Beſtreben hat, ſich auf die Seite zu legen, ſo muß es in ſeinen oberen Teilen durch Taljen und Stützen gegen die Dockwände gehalten werden. Man ſetzt die Stützen in faſt horizontaler Lage in Höhe der Decks, da hier der Schiffsrumpf am widerſtandsfähigſten iſt, und die Stützen ruhen an den ſeitlichen Dockwänden auf beſonderen Stufen von 600—1000 mm Breite, ſo daß man, auf denſelben ſtehend, die Holzkeile zum Feſtſetzen der Stützen antreiben kann. Müſſen in einem Dock verſchiedene Schiffstypen gedockt werden, ſo iſt die Zahl dieſer Stufen eine größere. Bei den älteren Docks lag Stufe an Stufe, doch bedingt dies wiederum eine größere obere Dockbreite, wodurch die oberen Stützen ſehr lang und unhandlich werden. Man beſchränkt ſich daher meiſt auf 2—3 Stufen. An der Kante der Dockſohle werden meiſt kleinere Stufen vorgeſehen, um die Kimmſtützen beſſer ſetzen zu können. — Das Profil der Dockſohle wird entweder konkav aus-

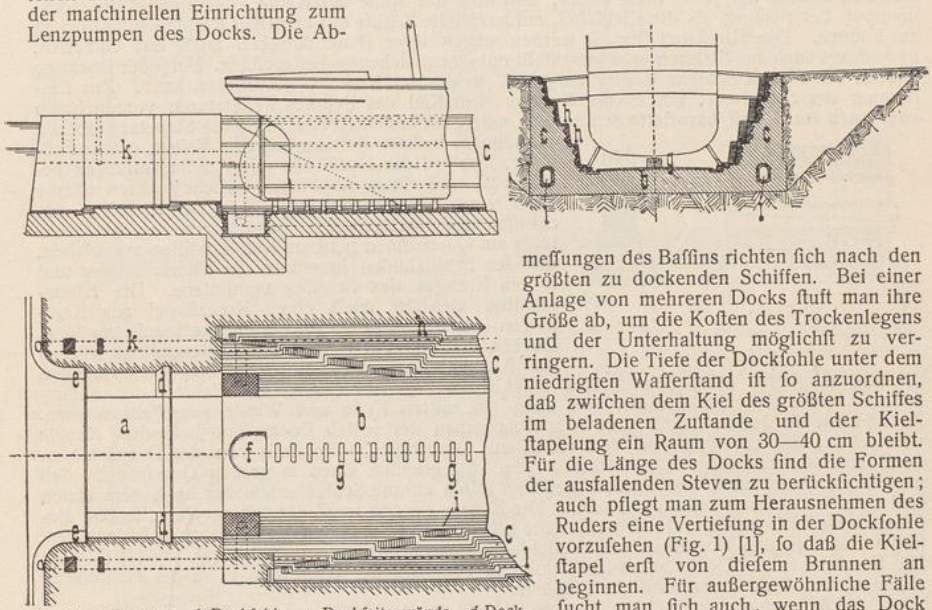


Fig. 1. *a* Docktor. *b* Dockſohle. *c* Dockſeitenwände. *d* Dockfalz. *e* Anſchlag für Ponton. *f* Brunnen für Heckruder. *g* Kielſtapel. *h* Dockſtufen. *i* Treppen. *k* Kanal zum Füllen. *l* Kanal zum Lenzen der Docks.

geführt mit einer Wafferrinne in der Mitte oder konvex mit je einer Wafferrinne zur Seite. Letztere Konftruktion bietet für die Arbeiten im Dock und für die Konftruktion der Dockfohle mehr Vorteile und ift daher die gebräuchliche geworden [1]. Die Dockfohle erhält meift einen Fall nach dem Docktor zu und befinden fich dann die Schöpfbrunnen dortfelbft. Die Kielftapelung erhält dann denfelben Fall, da die Schiffe meift achterlaftig find und fo das Auffetzen des Kieles auf die Stapelung fich vereinfacht. Man dockt daher die Schiffe immer mit dem Heck nach dem Docktor zu und befindet fich dann auch der Brunnen zum Herausnehmen des Ruders am Docktor. Zur Verbindung der Dockfohle mit dem Werftgebiet dienen fteinerne Treppen, die fo angeordnet find, daß die Dockftufen nicht unterbrochen werden. Zum Transport der Materialien benutzt man Gleitbahnen oder Rutfchen, die am beften im Tunnel zur Dockfohle geführt werden; auch findet man fahrbare Krane zur Materialbeförderung. Zum Einhieven fowie Belegen von Troffen find zu beiden Seiten der Dockkehle fowie am Dockfcheitel Spille und Poller vorgefehen; die Spille erhalten vielfach Antrieb durch Elektrizität oder Druckwaffer. — Die Form des Docktores richtet fich nach der Art des Verfchluffes. Bei Verwendung von Stemmtoren find die Dockwände vertikal und muß die Kehle, d. h. der engfte Teil des Dockhauptes, fo lang fein, daß die Tore, wenn geöffnet, in derfelben Platz haben. Für Verfchlußpontons genügt eine geringere Länge; diefelben werden in einen Falz oder eine Nute gefetzt, und hängt dann das Querprofil des Dockeingangs oder der Dockkehle von der Form des Pontons ab [10]. Die Breite des Eingangs ift fo zu bemeffen, daß für das größte Schiff mindeftens 0,5 m Spielraum auf jeder Seite bleibt, und muß die Sohle der Kehle, der fogenannte Dockdrempel, tiefer liegen als die Kielftapel, um havarierte Schiffe mit niedriger Kielftapelung docken zu können. Die Kielftapel (Fig. 2) werden wegen ihrer Dauerhaftigkeit meift aus Gußeifen, neuerdings auch aus Stahlformguß hergeftellt mit einem eichenen Auflageftück. Bei jeder Dockung werden dann noch fichtene Bretter aufgelegt, in die der Kiel fich eindrücken kann. Zur Entfernung der Stapelung, um eventuell unter dem Kiel des Schiffes Reparaturen vorzunehmen oder auch im Notfall havarierte Schiffe von außergewöhnlichem Tiefgang ohne Stapelung docken zu können, befteht diefelbe aus drei Teilen, einem Fußftück, das auf der Dockfohle mit Fundamentbolzen befeftigt ift, und einem Kopfftück, zwifchen denen eiferne Keile eingepaßt werden [1], [2]. Zum Abfteifen des Schiffsrumpfes beim Docken werden ferner auf der Dockfohle auf Querbahnen fahrbare Kimmfchlitten vorgefehen, die den Schiffsboden innerhalb der Kimm ftützen und fo ein Krängen des Schiffes verhindern. Die Kimmfchlitten erhalten meift einen Kreuzftapel aus Kanthölzern, welcher der Spantform entfprechend vor dem Docken ausgearbeitet werden muß. Neuerdings werden die Kimmfchlitten mit kippbarem Stapel eingerichtet, die fich möglichft allen Spantformen anfchließen und nach dem Unterfahren der Kimmfchlitten unter den Schiffsboden von oben her mittels Kette und Winde eingeftellt werden. Zum Füllen der leeren Docks und zum Auspumpen der vollen Docks find befondere Kanäle vorzufehen, die einesteils von dem Hafen zur Dockfohle, andernteils von der Dockfohle zu dem Sammelbrunnen des Pumpwerkes führen. Sie erhalten einen fo großen Querfchnitt, daß man fie befahren kann, und werden diefelben durch eiferne Schleufenfchieber nach dem Hafen und dem Sammelbrunnen abgefchloffen. Die Kanäle werden meift doppelt angelegt, fo daß diefelben auf jeder Dockfeite nahe dem Docktore münden. Um das Füllen der Docks zu befchleunigen, find vielfach in den Docktoren oder Verfchlußpontons Schleufen vorgefehen [1], [3], [4] (Fig. 3). Die Fundierung des Dockmauerwerks erfolgt in verfchiedener Weife und ift in der Hauptfache abhängig von dem Untergrund der Bauftelle.

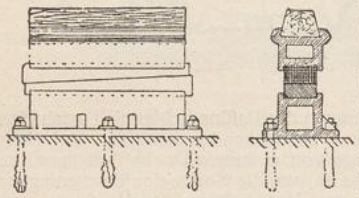


Fig. 2.

Bei felfigem undurchläffigem Untergrund wird das Dockbaffin aus dem Felfen ausgebrochen, und find dann nach Entfernung der Schlammfchicht für die Sohle und die Dockwände nur Bekleidungsmauern nötig. Ift der Felfen durchläffig, fo muß man für den Durchtritt des Waffers Drainageröhren vorfehen. Bei lockerem, zufammendrückbarem Boden finden verfchiedene Bauweifen Verwendung; man arbeitet entweder in einer trockengelegten Baugrube [8], oder man fundiert unter Waffer. Im erfteren Fall wird das Mauerwerk entweder auf Pfahlroften (Dock zu Havre) [1] gelagert, oder man baut Senkbrunnen mit Verbindungsbögen (Dock zu Bordeaux) [1], (Dock zu Glasgow) [10]. Die Dockfohle wird durch Betonfchüttung hergeftellt. Die Gründung unter Waffer wird notwendig, wenn der Baugrund fo durchläffig ift, daß man die Baugrube nicht trockenhalten kann. Sie hat neuerdings durch Verwendung von Preßluft große Fortfchritte gemacht [2], [12]. Diefelbe wurde zuerft von Herfent bei dem Bau der neuen Docks in Toulon angewendet, bei dem jedes der beiden Docks innerhalb eines einzigen großen, wie ein Schwimmdock konftruierten Senkkaftens, deffen eifernes Gerippe im Dockmauerwerk ftecken blieb, hergeftellt wurde. Der Raum zwifchen dem eifernen Dockboden und dem Untergrund diente als Arbeitskammer für das Ebnen des Bodens und Verfenken des Kaftens, wobei derfelbe durch das Aufmauern der Dockfohle und der Seitenwände belaftet wurde. Zum Bau der beiden Trockendocks in Genua [2], [10] hat Zfchokke Taucherfchächte oder Taucherglocken, die an fchwimmenden Gerüften hängen oder als felbftändige fchwimmende Körper eingerichtet find, verwendet, die nicht ftändig verfenkt werden, fondern nur als Fangdämme dienen, um in deren Schutz das Bauwerk ganz im Trockenen auszuführen. Für diefe Bauausführung eignet fich Stampfbeton am beften, aus dem man nicht allein die Dockfohle, fondern auch die Seitenmauern ausführen kann. Auf diefe Weife find in Genua die Dockwände und der das Dock proviforifch abfchließende Damm, ferner die neuen Trockendocks der Kaiferlichen Werften in Kiel und Wilhelmshaven [12] ausgeführt; die Ausmauerung des Docks erfolgt im Trockenen. Bei den ftetig wachfenden Dock-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

tiefen und -weiten werden die Betonfohlen etwa 0,5 m unter der Oberfläche mit Eifeneinlagen verfehen, deren Stöße verfchraubt und die am Dockhaupt verftärkt werden. Durch die Einlagen wird erheblich an Beton gefpart [12].

Zum Verfchluß der Trockendocks dienen Stemmtore, Verfchlußpontons und Roll- oder Schiebetore. Die Stemmtore, von den Kanalfchleufen entlehnt, find fchnell und leicht zu bedienen, bieten jedoch keinen zuverläffigen Verfchluß, da die Flächen genau aneinander paffen müffen und fich leicht Schlick oder Schlamm an den Anlageflächen zwifchenfetzen kann; die

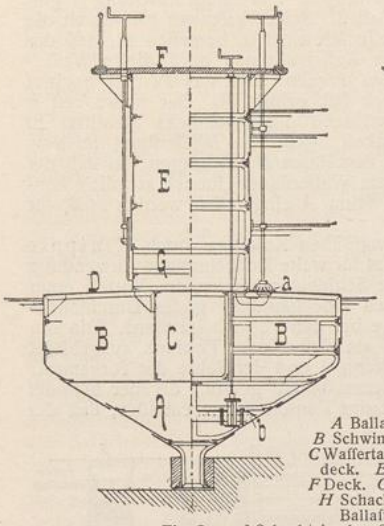


Fig. 3.

A Ballaftraum. *B* Schwimmkörper. *C* Waffertank. *D* Flutdeck. *E* Aufbau. *F* Deck. *G* Schleufe. *H* Schacht in den Ballaftraum. *I* Schacht in den Schwimmkörper. *K* Dockfalz.

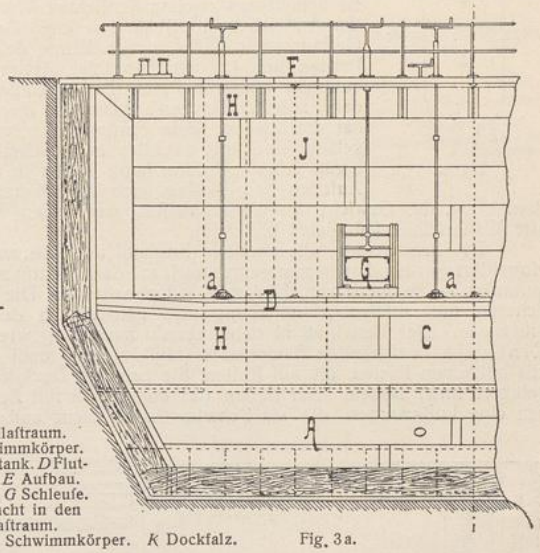


Fig. 3a.

Konfervierung derfelben ift eine fchwierige, und find diefelben beim Verholen der Schiffe leicht Befchädigungen ausgefetzt. Die Tore, die früher aus Holz mit Verwendung eiferner Befchläge angefertigt wurden, werden zurzeit nur aus Stahl gebaut. Größere Tore erhalten eine doppelte Blechwand, zwifchen denen Träger eingebaut find. Der Hohlraum erzeugt dann einen Auftrieb und entlaftet die Tore. Um jedoch die vertikaler Bewegungen möglichft einzufchränken, werden die großen Tore mit einem Waffer ballaftraum verfehen, der in der Nähe der Wendefäule angeordnet wird, während die Luftkammer am freien Ende des Tores zur Entlaftung desfelben beiträgt. Die eifernen Tore erhalten an den Anlageflächen hölzerne Anfchlagleiften, die zur befferen Dichtung mit Hanfmatten benagelt werden. Neuerdings find auch einflügelige Tore in Anwendung gekommen, die eine beffere Dichtung geben, aber eine längere Nifche in der Dockkehle erfordern [1], [9]. — Einen befferen Verfchluß geben die Verfchlußpontons, die bei den Trockendocks die weiteffe Verbreitung gefunden haben. Wenngleich ihre Bedienung umftändlich ift und ein größeres gefchultes Perfonal erfordert, fo find die Vorteile desfelben: guter Verfchluß, leichte Art der Reparatur, einfache Konftruktion des Dockhauptes, Möglichkeit, die Docklänge durch Verfetzen des Pontons vor das Dockhaupt für Ausnahmefälle zu vergrößern, doch überwiegend. Die Verfchlußpontons werden zurzeit nur aus Stahl gefertigt nach Art der Schiffskörper. Ihre Form längsfchiffs richtet fich nach dem Profil des Docktores, querfchiffs nach der erforderlichen Stabilität und der Arbeitsweife des Pontons. Es haben fich in der Hauptfache zwei Typen ausgebildet.

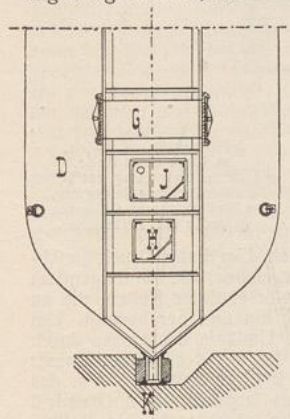


Fig. 3b.

Die Fig. 3, 3a und 3b zeigen die Anordnung von de Coppier, in Frankreich vielfach ausgeführt [1], [4]. Diefes Ponton arbeitet ohne Hilfe von Pumpen und betätigt fich wie folgt. Das Verfchlußponton fchwimmt, das Dock ift gefüllt. Man bringt das Ponton in den Falz, öffnet die Ventile *a*, dann die Rohre *b*. Das Waffer dringt in die Kaften *C*, das Ponton fenkt fich. Sobald das Flutdeck unter Waffer kommt, füllen fich auch die oberen Räume, und das Ponton fetzt fich auf den Falz feft. Hierauf fchließt man die Ventile *a* nach dem Dock zu, während die nach dem Hafen mündenden offen bleiben, und das Auspumpen des Docks kann beginnen. Fällt das Waffer unter die Oberkante der Kaften, fo muß das Ventil *b*, das ins Dock mündet, gefchloffen werden, dann kann man das Dock trockenlegen. Beim Ausdocken ergibt fich folgendes Manöver. Man fchließt auch die nach dem Hafen mündenden Ventile *a*, läßt etwaiges Leckwaffer durch ein Kingftonventil ins Dock und fchließt dasfelbe. Dann läßt man das Waffer aus dem Kaften *C* ins Dock laufen und fchließt das Ventil *b*. Hierauf läßt man Waffer ins Dock durch die feitlichen Kanäle und bei fchnellem Ausdocken durch die Schleufen

im Verſchlußponton. Iſt der Waſſerſpiegel im Dock beinahe ſo hoch wie im Vorhafen, dann beginnt das Ponton ſich zu bewegen. Das Waſſer in den oberen Räumen verhindert jedoch ein plötzliches Auffchwimmen. Hierauf öffnet man die Ventile *a*, ſo daß die oberen Räume ſich mit dem Auffchwimmen entleeren. Dieſes Verſchlußponton eignet ſich beſonders für Häfen ohne Ebbe und Flut; bei wechſelndem Waſſerſtande muß das Ponton höher und demnach, um die Stabilität zu erhalten, im unteren Teile breiter ſein. Für dieſe Fälle findet vielfach auch das Verſchlußponton (Fig. 4) Verwendung. Es beſteht aus zwei waſſerdichten Abteilungen. Die untere Abteilung *A* gibt den Auftrieb und enthält den feſten Ballaſt. Beim Verſenken tritt durch die Oeffnungen *a* Waſſer in den Raum, deſſen Gewicht ſo bemeſſen iſt, daß das Ponton ſich in den Falz ſetzt. Beim Auffchwimmen muß dieſes Waſſerquantum wieder ins leere Dock gelaſſen werden, und das Ponton beginnt dann aufzuſchwimmen, wenn das Dock faſt gefüllt iſt. Der obere Teil *B* hat den Zweck, dem Ponton auch während des Verſenkens Stabilität zu geben, und tritt überdies in Wirkſamkeit, wenn der Waſſerſtand im Vorhafen ſteigt. Alsdann kann Waſſer in den Raum *B* eindringen, ſo daß der Auftrieb des Pontons auch bei höherem Waſſerſtande immer ziemlich konſtant bezw. das Gewicht des Waſſerballaſtes, das in den Raum *A* eingelaſſen werden muß, für alle Waſſerſtände faſt gleich bleibt [1].

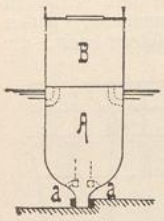


Fig. 4.

Die Schiebetore, die zuerſt in England und den engliſchen Kolonien durch Kinipple eingeführt wurden, haben neuerdings auch auf dem Kontinent für weite Dockeingänge Anwendung gefunden — Bremerhaven, Kiel und Wilhelmshaven. Die Schiebetore bieten den Vorteil einer ſicheren und raſchen Handhabung und geſtatten in den Dockhäuptern große Durchfahrtsöffnungen. Der Verſchluß iſt dabei ebenſo zuverläſſig wie bei den Verſchlußpontons. Die von Kinipple konſtruierten Schiebetore (Fig. 4a) ſind meiſt als Kaſten oder Pontons ausgebildet mit hölzernen Kielen, die auf Rollen, die auf dem Dockdrempel und der Sohle der Torkammer gelagert ſind, fahren. Der Boden des Pontons iſt mit Zementballaſt gefüllt, darüber befindet ſich eine Luftkammer, die als Schwimmkaſten dient und das Ponton derart entlaſtet, daß der

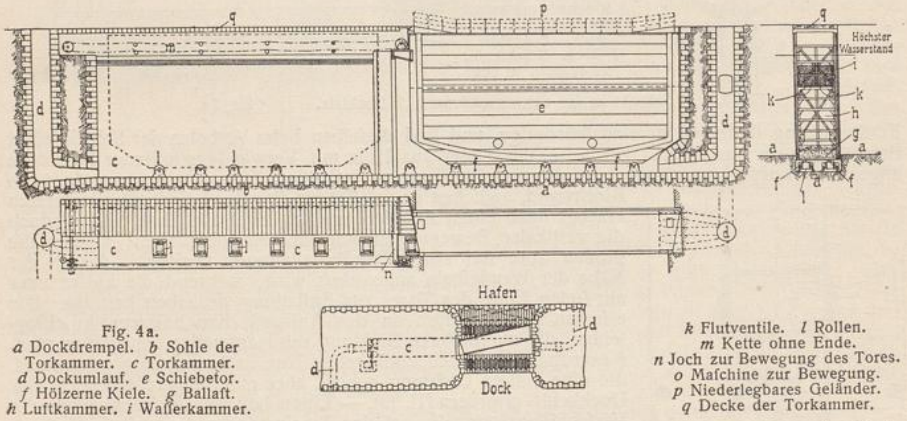


Fig. 4a.
a Dockdrempel. *b* Sohle der Torkammer. *c* Torkammer. *d* Dockumlauf. *e* Schiebetor. *f* Hölzerne Kiele. *g* Ballaſt. *h* Luftkammer. *i* Waſſerkammer. *k* Flutventile. *l* Rollen. *m* Kette ohne Ende. *n* Joch zur Bewegung des Tores. *o* Maſchine zur Bewegung. *p* Niederlegbares Geländer. *q* Decke der Torkammer.

Druck auf die Rollen 5 t bei niedrigem Waſſerſtand nicht überſchreitet. Um dieſen Druck gleichmäßig zu erhalten, iſt oberhalb der Luftkammer eine Waſſerkammer vorgeſehen, die bei ſteigendem Waſſerſtand ſich ſelbſttätig füllt. Das Schiebetor wird mit Hilfe zweier endloſer Ketten, die an den Enden eines mit dem Ponton verbundenen Joches befeſtigt ſind, hin und her bewegt. Um die Sohle der Torkammer von Schlamm frei zu halten, werden die Umläufe des Docks durch die Torkammer geleitet, auch verurſacht beim Bewegen des Tores das aus der Pontonkammer verdrängte Waſſer, das nur unter dem Tor entweichen kann, eine kräftige Spülung. Um das Tor bequem ausflößen zu können, hat Kinipple demſelben einen trapezförmigen Grundriß gegeben (Fig. 4a) [10], [12]. Neuerdings baut man die Schiebetore nicht mehr als Kaſten, ſondern läßt die Querwände fort, um beim Bewegen der Tore geringere Waſſerwiderſtände zu erhalten. Die Tore werden dann nach Art der Ständertore meiſt mit einer doppelten Haut und mit Schwimmkaſten gebaut, um dieſelben zum Auffchwimmen bringen zu können. Zwecks Standſicherheit müſſen dieſe Tore ſehr breit gehalten werden und wird der Schwimmkaſten möglichſt hoch angeordnet, um beim Auffchwimmen den Schwerpunkt des Tores unter dem Schwerpunkt des Auftriebs zu haben. Sie erhalten zuweilen unterhalb eines waſſerdichten Bodens und innerhalb der Längswände Rollen, deren Radkränze ein wenig über erſtere hinwegragen. Durch Einführung von Preßluft unter den Boden können dann die Rollen und ihre Lager trockengelegt und nachgeſehen werden [12].

Da die Rollen durch Schmutzablagerungen ſich feſtſetzen können und äußeren Beſchädigungen ausgeſetzt ſind, verwendet man in Häfen ohne Sandablagerung auch einfache Gleitbahnen. Die ſogenannten Gleitpontons — Docks in Kiel und Portsmouth — erhalten glatte Eiſenſchienen, die direkt auf dem polierten Granitmauerwerk gleiten. Die meiſten Schiebetore ſind mit auf Doppelhebeln gelagerten Brücken verſehen, die beim Bewegen der Tore in die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kammern von selbst sich umlegen. Sie werden mittels Winden oder Flaschenzügen, die durch Dampf, Wasserdruck, Elektrizität oder Preßluft angetrieben werden, bewegt und beim Oeffnen des Dockeinganges in eine gemauerte Torkammer geführt, so daß die Durchfahrtsöffnung ganz frei wird. Diese Torkammern, welche die Anlage etwas verteuern, wählt man so breit, daß das Tor für Reparaturzwecke nach entsprechendem Abschluß der Kammer in derselben gleichsam gedockt werden kann. Ein Versetzen des Schiebetores zur Verlängerung des Docks ist nur vereinzelt ausgeführt (Dock zu Montevideo) [2], [10].

Zum Trockenlegen der Docks sind zurzeit nur noch Zentrifugalpumpen in Anwendung, da diese Pumpen allein imstande sind, durch Schlamm oder animalische Bestandteile durchsetztes Wasser zu fördern. Kolbenpumpen sind nur noch für die Hilfspumpen in Anwendung, die das ziemlich reine Sick- und Leckwasser beseitigen und fast ständig im Betrieb sind.

Die Aufstellung der Zentrifugalpumpen erfolgt in einer Höhe bis höchstens 4—5 m über dem Wasserspiegel des Sammelbrunnens, in den die Kanäle der einzelnen Docks münden, und zwar auf einer wasserdichten Decke, durch die das Saugerohr hindurch reicht. Bei Lagerung der Pumpen mit horizontaler Achse erfolgt der Antrieb von der Dampfmaschine meist durch Riemenbetrieb, welche Anordnung wegen des Rutschens der Riemen in feuchter Luft nicht vorteilhaft ist; seltener ist die Pumpe mit der Betriebsmaschine direkt gekuppelt und im Brunnen aufgestellt. Bei Lagerung der Pumpe mit vertikaler Welle kann die Betriebsmaschine auf dem Werftniveau stehen und die Pumpe durch eine vertikale Welle direkt angetrieben werden [1], [10]. Die Maschinen müssen mit veränderlicher Expansion eingerichtet sein, um eine möglichst gleiche Wasserförderung zu erhalten, da die Kraft zum Schöpfen mit dem Sinken des Wasserstandes im Dock wächst. Bei größeren Dockanlagen sowie bei elektrischem Antrieb stellt man daher allmählich mehr Pumpen an [1].

Die **Hellinge, Schleppen oder Slips** bestehen in einer geneigten Bahn, die bis zu einer entsprechenden Tiefe unter Wasser reicht und auf die das trockenzustellende Schiff mittels Schlitten aufgezogen wird. Je nachdem man die Schiffe in der Längsrichtung oder Querrichtung auf Land zieht, unterscheidet man Längs- und Querschleppen. Die einfachste und ursprünglichste Längsschleppe bildet jede Bauhelling, da das Aufschleppen eine dem Stapellauf entgegengesetzte Arbeit bildet. Der Bau einer Helling bildet daher auch die Grundlage für alle Schleppen. Die Neigung der Helling sowie der Längsschleppe wählt man zu 1 : 12 bis 1 : 14 bei Verwendung eines gleitenden Schlittens und zu 1 : 16—1 : 20 bei Benutzung eines rollenden Schlittens. Geringere Neigungen erfordern eine zu lange Vorhelling und verteuern daher die Anlage; größere Neigungen vermehren die Aufzugskraft und erschweren ein sicheres Aufbringen auf den Schlitten. Der Bau der Helling hängt in der Hauptsache von dem Gewicht des größten aufzuschleppenden Schiffes ab, und rechnet man nicht über 30—50 t für den laufenden Meter der Helling. Die Fundierung einer Helling erfolgt, falls nicht felsiger Boden vorhanden ist, entweder direkt auf Pfahlrosten oder durch Zwischenschaltung von Betonklötzen, damit die Pfähle im Grundwasser verbleiben. Die Vorhelling, d. h. der unter dem Wasserspiegel gelegene Teil einer Helling, erfordert meist eine sorgfältige Fundierung mittels Stein- und Betonschüttung [10]. Bei Schleppen werden die Schienen fest auf der Vorhelling verlegt, während bei den Bauhellingen die Gleitbahnen der Vorhelling für das Ablaufsgerüst bezw. den Schlitten so eingerichtet sind, daß sie kurz vor dem Ablauf bezw. dem Aufschleppen vorgerichtet und dann auf der Vorhelling mittels Ballast versenkt werden [1]. Beim Aufschleppen eines Schiffes bildet der Schlitten den wichtigsten Bestandteil; er muß so eingerichtet sein, daß die Arbeit des Aufschleppens möglichst einfach und leicht erfolgen kann und daß er das aufzuschleppende Schiff sicher trägt und stützt. Die Schlitten der Patentschleppen werden entweder als Ganzes aus Längs- und Querverbänden hergestellt, oder sie bestehen aus einzelnen Wagen, die je nach der Länge des aufzuschleppenden Schiffes miteinander verbunden werden können. Zum Stützen des Schiffes gegen seitliches Umfallen dienen sogenannte Kimmschlitten, die vor dem Aufschleppen der Schiffsform entsprechend hergerichtet werden und mittels Taljen meist vom Deck des Schiffes aus unter den Schiffsrumpf geholt werden.

Da die Vorhelling den kostspieligsten Teil einer Schleppanlage bildet, so hat man Schleppen in großen Längen angelegt, um mehrere Schiffe hintereinander aufschleppen zu können. Die Wallsend Slipway Company besitzt eine Schleppe von 1000 Fuß Länge [5]. Um den Wagen von dem zuerst aufgeschleppten Schiff freimachen zu können, sind die seitlichen Wagen von dem Mittelwagen loszukuppeln. Zu diesem Zweck werden die beide Wagen verbindenden Gitterträger, die zugleich die Kimmschlitten tragen, um vertikale Zapfen, die auf den seitlichen Wagen gelagert sind, längsschiffs gedreht, so daß sie mit letzteren vom Schiffsrumpf frei heruntergelassen werden können, und folgt der mittlere Wagen nach dem Aufkeilen des Schiffes auf Kimmstapel nach, um dann für ein weiteres Aufschleppen mit den Seitenwagen wieder vereinigt zu werden (Fig. 5). Der zum Aufholen eines Schiffes von dem Gewicht D auf einer Patentschleppe erforderliche Zug setzt sich zusammen aus der Kraft zur Ueberwindung des Gewichtes $= A =$, zur Ueberwindung der rollenden Reibung B und zur Ueberwindung der Reibung des Preßkolbens in seiner Dichtung C. Bei einer Neigung der Schleppe von 1 : 20 ist $A = {}^1/_{20}\,(D + S + K)$, $B = 0{,}2\,\frac{r}{R}\,(D + S)$, $C = 0{,}56 \cdot p\,u\,h$, worin S und K die Gewichte des Schlittens und der Aufzugkette, R und r den Radius der Schlittenrollen und den ihrer Achsen, p den Druck im Preßzylinder, u den Umfang des Kolbens und h die Höhe der Lederdichtung angeben [5].

Die Zugkraft zum Aufschleppen liefert entweder unter Verwendung einer gewöhnlichen Kette eine Dampfwinde oder bei größeren Schleppen unter Benutzung von Stangenketten ein hydraulischer Zylinder. Man verwendet meist mehrere Zylinder, die entsprechend der Aufschleppkraft einzeln oder zusammen in Betrieb genommen werden. Dieselben haben 2,5—3,5 m Hub und die Kettenstangen eine entsprechende Länge. Nach jedem Hub wird ein Stangenpaar aus-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

geſchaltet, wobei der Schlitten durch Pallen gehalten wird. Die Pallſchienen ſind meiſt mit den Schienen für die Laufräder des mittleren Wagens aus einem Stück gegoſſen. Bei einigen Schleppen macht die Stangenkette mit den Pumpenkolben eine Vor- und Rückbewegung und

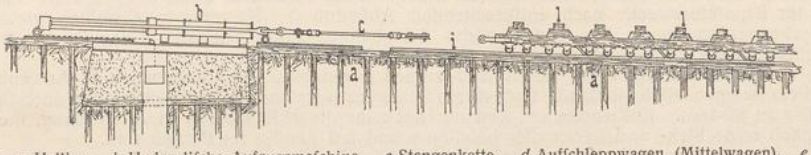


Fig. 5. *a* Helling. *b* Hydrauliſche Aufzugsmaſchine. *c* Stangenkette. *d* Auffchleppwagen (Mittelwagen). *e* Auffchleppwagen (Seitenwagen). *f* Verbindungsträger. *g* Verbindungsſtangen. *h* Bock zum Bedienen des Kimmſchlittens. *i* Schiene mit Pallſchiene. *k* Schiene ohne Pallſchiene. *l* Stapelung.

wird dann entſprechend mit dem Schlitten ein- und ausgeſchaltet [5], [10]. Die Querſchleppen bieten den Vorteil, daß die Schleppe bedeutend kürzer ſein kann und Schiffe von großem Tiefgang bezw. großer Länge bequemer und ſicherer aufgezogen werden können ohne Beengung des Fahrwaſſers und Benachteiligung durch Strömung. Die Neigung beträgt 1 : 4—1 : 6. Die Konſtruktion des Schlittens mit den Kimmſchlitten und im beſonderen die gleichmäßige

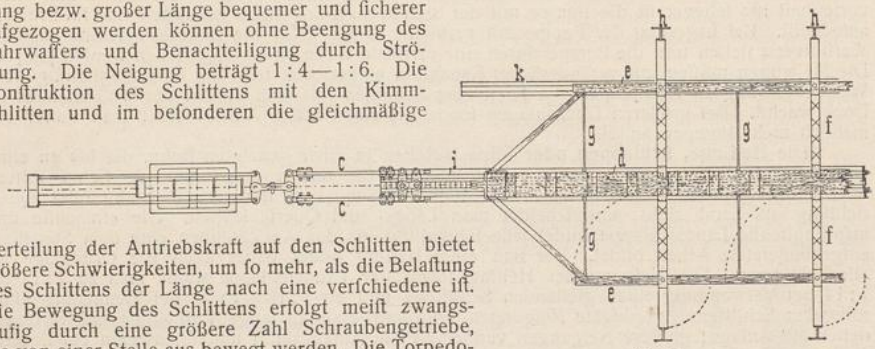


Fig. 5a.

Verteilung der Antriebskraft auf den Schlitten bietet größere Schwierigkeiten, um ſo mehr, als die Belaſtung des Schlittens der Länge nach eine verſchiedene iſt. Die Bewegung des Schlittens erfolgt meiſt zwangsläufig durch eine größere Zahl Schraubengetriebe, die von einer Stelle aus bewegt werden. Die Torpedobootsſchleppe der Kaiſerlichen Werft Kiel beſteht aus fünf Wagen, die durch je eine Gallſche Kette von einer gemeinſamen Welle mittels Dampfmaſchine aufgeholt werden. Die Wagen laufen auf zwei Schienenpaaren, von denen die beiden äußeren auf eiſernen Stühlen höher gelagert ſind, derart, daß ihre Plattformen horizontal bleiben. Beim Uebergang von der geneigten Ebene zur Horizontalebene kommen zwei weitere hintere Räder zum Tragen [7].

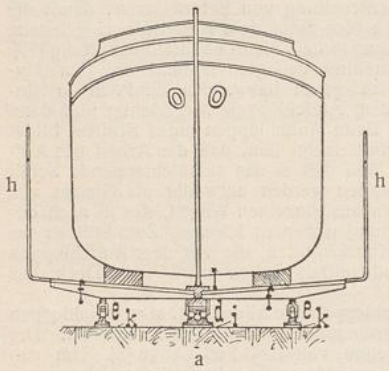


Fig. 5b.

Die mechaniſchen Hebedocks heben die zu dockenden Schiffe mit Hilfe hydrauliſcher Zylinder oder Hebeſchrauben vertikal um die Höhe des Tiefgangs des Schiffes. Sie haben ſich in ihrer Anlage nicht bewährt und bieten daher nur hiſtoriſches Intereſſe. Das hydrauliſche Dock im Viktoriadock zu London aus dem Jahre 1862, von Edwin Clark konſtruiert, iſt zwar noch im Betrieb, doch hat ſich dasſelbe wegen der häufig auftretenden Reparaturen nicht rentiert. Selbſt die ſpätere Erbauung eiſerner Pontons, auf denen die Schiffe im Heberahmen der hydrauliſchen Docks gehoben wurden und die dann mit dem trockengeſtellten Schiff ausgefahren werden können, ſo daß das Hebewerk für weitere Schiffe verwendbar wird, hat die Rentabilität nicht geſichert [3], [7]. Die Schraubenhebedocks ſind vereinzelt in Amerika zur Ausführung gekommen und zurzeit veraltet.

Schwimmdocks. Da die vorſtehend erwähnten Anlagen zum Docken von Schiffen mehr oder weniger ſchwierige oder koſtſpielige Fundierungsarbeiten erfordern, ſo hat man in Häfen mit ſchlammigem Untergrund Schwimmdocks vorgezogen. Dieſelben bedürfen keiner Fundierung; ſie werden neuerdings aus Stahl hergeſtellt und bieten den Vorteil, daß die Arbeit zum Trockenſtellen des Schiffes eine verhältnismäßig geringe iſt; auch können die Schwimmdocks durch Teilung für verſchiedene Schiffsgrößen eingerichtet und nötigenfalls ohne Schwierigkeit an andre Plätze geſchleppt werden. Dagegen bieten die größeren Unterhaltungskoſten, die Verankerung des Schwimmdocks und eine große Waſſertiefe an der Verſenkſtelle beſondere Nachteile. Die Schwimmdocks beſtehen entweder aus einem Bodenponton und zwei feſten Seitenpontons, die dazu dienen, die Stabilität des Docks mit Schiff im verſenkten Zuſtande aufrechtzuerhalten, oder aus einem Bodenponton mit nur einem feſten Seitenponton; alsdann muß jedoch das Dock zur Sicherung der Stabilität am Ufer durch Lenkſtangen oder durch einen am ſeitlichen Ponton befindlichen Schwimmer geführt werden. Das Schwimmdock arbeitet nach folgendem Prinzip: Durch Einlaſſen von Waſſer in die Zellen des Bodenpontons und in die unteren Zellen des Seitenpontons wird das Dock ſo weit geſenkt, daß die Kielſtapelung etwa 0,3 m unter den tiefſten

Punkt des Kieles des zu dockenden Schiffes zu liegen kommt, wobei die Seitenpontons noch über Waſſer verbleiben müſſen. Iſt das Schiff im Dock mittels Kimmſchlitten und Seitenſtützen feſtgemacht, ſo wird das Waſſer aus den Zellen mittels Zentrifugalpumpen gelenzt, bis das Schiff ſich ſo weit hebt, daß der obere Dockboden freiliegt. Das Feſtſetzen des Schiffes geſchieht in gleicher Weiſe wie im Trockendock durch ſeitliche Stützen gegen Stufen der Seiten-

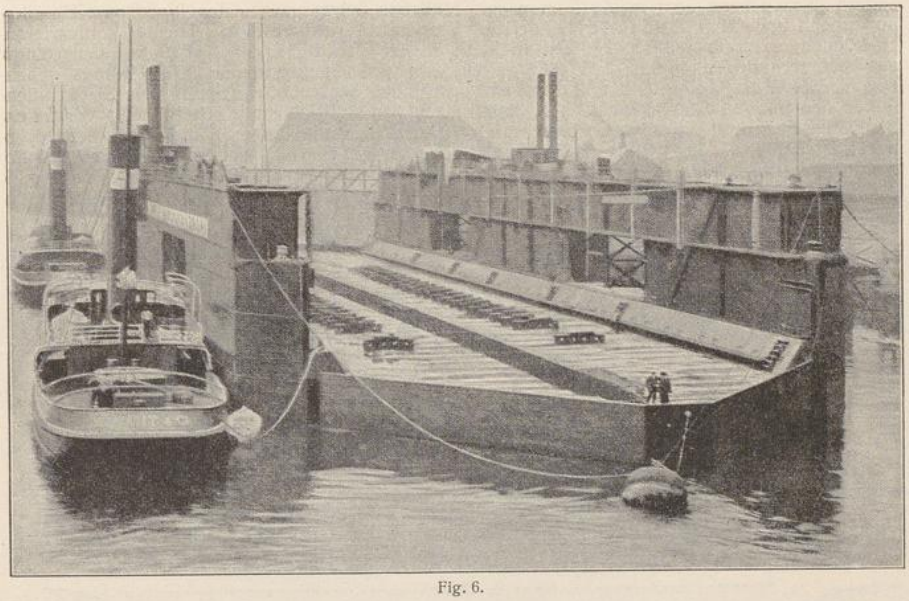


Fig. 6.

pontons, bei den einſeitigen Schwimmdocks mittels Stützen und Taljen gegen das Seitenponton; zugleich verwendet man eine größere Zahl von Kimmſchlitten wie bei den Schleppen, die von den Decks der Seitenpontons aus bedient werden. Die Größe eines Schwimmdocks muß ſo bemeſſen ſein, daß es bei freigelegter Kielſtapelung das Gewicht des zu dockenden Schiffes ſicher tragen kann, und müſſen die Seitenpontons ſo hoch geführt ſein, daß das Dock auf den

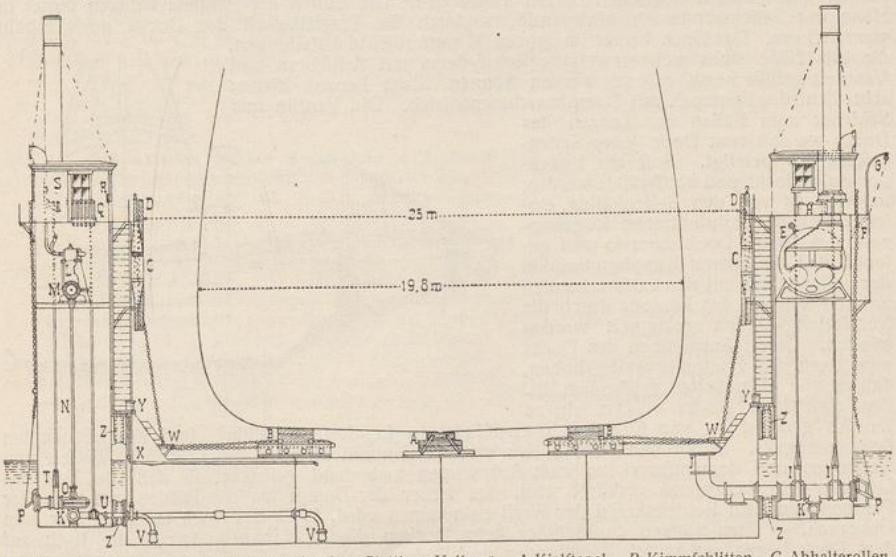


Fig. 6a. Querſchnitt des Schwimmdocks des „Stettiner Vulkan". *A* Kielſtapel. *B* Kimmſchlitten. *C* Abhalterollen. *D* Reibhölzer. *E* Einer der Keſſel. *F* Kohlenbunker. *G* Kohlendavit. *H* Deckslicht für den Heizraum. *I* Flutſchieber. *J* Flutrohr für die Pontondecke. *K* Hauptlenzrohr. *L* Eine der Maſchinen. *M* Getriebe. *N* Vertikale Pumpenwelle. *O* Pumpe. *P* Kingſtonklappe. *Q* Ventilhebel. *R* Hebel für Abſperrſchieber. *S* Kurbel zum Bewegen der Kingſtonklappe. *T* Ausgußſchieber. *U* Zweiglenzrohr. *V* Saugeſtutzen. *W* Ketten für Kimmſchlitten. *X* Luftrohre. *Y* Poller. *Z* Verbindungsplatten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

erforderlichen Tiefgang des Schiffes, von den Stapelklötzen an gerechnet, verfenkt werden kann. Auch muß das Dock in allen Lagen und Belaftungen genügende Stabilität befitzen [14]. Die zweifeitigen Schwimmdocks bieten den Nachteil, daß die Konfervierung des Außenbodens nur durch Trockenftellen auf Land oder in einem befonderen Trockendock erfolgen kann. Diefen Uebelftand hat man dadurch zu heben gewußt, daß man das Dock der Länge nach in einzelne Sektionen trennte (Sektionsdock), deren Länge fo bemeffen ift, daß man eine Sektion in der andern docken kann oder in ein Ponton mit feitlichen Schwimmern, das fogenannte Doublepowerdock von Clark & Standfield [10]. Um die zweifeitigen Docks leichter konfervieren zu können und zum Selbftdocken einzurichten, haben Clark & Standfield diefelben neuerdings aus mehreren Bodenpontons und zwei Seitenkaften zufammengekuppelt. Die Pontons geben den Hauptteil des Auftriebs her und tragen vornehmlich das gehobene Schiff. Die Seitenkaften ftellen den nötigen Längsverband her, unterftützen den Auftrieb und ficherm beim Verfenken die nötige Stabilität; fie enthalten ferner die mafchinellen Einrichtungen zum Betrieb des Docks und zum Feftfetzen des Schiffes [13]. Das von Swan & Hunter, Wallsend on Tyne, für die Stettiner Mafchinenbau-Akt.-Gef. „Vulkan“ nach diefem Grundfatz erbaute Schwimmdock (Fig. 6 und 6a) befitzt eine Hebekraft von 12000 t und befteht aus drei Pontons. Die Seitenwände

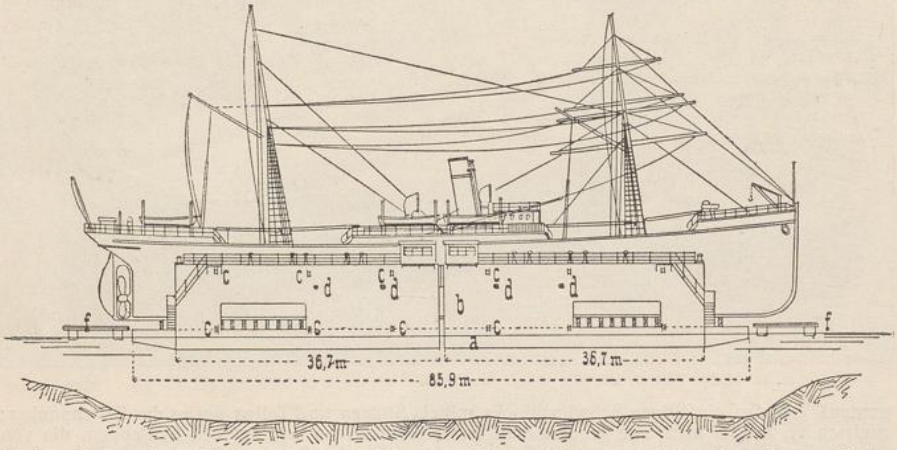


Fig. 7. *a* Bodenponton. *b* Seitenponton. *c* Lenkftangen. *d* Horizontalftützen. *e* (Fig. 7a) Kimmftützen. *f* Prahm.

derfelben find dammartig erhöht und werden mit den Seitenkaften durch doppelte Verbindungsplatten mit fchwach konifchen Bolzen verbunden. Die Enden der Pontons befitzen ferner in Höhe der Seitenwände Abfchlußwände, wodurch die Tragfähigkeit des Docks noch erhöht werden kann. Das Dock befitzt im ganzen 38 waffердichte Abteilungen, die mit Hilfe eines weitverzweigten Rohrfyftems mit Schiebern und Ventilen gefüllt bezw. gelenzt werden können. Zum Lenzen dienen acht Zentrifugalpumpen mit Dampfmafchinenantrieb. Die Ventile und Schieber zum Füllen und Lenzen des Docks werden vom Deck jedes Seitenkaftens aus betätigt. Soll ein Bodenponton gedockt und konferviert werden, fo wird es von den Seitenkaften einfchließlich der Rohrleitungen losgekuppelt, das übrige Dock dann fo weit gefenkt, daß die oberen Kupplungswinkel der Seitenkaften mit den entfprechenden unteren Winkeln des Pontons durch die Verbindungsplatten gekuppelt werden können. Durch Auspumpen des Docks wird dann das Ponton fo weit gehoben, daß es von allen Seiten zugänglich ift. Die einfeitigen Docks — Off shore Docks genannt —, von Clark & Standfield in London ausgeführt, find die bequemften Schwimmdocks. Durch den Fortfall des einen Seitenpontons wird das Quantum Waffer zum Verfenken und dementfprechend zum Auspumpen bedeutend geringer, fo daß die Zeit des Dockens fehr bedeutend verkürzt wird. Da ferner der Dampf für die Betriebsmafchine der Pumpen von dem Betriebskeffel der Werft entnommen wird, fo ift das Dock jederzeit klar zum Gebrauch. — Zum Stützen des Schiffes beim Docken dienen Kimmftützen, die flach auf dem Dock liegen und mittels Zahnftangen und Rädergetriebe vom Deck des Seitenpontons aus unter die Kimme des Schiffes gehoben werden können. Zum Einrichten des Schiffes auf den Kielftapeln dienen telefkopartig verfchiebbare Horizontalftützen, die von der Seitenwand des Docks gegen die Schiffsfeite hinausgefchraubt werden können. In dem Seitenponton des Docks find meift große Oeffnungen vorhanden, von denen aus Brücken nach dem Ufer führen zur

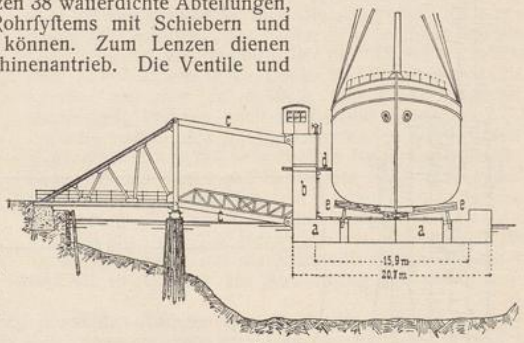


Fig. 7a.

Verbindung zwiſchen Dock und Werft. Die Fig. 7 und 7a ſtellen das Dock zu Flensburg dar [1], [2], [3], [10]. Zur beſſeren Ausnutzung des Schwimmdocks hat man dasſelbe mehrfach mit andern Einrichtungen zum Trockenſtellen der Schiffe in Verbindung gebracht, auf die das mit dem Schwimmdock gehobene Schiff überführt wird. Das Torpedobootsdock in Kiel und Wilhelmshaven beſteht aus einem Heberahmen aus eiſernen Gitterträgern mit vier Schwimmkaſten an den Ecken, auf denen das Ponton ſich aufſetzt. Durch Lenzpumpen der Schwimmkaſten und des Pontons, das durch einen Spiralſchlauch mit der Zentrifugalpumpe in dem einen Schwimmkaſten verbunden wird, wird das Torpedoboot auf dem Ponton gehoben und kann dann nach dem Senken des Heberahmens mit dem Ponton herausſchwimmen, um mit Hilfe des Heberahmens und eines zweiten Pontons ein andres Boot docken zu können, ähnlich dem hydrauliſchen Dock von Clark. Das Abſetzdock (depositing dock) von Clark & Standfield verbindet das Schwimmdock mit einer Trockengräting. Es beſteht aus einem einſeitigen Schwimmdock, deſſen Stabilität durch einen mit dem Seitenponton verbundenen Schwimmer geſichert wird. Das Bodenponton erhält querſchiffs Einſchnitte in beſtimmten Abſtänden, die mit einem Roſtwerk von Pfählen, einer Art Trockengräting, übereinſtimmen. Iſt das Schiff im Dock gehoben, ſo wird letzteres ſo in die Trockengräting hineingeſchoben, daß die Pfahlroſte in die Einſchnitte des Bodenpontons paſſen. Das Schiff wird dann durch Senken des Docks auf die Trockengräting abgeſetzt. Auf dieſe Weiſe können mit demſelben Dock bei entſprechender Zahl von Trockengrätings mehrere Schiffe nacheinander trocken geſtellt oder in umgekehrter Weiſe wieder zu Waſſer gebracht werden [6], [3], [7]. Die Horizontalſchleppen in Danzig, Pola und Carthagena bringen das Schwimmdock mit einer Schleppe auf dem Lande in Verbindung. Die Schiffe werden mittels eines Schwimmdocks gehoben und dann aus dem Dock auf Land horizontal aufgeſchleppt. Das Schwimmdock wird während des Aufſchleppens auf eine feſte Dockſohle verſenkt, da ſonſt ein Trimmen desſelben bei Verſchiebung des Schiffsgewichtes eintritt. Es muß daher für das Schwimmdock ein beſonderes Trockendock, wenn auch nur von geringer Tiefe, hergeſtellt werden. Auch müſſen im Schwimmdock beſondere Längsverbände vorgeſehen werden, um die beim Schleppen auftretenden Schubkräfte von der Nietung des Dockrumpfes zu entlaſten. Dieſe Anlagen erfordern daher erhebliche Anlagekoſten und ſind bisher nur für Kriegsſchiffswerften erbaut [1], [7], [10]. — Die Trockendocks ſowie die einſeitigen Schwimmdocks nach Clark & Standfield müſſen zurzeit als die praktiſchſten Vorrichtungen zum Trockenſtellen von Schiffen hingeſtellt werden ſowohl in bezug auf die Rentabilität der Dockanlage als auch mit Bezug auf die Schonung des Schiffsrumpfes beim Docken. Das einſeitige Schwimmdock ſteht außerdem mit Bezug auf die zum Docken erforderliche Zeit allen Einrichtungen voran, da Dockungen mit denſelben in 15 Minuten bewerkſtelligt ſind, während Trockendocks zum Schließen des Tores und Lenzen 2—4 Stunden erfordern.

Literatur: [1] Laroche, Ports maritimes, Paris 1893. — [2] Franzius, L. und G., und Rudloff, Seekanäle, Strommündungen, Seehäfen, Leipzig 1894. — [3] Hauſer, Cours de construction navale, Paris 1886. — [4] Mitteilungen aus dem Gebiete des Seeweſens 1882, S. 1. — [5] Ebend. 1882, S. 55. — [6] Engineering 1881. — [7] Dick und Kretſchmer, Handb. d. Seemannſchaft, Berlin 1902. — [8] Heider, Der Bau der vereinigten Schlepp- und Trockendocks in Trieſt und Pola. — [9] Landsberg, Die eiſernen Stemmtore der Schiffsſchleuſen, Leipzig 1894. — [10] Colſon, C., Notes on docks and dock construction, London 1894. — [11] Vernon-Harcourt, L. F., Harbours and docks, Oxford 1886. — [12] Brennecke, L., Handb. der Ingenieurwiſſenſch., 3. Teil: Der Waſſerbau, Leipzig 1904, Bd. 8. — [13] Engineering, The new Bermuda Floating Dock, 1902, I, S. 212. — [14] Wiking, Der Bau von Schwimmdocks, Jahrbuch der Schiffbautechn. Geſellſch., Berlin 1905. *T. Schwarz.*

Docke, auch Tocke oder Baluſter genannt, ſ. Baluſter.

Docken, die Stützen für die Spindellager eines Drehſtuhls (ſ. d.) oder einer Drehbank.

Bei letzterer werden die Docken als Hinterdocken und Vorderdocken, erſtere am weiteſten links, unterſchieden. Auch der Reitſtock führt den Namen Spitzdocke oder fahrende Docke. Die Bezeichnungen werden heute nur ſelten gebraucht. *Dalchow.*

Dockenhöhe, ſ. v. w. Spitzenhöhe, ſ. Drehbank.

Dockponton, ſ. Dock.

Dodekaeder, ein von zwölf ebenen Flächen begrenzter Körper.

Geometriſch intereſſant iſt das reguläre Pentagondodekaeder; es iſt von zwölf regelmäßigen Fünfecken begrenzt, von denen an jeder Ecke drei aneinander ſtoßen, beſitzt 20 Ecken, 32 Kanten und 12 Flächen. Seine Ecken liegen ſämtlich auf einer Kugelfläche, desgleichen berühren ſeine ſämtlichen Flächen und Kanten je eine Kugelfläche. Außer dem Pentagondodekaeder iſt geometriſch von Bedeutung das Rhombendodekaeder, das von zwölf Rhomben begrenzt iſt. Sowohl das Pentagon- wie das Rhombendodekaeder tritt als Kriſtallform auf; ſ. a. Polyeder. *Vonderlinn.*

Döbeleiſen, ſ. v. w. Dippeleiſen (ſ. d.).

Dörre, ſ. Darre.

Dörrpfiefel, ſ. Salz.

Döskin (Winterbuckskin), ein mit Satinbindung aus Streichwolle gewebtes, tuchartiges Gewebe; ſ. Tuchfabrikation.

Dötſch-Prozeß, ſ. Kupfer.

Doffer, ſ. Wergſpinnerei.

Dogger, ſ. Juraformation.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dohlen, f. v. w. Durchläffe (f. d.), an manchen Orten auch eine für die ſtädtiſchen Entwäſſerungskanäle gebräuchliche Bezeichnung; f. Kanaliſation der Städte und Ortſchaften.

Dokumentenpapier, f. Papierſorten.

Dolerit, f. Baſalte.

Dolinen, f. Karren.

Dollar, ſeit 1792 in den Vereinigten Staaten von Nordamerika geſetzlich eingeführte, in 100 Cents geteilte Münzeinheit. Abkürzung (Zeichen) für dieſelbe: $

Der Golddollar iſt nach dem Geſetz von 1837 = 23,22 engl. Troygrains oder 1,505 g Feingold = 4,198 ℳ. Geprägt werden in Gold 0,900 fein: Double-Eagles = 20 $, Eagle = 10 $, Half-Eagles = 5 $ und 3-, $2\frac{1}{2}$- und 1-Dollar-Stücke, für Kalifornien auch 50- und 100-Dollar-Stücke. Der Silberdollar iſt nach dem Geſetz von 1878 = 371,25 Troygrains oder 24,0566 g Feinſilber und 0,900 fein; er bildet das Silberkurant. Als Scheidemünzen werden 50-, 25- und 10-Cent-Stücke geprägt. Dies iſt der ſogenannte Standard-Silber-Dollar. Von 1873—78 prägte man als Handelsmünze den, zunächſt allgemein, ſeit 1876 nur für den Handel mit dem Auslande zugelaſſenen Trade-Dollar zu 24,494 g Feinſilber. Seit 1887 wird dieſer Trade-Dollar eingezogen. Die Papierdollars (Schatzſcheine) wurden 1861 mit Zwangskurs aufgegeben und werden wegen ihrer dunkelgrünen Farbe auch „Greenbacks“ genannt. Neben dem Dollar der Vereinigten Staaten iſt noch weit verbreitet der mexikaniſche Dollar (Piaſter, Peſo) = 100 Centavos, er enthält 24,433 g Feinſilber und wird $902\frac{7}{9}$ fein geprägt. Dieſer Dollar iſt, außer in Mexiko, noch in Oſtaſien, Afrika und einzelnen Ländern Amerikas gebräuchlich. Der ſpaniſche Dollar kurſiert hauptſächlich in Kuba. Auf den Philippinen iſt der Golddollar (Peſo), 1,6915 g ſchwer und 0,875 fein die Geldeinheit. *Plato.*

Dollbord oder Schandeckel, die den oberen Abſchluß eines Bootes bildende Planke, die zugleich für die Lagerung der Dollen dient. S. Bootsbau.

Dollen, metallene Dübel, f. Dübelverbindung.

Dollieren, der Fleiſchſeite der Weißgarleder und Sämiſchleder ein ſchönes, gleichmäßiges Ausſehen mit dem Dolliermeſſer oder mit der Dolliermaſchine erteilen.

Die letztere beſteht im weſentlichen aus einer um eine horizontale Achſe drehbaren Trommel, die mit einer ſchmirgelhaltigen Maſſe belegt iſt und in ſchnelle Bewegung verſetzt werden kann. Durch Anlegen des Felles an die in Bewegung geſetzte Trommel wird das Fell auf der Fleiſchſeite abgeſchliffen und dadurch egaliſiert. *Päßler.*

Berichtigungen.

Band I: S. 44, Zeile 20 von oben: *E. Schmitt* gehört unter den vorhergehenden Artikel.

S. 46. In der Formel, Zeile 17 von unten, an Stelle von $\ldots\left(\frac{\partial U^2}{\partial y}+\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2\right.$, ſoll es heißen: $\ldots\left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2$.

Band II: S. 270, Zeile 15 von oben:

ſtatt $V_0=\frac{V_0}{3{,}6}$ ſoll es heißen: $v_0=\frac{V_0}{3{,}6}$.

S. 270, Zeile 21 von oben:

ſtatt $W=2{,}5+0{,}00945\,F:Q\,V^2$ ſoll es heißen: $W=2{,}5+0{,}00945\,F\,V^2:Q$.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN